

**SBORNÍK GEOLOGICKÝCH VĚD
JOURNAL OF GEOLOGICAL SCIENCES**

GEOLOGIE • GEOLOGY

48



ČESKÝ GEOLOGICKÝ ÚSTAV
PRAHA 1998

Vědecký redaktor
Doc. RNDr. Zdeněk Kukul, DrSc.

© Český geologický ústav, 1998

ISBN 80-7075-256-4 ISSN 0581-9172

OBSAH – CONTENTS

KUNDRÁT, M. - LEPKA, F.

Vzácné zeminy v aleuropelitech Barrandienu 5

Rare earth elements in aleuropelite of the Barrandian area 16

ELZNIC, A. - ČADKOVÁ, Z. - DUŠEK, P.

Paleogeografie terciárních sedimentů severočeské pánve 19

Palaeogeography of the Tertiary sediments of the North Bohemian Basin 44

Sborník geologických věd	Geologie 48	Str. 5–17	4 obr.	11 tab.	4 příl.	ČGÚ Praha 1998	ISBN 80-7075-256-4 ISSN 0581-9172
-----------------------------	----------------	--------------	-----------	------------	------------	-------------------	--------------------------------------

Vzácné zeminy v aleuropelitech Barrandienu

Rare earth elements in aleuropelites of the Barrandian area

MAREK KUNDRÁT¹ · FRANTIŠEK LEPKA²

Předloženo 31. srpna 1993

1 : 50 000: 12–14, 23, 24, 31–34, 41–43, 13–13, 22–11, 12, 21

Key words: Bohemian Massif, Barrandian area, Aleuropelites, Rare earths, Stratigraphy

KUNDRÁT, M. - LEPKA, F. (1998): Vzácné zeminy v aleuropelitech Barrandienu. – Sbor. geol. Věd, Geol., 48, 5–17. Praha.

Výtah: Vzácné zeminy jsou v barrandienských břidlicích vázány na asociaci převážně autigenních fosforečnanů, zastoupenou kromě apatitu čtyřmi skupinami minerálů a minerálních hmot: 1. REE-fosforečnany typu monazitu-(Ce) nebo rabdofánu-(Ce), 2. analogickou dvojicí xenotimu-(Y), resp. churchitu-(Y), 3. fosforečnany crandallitové skupiny řady florencit-goyazit, 4. blíže neidentifikovanými minerálními hmotami, které se chemismem blíží fosfátům až fosfosilikátům REE.

Kvantitativně odlišné zastoupení jednotlivých druhů fosforečnanů s výrazně rozdílnými koncentracemi REE v sedimentech podmiňují rozdíly v průměrných obsazích REE v různých stratigrafických útvarech Barrandienu. Rozložení REE se přitom nápadně shoduje s distribucí Th. Anomálně zvýšené koncentrace zejména lehkých REE jsou charakteristické pro aleuropelity ordovického stáří. V Barrandienu ověřené poznatky mají zřejmě obecnější platnost i pro obdobné sedimenty a metasedimenty Českého masivu. Stratigrafické zařazení železnobrodských pokrývačských fylitů je příkladem jejich využití při stratifikaci dosud nerozlišených, slabě metamorfovaných paleozoických komplexů.

¹U lomu 610, 261 01 Příbram II

²Uranová 2011, 470 05 Česká Lípa

Metodika studia

Jedním z cílů geochemického studia aleuropelitů Barrandienu, uskutečněného v rámci mezinárodního projektu IGCP 254 „Kovonosné černé břidlice“, bylo získat objektivní údaje o průměrných obsazích REE v břidlicích jednotlivých geologických útvarů. Výsledné průměrné obsahy REE v barrandienských břidlicích, uvedené v tab. 1, byly odvozeny z analytických podkladů následujících autorů: svrchní proterozoikum – MRÁZEK (1984), LEPKA (1991) střední kambrium – ČADKOVÁ (1983), LEPKA (1991) ordovik – ČADKOVÁ (1983), LEPKA (1990) silur – ČADKOVÁ (1983), LEPKA - POŠTA (1990) devon – ČADKOVÁ (1983), PODRACKÝ et al. (1986), LEPKA (1991).

„Zprůměrování“ dílčích středních hodnot bylo usnadněno tím, že v citovaných podkladech použili autoři v podstatě stejnou metodiku studia od terénního vzorkování přes analytické zpracování vzorků až po statistické vyhodnocení výsledků.

Soubor svrchního proterozoika je převážně reprezentován metaprachovci (MRÁZEK 1984) a příbuznými sedimenty (LEPKA 1991). Vzorky byly odebírány z výchozů v území mezi Prahou, Jílovým, okolím Dobříše a Příbrami. Menší počet vzorků je lokalizován mezi Rakovníkem a Plzní.

Břidlice středního kambria (jinecké souvrství) byly vzorkovány ve dvou izolovaných pánvích příbramsko-jinecké a skryjsko-týřovické. Převážně se jedná o klasické lokality, kde je mořský původ a stratigrafická příslušnost břidlic doložena paleontologicky (převaha paradoxidových břidlic).

Ordovické břidlice byly vzorkovány v širokém stratigrafickém rozpětí od arenigu až po ashgill. Nejstarší vrstvy tremadockého stáří byly studovány pouze na klasické lokalitě v Kunraticích u Prahy (třenicke souvrství). Největší množství vzorků bylo odebráno ze souvrství dobrotivského až bohdaleckého.

V souboru silurských břidlic jsou nejvíce zastoupeny černé břidlice lithlavského a želkovického souvrství. V menší míře byly vzorkovány jílovité břidlice ze souvrství motolského, kopaninského a přídolského. V těchto souvrstvích již začínají převládat jílovitovápnnité až vápnnité břidlice, které jsme z hodnocení vylučovali. K obdobnému oddělení jílovitých od vápnnitých břidlic došlo i v devonu, kde hodnocené vzorky v podstatě reprezentují pouze břidlice dalejské, kačácké a roblínské. Z petrografického hlediska představují vzorkované aleuropelity řadu jílovec-prachovec s větší či menší vrstevnatou odlučností, které jsou v Barrandienu běžně označovány jako břidlice. Tento zjednodušený název budeme používat v dalším textu.

Ve všech případech byla jako základní analytická metoda při stanovení REE použita neutronová aktivační analýza. Analytické zpracování vzorků bylo provedeno v laboratořích VVÚ, Stráž pod Ralskem a Geindustria, Černošice. Správnost stanovení REE v laboratořích VVÚ ve Stráži pod Ralskem byla v posledním období kontrolována pomocí mezinárodního horninového standardu, připraveného v USA ze svrchnědevonských černých břidlic, které svým mineralogickým složením a obecným chemismem jsou blízké barrandienským vzorkům. Obsahují pouze větší množství organické hmoty. Vyhodnocením čtyř kvartů standardu, analyzovaných v laboratořích VVÚ, Stráž p. Ralskem

metodou neutronové aktivační analýzy, bylo zjištěno, že průměrná chyba stanovení REE je 8,9 % (Gd a Ho nejsou do této průměrné chyby zahrnuty). Nejlepší výsledky stanovení byly zjištěny u Tb, Lu, Sm a Yb (pod 5 %). Nevyhovující výsledky byly potvrzeny u Ho (39,4 %) a Gd (64,2 %). U těchto prvků byla provedena příslušná korekce výsledků. Analytické chyby při stanovení zbývajících prvků (La, Ce, Nd, Eu) se v průměru pohybují kolem 14 %.

Přesto, že jednotliví autoři vzorkovali různé lokality, případně prováděli odběry z různých míst stejných lokalit, dílčí výsledky jsou si blízké a vzájemně srovnatelné.

Obsahy REE ve všech studovaných souborech podléhají pravidelnému typu rozdělení hodnot, vyhovujícímu normálnímu nebo lognormálnímu typu rozdělení. To umožnilo mj. stanovit i míru rozptylu obsahů kolem středních hodnot. Analytické podklady, použité v dílčích zprávách, nejsou bohužel úplné. Neutronovou aktivační analýzou totiž nebyly stanoveny, převážně z technických důvodů, všechny prvky vzácných zemin, což značně komplikuje geochemickou interpretaci analytických podkladů. Proto byly chybějící prvky REE doplněny pomocí známých poměrů vhodných REE z evropských a severoamerických břidlic. V evropských paleozoických břidlicích je například poměr $Er/Yb = 1,08$ a v severoamerických 1,10. Pro výpočet Er v barrandienských břidlicích byl v tomto případě použit poměr 1,09. Pro soubor břidlic svrchního proterozoika pak platí vztah Er (ppm) – $1,09 \times 2,3$ (ppm). Obdobným způsobem bylo postupováno i v dalších případech. Takto odvozené průměry jsou podle našeho názoru přijatelné a lze je použít pro komplexní geochemickou interpretaci. V tab. 1 jsou takto odvozené průměry označeny hvězdičkou.

Charakteristika průměrných obsahů REE

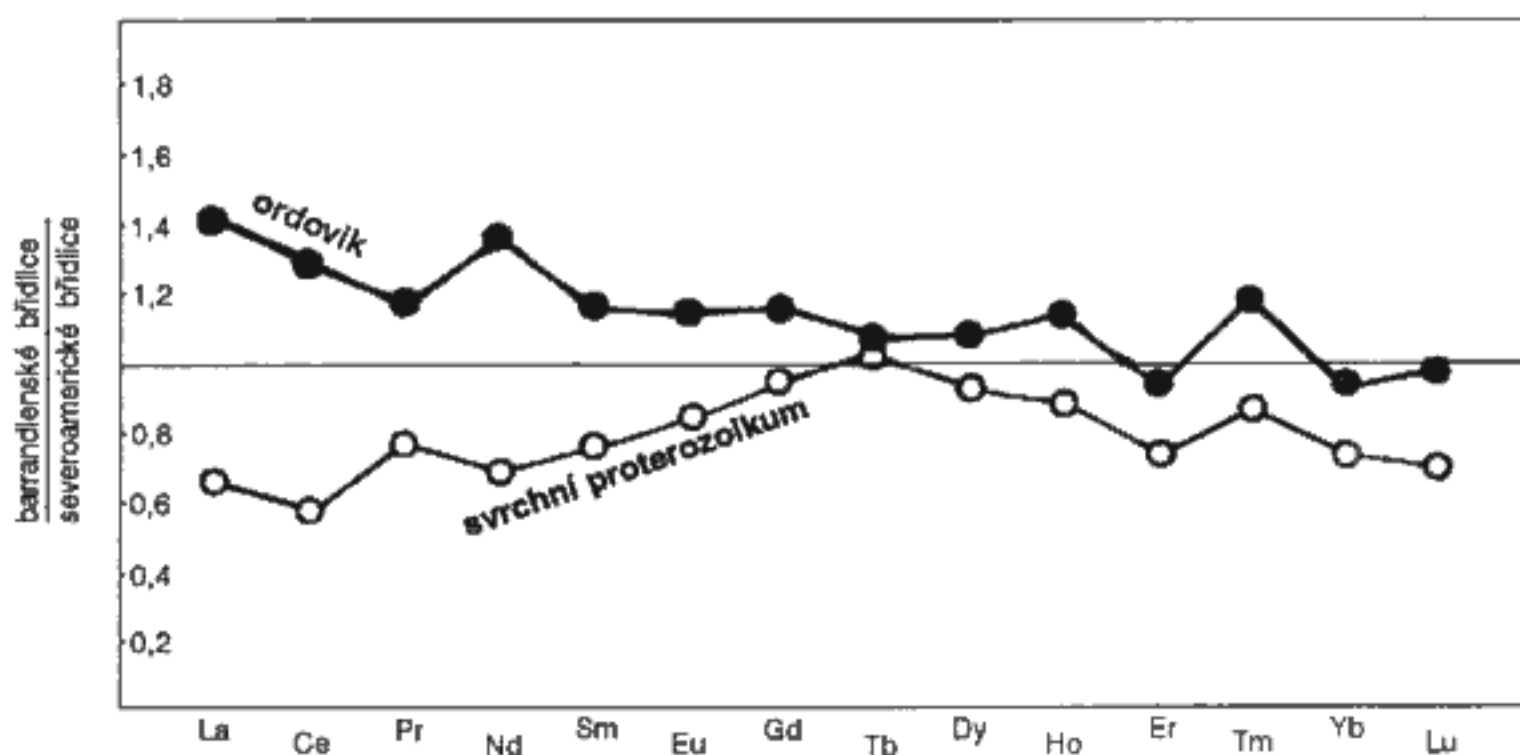
Průměrné obsahy REE v barrandienských břidlicích jsou v jednotlivých geologických útvech odlišné, a to nejen svými absolutními hodnotami (tab. 1), ale i některými trendy (obr. 1). Ve svrchním proterozoiku, středním kambriu a siluru jsou zjištěné průměry u většiny REE nižší v porovnání s evropskými a severoamerickými břidlicemi. Velmi nízké obsahy jsou charakteristické zejména pro břidlice svrchního proterozoika, naopak relativně vysoké pro břidlice

ordoviku, které v Barrandienu reprezentují nástup nového sedimentačního cyklu. Vyšší obsahy REE v ordoviku se vzhledem k ostatním břidlicím svrchního proterozoika a spodního paleozoika projevují zvláště výrazně u lehkých prvků vzácných zemin (La až Sm), zatímco u těžkých REE nejsou zjištěné rozdíly tak průkazné. Na obr. 1 je například znázorněn nejmarkantnější rozdíl v normalizovaných obsahích REE mezi svrchním proterozoikem a ordovikem včetně sestupné tendence normalizovaných obsahů od La k Tb v ordovických břidlicích. U svrchněproterozoických břidlic je tento trend opačný.

Lehké prvky REE mají v barrandienských břidlicích obdobný charakter distribuce jako thorium. Vyplývá to nejen z pozitivních korelačních vztahů mezi Th a lehkými prvky REE, ale také ze shodného rozložení těchto prvků mezi jednotlivými geologickými útvary. Průměrné obsahy Th v břidlicích kadomského orogenního cyklu, tj. ve svrchním proterozoiku a kambriu, jsou podobně jako u REE nízké, naopak výrazně vyšší jsou v ordoviku. Na zvýšené obsahy thoria v ordovických břidlicích středních Čech poprvé upozornili ČADEK et al. (1975). Na obr. 2 jsou znázorněny průměrné obsahy Th a sumy REE v břidlicích jednotlivých útvarů Barrandienu. Kromě podobné distribuce obou veličin je zjevné, že celkovou distribuci REE s charakteristickým zvýšením obsahů v ordoviku ovlivňují především lehké prvky REE (obr. 2b, 2c).

Při posuzování průměrných obsahů REE je vhodné brát v úvahu také petrografické složení a obecný chemismus břidlic. V Barrandienu se vedle jílovitých břidlic, které jsou hlavním předmětem studia v této práci, vyskytují v siluru a devonu zcela běžně jílovito-vápnité a vápnité břidlice. V těchto odlišných typech břidlic klesají s přibývajícím vápnitou složkou obsahy REE, což je doloženo v tab. 1 na příkladě dvou souborů devonských břidlic. Celkový obsah REE v jílovitých břidlicích devonu je v tomto případě 204 ppm, u vápnitých břidlic téhož útvaru je pouze 132 ppm. Průměrný obsah CaO je v prvním případě 2,4 %, u souboru vápnitých břidlic pak 20,2 %. Distribucí REE v jílovito-vápnitých břidlicích siluru (motolské souvrství) se podrobněji zabýval KUNDRÁT (1987).

Interpretaci výsledků mimo jiné ovlivňuje také množství křemene v břidlicích. Křemenná zrna obsahují nízké koncentrace REE, takže s jejich větším zastoupením v břidlicích



1. Normalizované obsahy REE v barrandienských břidlicích svrchního proterozoika a ordoviku.

Tabulka 1. Průměrné obsahy REE v břidlicích Barrandienu (v ppm)

stratigrafie	počet vzorků	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE
svrchní proterozoikum	47	21,5	42,8	6,20*	23,2*	4,40	1,06	5,00*	0,90	5,50*	0,93*	2,50*	0,44*	2,30	0,34	117,1
střední kambrium	48	27,5	52,1	8,70*	31,3*	6,20	1,12	5,00*	0,90	5,70*	0,92*	2,40*	0,43*	2,20	0,39	144
ordovik	92	45,8	94,1	9,40	45,3	6,70	1,44	6,10	0,90	6,40	1,20	3,20	0,60	2,90	0,47	224,5
silur	83	27,9	59,2	8,40	29,8	6,00	1,90	4,90	0,95	6,00	1,00	2,80	0,60	2,60	0,36	151,9
devon (vápnité břidlice)	30	27,0	49,0	7,00*	27,6*	5,00	1,15	4,70*	0,70	4,30*	0,64*	2,20*	0,35*	2,00	0,30	131,9
devon (jílovité břidlice)	18	41,0	85,8	9,80	39,1	7,00	1,48	5,30	0,80	5,50*	0,95*	3,20*	0,64	2,90	0,45	203,9
evropské paleozoické břidlice	36	41,1	81,3	10,4	40,1	7,30	1,52	6,03	1,06	-	1,20	3,55	0,56	3,29	0,58	198,0

cích se snižuje koncentrace REE. V případě barrandienských aleuropelitů však úloha křemene není prvořadá, protože rozhodujícími nositeli REE jsou fosforečnany, úzce spjaté s jílovitou složkou břidlice.

Minerály vzácných zemin v barrandienských břidlicích

V posledních letech se díky zvýšenému zájmu o kovonosné černé břidlice a za přispění moderních metod elektronové mikroskopie a rtg. mikroanalýzy podařilo konkretizovat data o chemickém složení již dříve známých REE-minerálů (monazit, rabdofán, xenotim, apatit) a také identifikovat řadu dalších fosfátů, zejména z crandallitové skupiny (LEPKA-SCHARMOVÁ 1987, HORÁKOVÁ-NOVÁK 1989, LEPKA 1990).

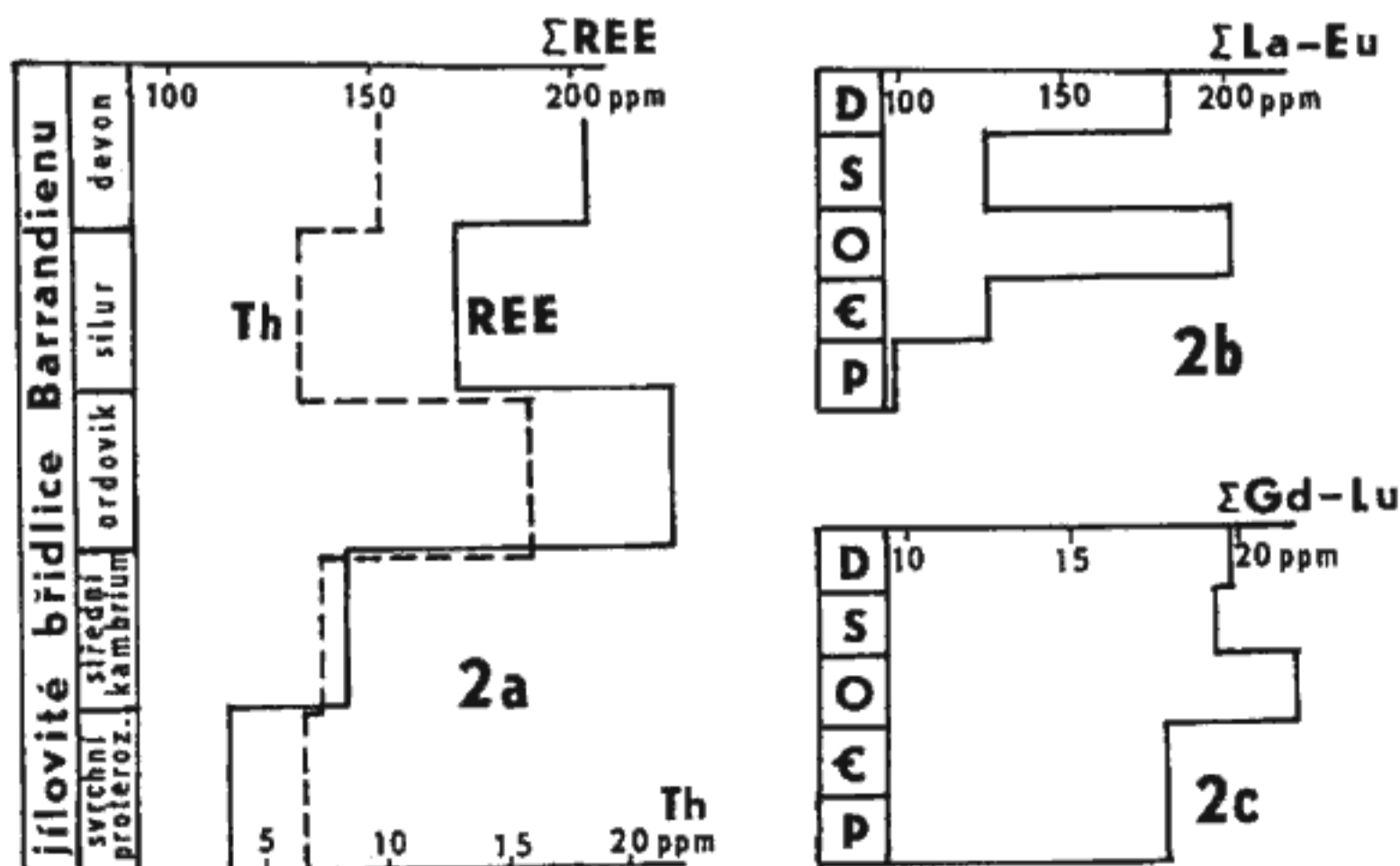
Prvky vzácných zemin jsou v břidlicích různých stratigrafických souvrství Barrandienu vázány na poměrně pestrou asociaci minerálů (případně minerálních hmot) ze skupiny bezvodých i vodnatých fosforečnanů a jim z hlediska che-

mického složení příbuzných fosfosilikátů REE. Detailní planimetrické studium relativního kvantitativního zastoupení jednotlivých minerálních druhů v ploše odkrytých leštěných výbrusů břidlic z různých lokalit Barrandienu umožnilo společně s výsledky rtg. mikroanalýzy vyčlenit několik skupin minerálů, obsahujících vzácné zemině jako hlavní nebo minoritní prvky:

1. REE-fosforečnany, empirickým vzorcem odpovídající monazitu-(Ce) nebo rabdofánu-(Ce), které se z hlediska chemického složení navzájem liší pouze obtížně stanovitelným obsahem vody,
2. analogickou skupinu xenotimu-(Y), resp. churchitu-(Y),
3. fosfáty crandallitové skupiny řady florencit-goyazit se zidealizovaným teoretickým vzorcem $AB_3(XO_4)_2(OH,F)_6$ nebo $AB_3(XO_4)_2(OH,F)_5 \cdot H_2O$ kde A = Ba, Bi, Ca, Ce, La, Nd, Pb, Sr, Th
B = Al, Fe³⁺
X = As, P, Si,
4. blíže nespecifikované minerální hmoty s variabilním obsahem REE, které svým chemismem odpovídají fosfátům až fosfosilikátům REE,

2. Distribuce REE a Th v břidlicích jednotlivých geologických útvarů Barrandienu.

2a - sumární distribuce, 2b - lehké prvky REE (La-Eu), 2c - těžké prvky REE (Gd-Lu).



5. apatit, který se navzdory podstatnému objemovému zastoupení v břidlicích zejména silurského stáří podílí na celkové bilanci vzácných zemin jen okrajově, což je podmíněno nízkými koncentracemi REE v tomto minerálu.

Pro fosforečnany prvních dvou skupin, reprezentovaných ve většině případů spíše jejich hydratovanými formami, tzn. rabdofánem a částečně hydratovaným xenotimem, je společným rysem obecné rozšíření ve všech studovaných útvarcích Barrandienu s výjimkou vzorků svrchního proterozoika, které jsou, pokud jde o minerály vzácných zemin, prakticky sterilní. Jednoznačně dominantní postavení mají, až na výjimky, pouze v ordovických břidlicích, ve kterých se jejich podíl na celkovém objemovém zastoupení REE-fosforečnanů pohybuje v rozmezí 70–100 %. Dalším společným znakem těchto dvou skupin fosforečnanů je jejich tvarová variabilita. Habitus částic o velikosti několika mikrometrů, maximálně prvních desítek mikrometrů, kolísá mezi dvěma krajními typy. Pro první typ je charakteristické automorfní až hypautomorfní omezení obvykle krátce lišovitých až hranolovitých krystalků, uspořádaných často v mnohočetných shlucích, ojediněle vějířovitých. Vazba na jílovitou základní hmotu břidlic, převážně illitické povahy, potvrzuje společně s různou orientací jednotlivých individuí i akumulaci krystalků v hornině domněnku o autigenním původu alespoň části fosfátů tohoto typu.

Na autigenní původ lze usuzovat také u fosforečnanů druhého typu, představovaných podle četnosti běžnějšími akumulacemi až agregáty drobně vločkovitých útvarů a částic, které jsou obvykle protaženy s vrstevnatostí břidlic. Ačkoliv velikost mikrokystalických až krypto-krystalických, zdánlivě homogenních akumulací, resp. agregátů, se pohybuje řádově v 0,0X mm, nepřekračují rozměry jednotlivých částic či vloček hodnoty několika desetin až jednotek mikrometru.

Monazit-(Ce) nebo rabdofán-(Ce)

s teoretickým vzorcem: $(\text{Ce, La, Nd, \dots, Th}) \text{PO}_4$,
resp. $(\text{Ce, La, Nd, \dots, Th}) \text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Chemické složení monazitu (rabdofánu) je uvedeno společně s jeho empirickým vzorcem v tab. 2, která skýtá i možnost porovnat chemismus minerálu z jednotlivých lokalit i různých stratigrafických souvrství Barrandienu. Z hlediska měřitelných absolutních koncentrací se prvky vzácných zemin podílejí na složení monazitu nebo rabdofánu v sestupném pořadí Ce-La-Nd-Pr-Sm-Gd, přičemž Ce vystupuje jako výrazně dominující prvek. Bez výjimky lze všechny analyzované monazity (rabdofány) přiřadit podle platné mineralogické klasifikace REE-minerálů k cériovému typu s přibližně rovnocenným zastoupením dvou dalších majoritních prvků, tj. La a Nd. Podíl REE na složení kationtové části monazitu (rabdofánu) lze vyjádřit následujícími vzorci:

1. $\text{La}_{23,5}\text{Ce}_{47,9}\text{Pr}_{6,4}\text{Nd}_{20,5}\text{Sm}_{1,6}\text{Gd}_{0,2}$... ordovické břidlice (průměr z 9 analýz)
2. $\text{La}_{24,0}\text{Ce}_{48,3}\text{Pr}_{2,0}\text{Nd}_{21,35}\text{Sm}_{2,7}\text{Gd}_{1,7}$... silurské břidlice (průměr z 12 analýz)
3. $\text{La}_{23,8}\text{Ce}_{48,1}\text{Pr}_{3,9}\text{Nd}_{21,0}\text{Sm}_{2,2}\text{Gd}_{1,0}$... břidlice spodního paleozoika (průměr z 23 analýz).

Stabilita koncentrací jednotlivých prvků REE je charakteristická nejen pro monazit (rabdofán), ale uplatňuje se u většiny studovaných fosforečnanů. Tento poznatek je znázorněn na zastoupení prvků vzácných zemin v monazitu (rabdofánu) na obr. 3. Uvedenému tvrzení se poněkud vymykají poměrně vysoké obsahy geochemicky příbuzného yttria, zjištěné v monazitech silurských břidlic v porovnání s nálezem v břidlicích ordoviku (tab. 2).

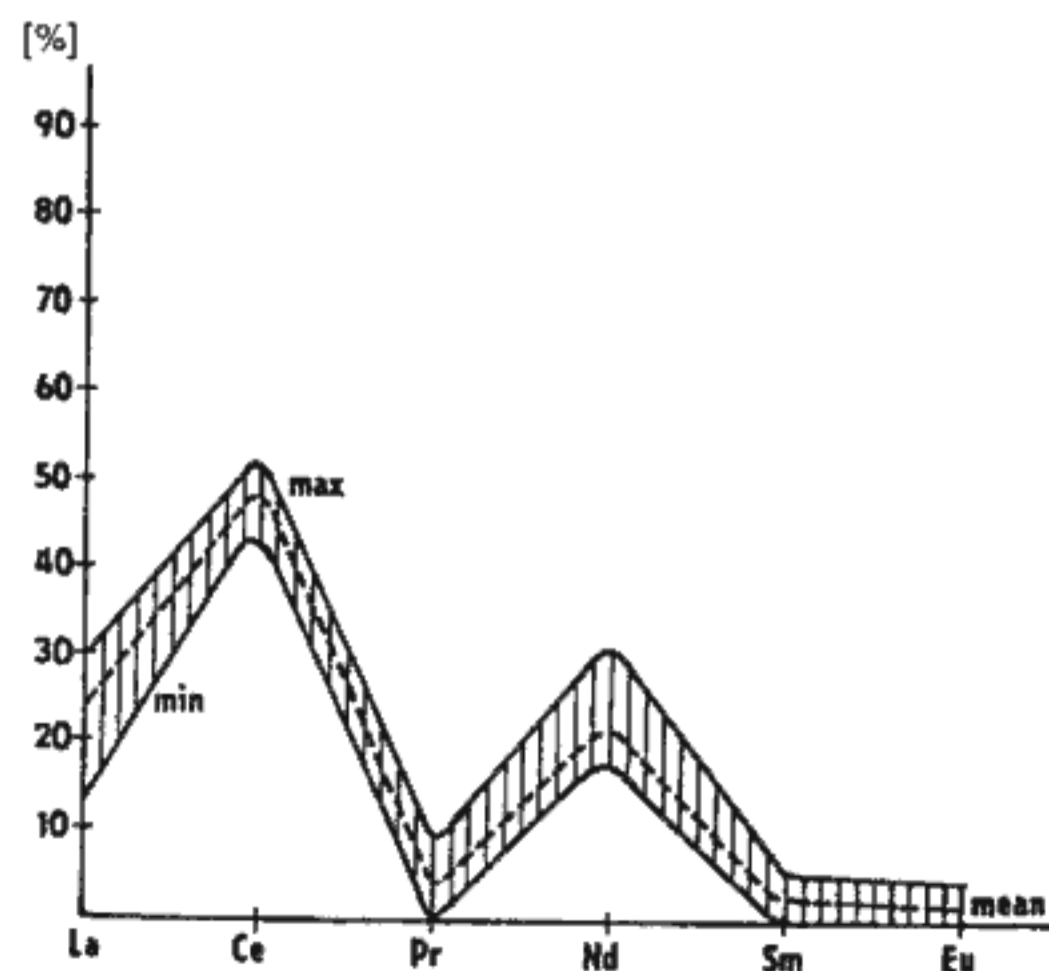
Atomové poměry $A : B = (\text{REE} + \text{Th, Ca, Y}) : (\text{P} + \text{Si})$, dosahující průměrné hodnoty 0,918 : 1,059, se vyznačují deficitem v kationtové části minerálu a naopak nadbytkem aniontů. Příčinou je zřejmě nepatřičné zařazení křemíku do aniontové části minerálu. Přítomnost Si v monazitu, v literatuře často zdůvodňovaná existencí huttonitové izomorfní komponenty ve struktuře monazitu (huttonit = ThSiO_4), je v tomto případě vzhledem k neexistující korelaci mezi Th a Si v chemismu minerálu vysvětlitelná pouze zasažením křemen-jílovité hmoty v excitovaném okolí analyzovaných mikronových částic minerálu.

Relativně vysoké obsahy Th (max. 10,97 %, průměrně 2,73 %) lze objasnit dvěma způsoby:

1. jednak existencí izomorfní míšivosti mezi monazitem a brabantitem (CaTh/PO_4) s přechodným členem cheralitem ($[\text{Ca, Ce, Th}]/[\text{P, Si}/\text{O}_4]$), u vodnatého rabdofánu pak obdobným zastupováním s izostrukturálním brockitem ($[\text{Ca, Th, Ce}]/[\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}]$) (teoretické vzorce minerálů podle LIPINA a MCKAYE 1989),

2. jednak diadochním zastupováním typu $3\text{Th}^{4+} - 4\text{Ce}^{3+}$ nebo $\text{Ca}^{2+}\text{Th}^{4+} - 2\text{Ce}^{3+}$. Na základě porovnání s literárními údaji (SEMIONOV 1963, LIPIN-MCKAY 1989) lze u monazitových zrn s abnormálně vysokými koncentracemi Th (nad 10 % ThO_2) usuzovat na jejich odlišný allogenní původ, odvozený s největší pravděpodobností z hornin granitových proveniencí.

Studium korelačních vztahů v prvkovém složení monazitu (rabdofánu) ukázalo na určité zákonitosti v samotné skupině vzácných zemin. Pozitivní korelace se projevuje mezi La a Ce, podobně jako ve skupině Nd, Sm, Gd. Po



3. Zastoupení REE v monazitu (rabdofánu) barrandienských břidlic.

Tabulka 2. Chemické složení monazitu (rabdořánu)

stratigrafie	kambrium	ordovik					silur					spodní paleozoikum
		1(2)	2(3)	3(1)	4(4)	5(1)	průměr(9)	6(4)	7(3)	8(5)	průměr(12)	průměr (23)
Ce ₂ OP ₃	27,66	29,10	28,89	32,71	25,29	30,15	29,87	27,34	27,38	28,20	28,92	
La ₂ O ₃	11,38	14,23	13,14	16,37	10,65	14,66	12,51	13,90	14,92	13,86	13,96	
Nd ₂ O ₃	12,91	12,17	13,36	13,14	15,92	13,15	14,33	11,00	12,50	12,74	12,92	
Pr ₂ O ₃	3,73	3,41	3,31	4,45	5,23	4,06	3,71	–	–	1,24	2,56	
Sm ₂ O ₃	2,01	0,45	2,00	0,81	3,12	1,07	1,45	1,58	1,84	1,65	1,45	
Gd ₂ O ₃	1,56	–	1,27	–	–	0,14	0,43	1,01	1,64	1,07	0,79	
CaO	0,67	0,92	0,46	0,99	0,80	0,89	0,28	0,83	0,80	0,63	0,74	
ThO ₂	–	7,04	0,79	1,13	2,30	3,19	–	6,35	3,49	3,04	2,83	
Y ₂ O ₃	–	–	–	–	–	–	–	7,44	4,76	3,84	2,00	
P ₂ O ₅	28,12	30,18	35,44	26,88	33,49	29,65	31,18	28,27	28,54	29,55	29,46	
SiO ₂	2,76	1,54	2,21	–	–	0,76	2,44	2,18	2,81	3,22	2,22	
součet	90,86	99,04	99,86	96,48	96,75	97,72	98,80	99,90	98,71	99,04	97,85	
A	0,873	0,937	0,804	1,001	0,901	0,911	0,816	1,012	0,973	0,930	0,918	
B	1,052	1,052	1,135	0,968	1,100	1,062	1,145	1,007	1,022	1,059	1,059	

Lokalizace a stratigrafické zařazení vzorků: 1 – Jince (jinecké souvrství), 2 – Velká Chuchle (bohdalecké souvrství), 3 – Úvaly (klabavské souvrství), 4 – Kunratice u Prahy (třenicke a klabavské souvrství), 5 – Motolské údolí (dobrotivské souvrství), 6 – vrch Babka u Černošic (želkovické souvrství), 7 – Hlásná Třebaň (želkovické souvrství), 8 – Suchomasty (litohlavské souvrství); (4) – počet hodnocených výbrusů

Analýzy v tab. 1–3 provedeny M. Kunderátem a T. Půlpánem v laboratořích MEGA a.s. Stráž p. R. na energiově disperzním mikroanalýzátoru LINK - AN 10 000 spojeným s elektronovým mikroskopem CamScan – 4DV

průměrný empirický vzorec na základě 4 (0): (REE_{0,889}Y_{0,043}Ca_{0,031}Th_{0,026})_{0,989}PO₄ · x H₂O, kde x ≤ 1

REE = (Ce_{0,430}La_{0,207}Nd_{0,185}Pr_{0,038}Sm_{0,019}Gd_{0,010})_{0,889}

zařazení Pr, který si jinak udržuje na ostatních REE v podstatě nezávislé postavení ke skupině lehkých REE (La, Ce, Pr), můžeme vysledovat výrazně negativní korelační vztah mezi skupinou lehkých a středně těžkých vzácných zemin.

Xenotim-(Y), resp. churchit-(Y)

s teoretickým vzorcem YPO₄, resp. YPO₄ · 2H₂O

Xenotim se obvykle vyskytuje v asociaci s monazitem ve všech útvarech spodního paleozoika Barrandienu. V břidlicích ordovického stáří je někdy i dominantním zástupcem REE-minerálů. V ojedinělých vzorcích převyšuje i plošně zastoupení monazitu (rabdořánu) ve studovaných výbrusech. Pokud jde o habitus a rozměry jeho krystalků a agregátů není s přihlédnutím k většímu podílu allogenních zrn podstatného rozdílu mezi oběma minerály.

Xenotim je nejvýznamnějším nositelem těžkých vzácných zemin v barrandienských břidlicích. Jeho kvantitativní zastoupení se tak stává rozhodujícím kritériem pro koncentraci těžkých REE v hornině. Chemické složení xenotimu, uvedené v tab. 3, ukazuje, že kromě převažujícího Y se na chemismu minerálu podílejí těžké REE přibližně 10–20 %. Obdobně jako v případě monazitu můžeme hovořit o vysoké stabilitě obsahů REE (Dy₂O₃ ca 5 %, Er₂O₃ ca 2,8 %, Gd₂O₃ ca 2 %). Výjimkou je ytterbium, které se v anomálně vysokých koncentracích podílí na složení xenotimu z břidlic bohdaleckého souvrství (lokalita Velká Chuchle).

Množství vody v minerálu s průměrem 2,5 hmot. % (dopočet celkové sumy oxidů do 100 hmot. %, neuvažujeme-li podíl nerovností povrchu analyzovaného objektu na deficitu v celkové sumě oxidů) neodpovídá teoretickému

složení velmi vzácného churchitu, který teoreticky obsahuje 16,38 % vody. V našem případě se tedy pravděpodobně jedná o částečně hydratovaný xenotim-(Y) s průměrným analytickým vzorcem:

(Y_{0,94}Dy_{0,05}Yb_{0,03}Er_{0,03}Gd_{0,02})_{1,07}PO₄ · x H₂O, kde x < 1.

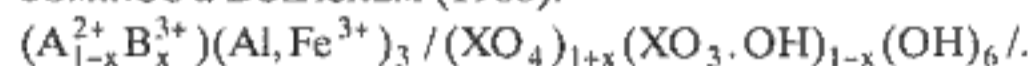
Fosfáty crandallitové skupiny, běžně se vyskytující ve většině studovaných vzorků ordovického a silurského stáří, jsou zastoupeny především florencitem a goyazitem, ojediněle byl identifikován také crandallit a gorceixit. Uvedené minerály obvykle vytvářejí protáhlé žilkovité útvary autigenního původu, vyplňující intergranulární prostory v zá-

Tabulka 3. Chemické složení xenotimu (churchitu)-(Y)

stratigrafie	ordovik		silur		průměr
	1(2)	2(1)	3(5)	4(1)	
lokalita					(9)
Y ₂ O ₃	46,94	41,89	52,16	52,16	49,97
Dy ₂ O ₃	4,56	4,67	5,58	6,78	5,39
Er ₂ O ₃	3,08	3,35	2,28	4,06	2,77
Yb ₂ O ₃	10,99	13,76	–	–	3,97
Gd ₂ O ₃	0,80	1,67	2,28	3,38	2,01
Sm ₂ O ₃	–	–	–	1,43	0,16
P ₂ O ₅	33,61	32,03	33,79	31,16	33,26
součet	99,98	97,37	96,09	100,00	97,53
Y + REE	1,053	1,055	0,987	1,151	1,027
P	0,967	0,967	0,910	0,909	0,928

Lokalizace a stratigrafické zařazení vzorků: 1 – Velká Chuchle (bohdalecké souvrství), 2 – Úvaly (klabavské souvrství), 3 – vrch Babka u Černošic (želkovické souvrství), 4 – Suchomasty (litohlavské souvrství); (2) – počet hodnocených výbrusů

kladní křemen-jílovité hmotě břidlic. Základní komponentou těchto útvarů jsou téměř submikroskopické vločkovité částice o velikosti několika desetin až jednotek mikrometru, které podmiňují „gelovitý“ amorfní vzhled žilkovitých, nepravidelných nebo oválných agregátů s ojediněle patronou zonální stavbou. Nehomogenní porézni stavba agregátů společně s velikostí částic znesnadňují přesné stanovení chemismu minerálů. Při interpretaci mikroanalytických údajů bylo proto nezbytné brát v úvahu adekvátní podíl prvků, náležejících okolním minerálům (křemen, illit). Přepočet analýz byl proveden v souladu s argumentací NICKELA a TEMPERLEYE (1987) na bázi $(Al+Fe+As+P+S)=5$. Obsah vody vázané v minerálu byl kalkulován pro 6 jednotek $(OH)^-$. Konečné výsledky byly přepočteny na celkovou sumu 100 hmot. % oxidů. Průměrný empirický vzorec byl stanoven na základě teoretického vzorce, navrženého SOMINOU a BULACHEM (1966):



Florencit-(Ce)

s teoretickým složením $REE Al_3(PO_4)_2(OH)_6$

Průměrné chemické složení florencitu z různých lokalit Barrandienu je shrnuto v tab. 4. Podle stávající klasifikace minerálů vzácných zemin lze na základě dominantního postavení Ce přiřadit všechny studované objekty k florencitu-(Ce). Kromě lehkých vzácných zemin se za příspěvní

citlivějšího mikroanalyzátoru WDX podařilo identifikovat ve florencitu i další REE, patřící ke skupině středně těžkých a těžkých REE. Významné obsahy Sr (průměrně okolo 5 hmot. % SrO) dokumentují nezanedbatelný podíl goyazitové Sr-složky na chemismu florencitu, což je dokladem předpokládané neomezené izomorfní mísivosti mezi florencitem a goyazitem podle schématu: $2 REE^{3+} - 3 Sr^{2+}$ nebo $REE^{3+} - Sr^{2+}H^+$. Podobný princip se s největší pravděpodobností uplatňuje i při zastupování vzácných zemin dalšími zjištěnými dvojmocnými kationty (Ca^{2+} , Ba^{2+}).

Goyazit

s teoretickým složením: $SrAl_3(PO_4)_2(OH)_5 \cdot H_2O$
nebo $SrAl_3(PO_4)_2(OH)_6$

Goyazit byl v podstatnějším množství zastížen pouze v pojivu písčitého prachovce dobrotivského souvrství v Motolském údolí. Jeho chemismus je společně s průměrným empirickým vzorcem uveden v tab. 5.

Sumární koncentrace prvků vzácných zemin se v goyazitu pohybuje v intervalu 0–5 hmot. %, přičemž je silně ovlivněna použitou metodou. Výsledky shrnuté v tab. 5 dokumentují potřebu používat při mikroanalytickém studiu minerálů, obsahujících REE pouze jako minoritní prvky, výrazně citlivějšího vlnově disperzního analyzátoru WDX. Pouze při jeho použití lze prokázat přítomnost zejména těžších REE v koncentracích řádově 0,1 hmot. %.

Tabulka 4. Chemické složení florencitu

stratigrafie	kambrium	ordovik				silur		průměr
lokality	1 ₍₁₎	2 ₍₅₎	3 ₍₂₎	4 ₍₁₎	5 ₍₁₎	6 ₍₁₎	7 ₍₁₎	(12)
Ce ₂ O ₃	8,27	11,02	9,81	11,08	10,63	10,62	10,00	10,45
La ₂ O ₃	4,77	5,06	4,56	5,18	4,84	4,41	6,33	5,00
Nd ₂ O ₃	2,78	4,36	4,06	3,93	5,60	4,87	3,16	4,19
Pr ₂ O ₃	–	0,29	2,09	1,76	1,09	–	1,12	0,80
Sm ₂ O ₃	–	–	1,75	–	–	–	–	0,29
Gd ₂ O ₃	–	–	0,24	–	–	–	–	0,04
Eu ₂ O ₃	–	–	0,32	–	–	–	–	0,05
CaO	1,11	1,19	1,28	1,00	0,55	1,10	0,77	1,09
ThO ₂	–	0,36	0,15	–	–	–	–	0,18
SrO	6,95	4,30	7,93	3,18	3,36	5,90	5,18	5,16
BaO	–	–	0,36	–	–	–	–	0,06
Al ₂ O ₃	32,87	32,21	29,37	32,39	32,75	31,41	33,67	31,91
Fe ₂ O ₃	0,59	0,47	–	–	2,16	0,52	–	0,47
P ₂ O ₅	29,63	28,46	27,22	28,78	22,99	29,48	28,31	27,99
SO ₃	2,24	0,93	–	1,54	4,94	0,41	–	1,15
H ₂ O ⁺	10,79	11,35	10,78	11,16	11,09	11,28	11,46	11,17
součet	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Lokalizace a stratigrafické zařazení vzorků: 1 – Týřovice (jinecké souvrství), 2 – Tlustovousy (šárecké souvrství), 3 – Motolské údolí (dobrotivské souvrství), 4 – Třenice (třenicke souvrství), 5 – silnice Beroun–Zdejeina (vinické souvrství), 6 – Úvaly (klabavské souvrství), 7 – vrch Babka u Černošic (želkovické souvrství); (5) – počet hodnocených výbrusů, – pod mezí citlivosti metody (EDX, WDX)

Analýzy v tab. 4–5 provedeny M. Kundrátem a T. Půlpánem na výše uvedeném EDX a vlnově disperzním mikroanalyzátoru MICROSPEC M-5. Průměrný empirický vzorec na bázi: $(Al+Fe^{3+}+P+S) = 5 (REE_{0,60}Sr_{0,24}Ca_{0,09}Th_{0,01})_{0,94}(Al_{3,01}Fe_{0,03})_{3,04}/(PO_4)_{1,89}/SO_4/0,07/1,96/OH$

Tabulka 5. Chemické složení goyazitu (EDX a WDX mikroanalýza)

stratigrafie	ordovik			průměr
SrO	12,93	17,15	14,82	14,97
BaO	1,23	3,24	2,21	2,23
CaO	1,70	1,44	1,55	1,56
Ce ₂ O ₃	3,20	0,44	1,79	1,81
La ₂ O ₃	1,06	–	0,79	0,62
Nd ₂ O ₃	0,56	–	0,41	0,32
Pr ₂ O ₃	0,60	–	0,44	0,35
Sm ₂ O ₃	0,60	–	0,44	0,35
Eu ₂ O ₃	0,08	–	0,06	0,05
Al ₂ O ₃	35,56	32,23	33,40	33,73
P ₂ O ₅	30,50	30,71	30,16	30,46
SO ₃	–	3,00	2,22	1,73
H ₂ O ⁺	11,98	11,79	11,71	11,82
součet	100,00	100,00	100,00	100,00

Všechny uvedené analýzy náležejí vzorkům odebraným v Motolském údolí (dobrotivské souvrství); – hodnoty pod mezí citlivosti metody
Průměrný empirický vzorec na bázi (Al+P+S) = 5 (Sr_{0,648}Eu_{0,126}Eu_{0,095}Ba_{0,077})_{0,946}Al_{2,979}/(PO₄)_{1,922}/(SO₄)_{0,099}/2,021(OH)₆
REE = (Ce_{0,150}La_{0,018}Sm_{0,009}Pr_{0,009}Eu_{0,089})_{0,095}

Tabulka 6. Chemické složení minerálních hmot

	P-hmoty		P-Zr-hmoty	
SiO ₂	9,39	7,18	18,44	12,00
Al ₂ O ₃	5,47	3,49	4,33	3,91
K ₂ O	1,58	1,51	1,46	1,34
CaO	1,43	1,29	1,18	1,18
Fe ₂ O ₃	–	0,88	0,97	0,76
P ₂ O ₅	20,90	23,70	14,71	16,86
Ce ₂ O ₃	21,94	25,60	15,84	17,28
La ₂ O ₃	8,64	10,73	6,46	6,63
Nd ₂ O ₃	11,58	11,92	8,66	8,81
Pr ₂ O ₃	1,89	3,01	2,65	2,53
Sm ₂ O ₃	–	2,31	1,96	1,45
ThO ₂	2,49	1,58	1,12	1,25
ZrO ₂	–	–	17,05	9,52
součet	85,41	94,69	94,83	83,52

Vzorky odebrány pouze na lokalitě Kunratice u Prahy (1, 2, 3 – třenicové souvrství, 4 – klabavské souvrství)
Analýzováno H. Hájkovou s využitím EDX i WDX

Významným zdrojem REE, ovlivňujícím distribuci REE především ve zvětralých sedimentech třenicového a klabavského souvrství (lokalita Kunratice u Prahy), je skupina blíže mineralogicky nespecifikovaných minerálních hmot, které můžeme na základě chemismu rozdělit na dva typy:

1. fosfátové hmoty s chemismem blízkým monazitu-(Ce) nebo rabdofánu-(Ce),
2. smíšené fosfosilikátové hmoty, jejichž chemické složení odpovídá přechodným členům mezi monazitem (rabdofánem) a zirkonem.

Z chemismu uvedených minerálních hmot mj. vyplývá, že jde o relativně silně hydratované hmoty s celkovým obsahem REE, kolísajícím v rozmezí 30–45 hmot. %. Charakteristická je klesající koncentrace prvků vzácných zemin se vzrůstajícím podílem silikátové Zr-složky. Krajním členem této řady minerálních hmot s variabilním složením je prakticky čistý zirkon s obsahem REE v desetinách hmot. %. Céř přitom vystupuje jako u všech předchozích REE-minerálů v roli dominantního zástupce vzácných zemin, Nd však nezvykle převažuje nad La. Kromě vzácných zemin obsahují analyzované minerální hmoty i zvýšené koncentrace Th (v průměru 1,61 hmot. % ThO₂). Pozoruhodná je rovněž přítomnost draslíku a železa (tab. 6).

Z morfologického hlediska se žilkovité či nepravidelné objekty výše popsaných hmot podobají amorfním agregátům minerálů crandallitové skupiny, dosahujících ve směru protažení velikosti až 0,3 mm.

Kromě dokumentovaných REE-minerálů a minerálních hmot byly v Barrandienu nalezeny submikroskopické částice dalších fosforečnanů s proměnlivým obsahem vzácných zemin zejména ze skupiny crandallitu [crandallit, gorceixit, florencit-(La)]. Nepatrné rozměry těchto objektů však neumožnily stanovit použitou metodikou jejich chemismus.

Z dosavadního mineralogického studia vyplývá, že zásadní vliv na distribuci REE v břidlicích různých stratigrafických úrovní Barrandienu má kvantitativní zastoupení jednotlivých REE-minerálů a minerálních hmot v hornině. Relativně pestrá asociace REE-minerálů většinou autigenního původu a nepatrných rozměrů, které jsou úzce spjaty se základní křemen-jílovitou hmotou břidlic, tvoří do různé míry hydratované fosforečnany. Ke zcela běžným fosfátům s variabilním obsahem REE patří monazit-(Ce) nebo rabdofán-(Ce), xenotim-(Y), apatit a překvapivě i celá řada minerálů ze skupiny crandallitu – florencit-(Ce), goyazit, crandallit, gorceixit, florencit-(La).

Novým poznatkem je vazba REE na nehomogenní minerální hmoty fosfátového a fosfosilikátového složení s dominantním postavením REE, respektive Zr v kationtové části. Minerální hmoty se spolu s monazitem-(Ce) nebo rabdofánem-(Ce) vyskytují především v břidlicích ordovického stáří. Skladba REE mineralizace v barrandienských břidlicích významně ovlivňuje i koncentraci Th, které vykazuje pozitivní korelaci především s lehkými prvky vzácných zemin.

Využití mineralogicko-geochemických poznatků ve stratigrafii

Poznatky zjištěné při studiu barrandienských břidlic mají obecnější platnost i ve slabě metamorfovaných horninách, které vznikly z prachovito-jílovitých sedimentů. Podobně jako v Barrandienu byly nízké obsahy REE a Th zjištěny ve fylitických břidlicích a fylitech západočeského proterozoika, železnohorského proterozoika, ve fylitech předložiskového oddílu chvaletického ložiska i v obdobných horninách v ještědském a železnobrodském krystaliniku.

Nízké obsahy uvedených prvků jsou rovněž charakteristické pro fylitické horniny a břidlice silurského stáří v hli-

necké zóně (mrákotínské souvrství), ve vápenopodolské synklinále (grafitické břidlice v bezprostředním podloží podolských vápenců), v železnobrodském krystaliniku (fylity z okolí Poniklé a Koberov) a v dalších oblastech.

Naproti tomu zvýšené obsahy REE a Th v adekvátních horninách ordovického stáří byly zjištěny v míčovském souvrství (vápenopodolská synklinála), rožmitálských břidlicích (okolí Voltuše), ve fylitech fykodové série západních Krušných hor, fylitech ještědského a železnobrodského krystalinika (pokryvačské fylity radčické skupiny) i v dalších oblastech (ČADEK et al. 1975, LEPKA 1991).

Kromě shodné distribuce uvedených prvků s barrandienskou oblastí byly v orientačně studovaných vzorcích identifikovány obdobné fosfáty, případně fosfátové a fosfosilikátové P-Zr minerální hmoty, které jsou rozhodujícími nositeli REE a významně se podílejí i na distribuci Th. Lze tedy předpokládat, že studované fosforečnany a na ně vázané REE a Th nepodlehly při slabé regionální metamorfóze výraznějším změnám, a jejich nálezy ve fylitických horninách odpovídají v postatě původním výskytům v prachovito-jílovitých sedimentech. Jestliže vycházíme u imobilních prvků jakými jsou REE a Th z uvedené představy převážně izochemického průběhu metamorfózy, pak se nabízí možnost využití mineralogicko-geochemických poznatků pro stratifikaci nerozlišených paleontologicky sterilních kom-

Tabulka 7. Vývoj názorů na stratigrafické zařazení železnobrodských pokrývačských fylitů (výběr z literatury)

autor	stratigrafické zařazení železnobrodských pokrývačských fylitů
R. KETTNER (1921)	algonkium
O. KODYM - J. SVOBODA (1948)	ordovik
M. MÁŠKA (1954)	kambrium
J. SVOBODA (1964)	ordovik
J. CHALOUPSKÝ - H. TEISSEYERE (1968)	spodní až střední ordovik
J. CHALOUPSKÝ (1979)	mladší proterozoikum
M. KRUTSKÝ (1979)	ordovik
M. SUK (1983)	ordovik až silur
J. CHALOUPSKÝ (1989)	spodní až střední kambrium

Tabulka 8. Obsahy Th, Ce (v ppm) a vybraných petrogenních prvků (v %) v chlorit-sericitických a grafit-sericitických fylitech siluru železnobrodského krystalinika

vzorek	lokalita	Th ^a	Th ^b	Ce ^b	SiO ₂ ^c	Al ₂ O ₃ ^c	CaO ^c	K ₂ O ^c	literární zdroj
Pon-1	Poniklá, řečiště Jizery	9,4	–	68,0	73,5	12,8	0,2	3,7	LEPKA 1991
Pon-3		9,0	–	66,0	73,2	11,2	0,3	2,4	
Pon-4		7,2	–	69,0	74,4	11,0	0,2	2,9	
SF-4	Poniklá, žel. zářez	7,6	7,8	46,0	72,6	11,8	0,1	2,7	PODRACKÝ et al. 1982
SF-10		8,5	6,0	40,0	75,3	11,2	0,2	2,3	
Grb-5	Koberovy, lom	8,9	10,3	62,5	52,8	12,8	7,0	4,2	
Grb-8		12,2	12,5	60,0	50,6	14,9	6,7	5,3	

Vysvětlivky k tabulkám 8–10: ^a – prvky stanovené gamaspektrometricky (laboratoře ÚGG, ČSAV Praha, analytik P. Podracký a kol.), ^b – prvky stanovené neutronovou aktivační analýzou (laboratoře VVÚ, Stráž pod Ralskem, analytik S. Pošta), ^c – prvky stanovené rentgenspektrální analýzou (laboratoře VVÚ, Stráž pod Ralskem, analytik R. Výmola s kol.)

plexů fylitických hornin spodního paleozoika v různých částech Českého masivu. Jako příklad uvádíme pokus o stratigrafické zařazení známých pokrývačských fylitů ze železnobrodského krystalinika.

Železnobrodské chlorit-sericitické rovnoplošné fylity (pokryvačské) tvoří v železnobrodském krystaliniku charakteristické souvrství se značným plošným rozšířením. Stratigrafické zařazení pokrývačských fylitů je, podobně jako u jiných souvrství této oblasti, značně komplikované v důsledku nedostatku biostratigrafických důkazů a obtížím s využitím izotopických geochronologických metod. Autoři, kteří se stratografií této oblasti doposud zabývali, vycházeli převážně z litologických a strukturních kritérií. Zařazují pokrývačské fylity v širokém stratigrafickém rozsahu od proterozoika až po silur (tab. 7).

Na rozdíl od výše uvedených autorů vycházíme při stratigrafickém zařazení pokrývačských fylitů z mineralogicko-geochemických poznatků získaných především v barrandienské oblasti. Přednostně jsme se zaměřili na:

- distribuci absolutních obsahů vybraných lehkých prvků REE (v našem případě na Ce) a Th,
- studium rozptylu obsahů uvedených prvků v příbuzných horninách různého stratigrafického zařazení,
- studium minerálů, hlavních nositelů lehkých REE a Th ve studovaných horninách,
- vzájemné porovnání všech získaných výsledků se standardními soubory hornin z barrandienské oblasti.

Všechny analytické podklady k uvedeným mineralogicko-geochemickým kritériím jsou uvedeny v tab. 8 až 10. Z analytických podkladů je zřejmé, že vzorky železnobrodských fylitů z paleontologicky prokázaného siluru (tab. 8) obsahují podstatně nižší obsahy Ce a Th v porovnání s pokrývačskými fylity (tab. 9). Pro srovnání jsou v tab. 10 uvedeny také rozborů pokrývačských fylitů proterozoického stáří ze západních Čech, které přes svou petrografickou a technologickou příbuznost se železnobrodskými analogy vykazují podstatně nižší koncentrace Ce a Th.

Důležité je posouzení míry rozptylu obsahů Ce a Th ve sledovaných vzorcích. Autoři, z jejichž podkladů byly odvozeny průměry REE uvedené v tab. 1, zjistili na základě statistického testování i mezní hranice pro kolísání obsahů vzácných zemin a thoria pro 95 % případů (X+2). Tyto

Tabulka 9. Obsahy Th, Ce (v ppm) a vybraných petrogenních prvků (v %) v chlorit-sericitických rovnoplošných (pokryvačských) fylitech železnobrodského krystalinika

vzorek	lokalita	Th ^a	Th ^b	Ce ^b	SiO ₂ ^c	Al ₂ O ₃ ^c	CaO ^c	K ₂ O ^c	literární zdroj
		ppm	ppm	ppm	%	%	%	%	
CHF-1	lom Jílové u Držkova	21,3	22,9	101,5	56,4	22,2	0,1	4,3	PODRACKÝ et al. 1982 LEPKA 1991
CHF-4		17,9	19,2	96,8	56,9	22,2	0,1	4,2	
CHF-6		18,7	20,1	80,2	57,0	22,3	0,1	4,2	
CHF-8		22,4	24,1	101,5	56,3	22,3	0,1	4,3	
CHF-10		20,0	21,5	116,0	56,2	22,0	0,2	4,4	
Grb-16	lom Radčice	19,9	50,5	120,0	59,2	21,5	0,2	4,0	PODRACKÝ et al. 1982 LEPKA 1991
Grb-17		20,0	21,9	132,0	56,2	21,4	0,1	3,9	
Grb-18		19,9	21,6	130,0	56,3	22,3	0,2	4,2	
Grb-19		20,1	22,0	126,0	55,1	23,3	0,1	4,3	
Grb-20		20,1	21,6	126,0	56,3	23,4	0,1	4,2	
Br-1	Bratříkov	21,8	22,8	128,0	53,7	23,4	0,2	4,8	LEPKA - STEJSKAL 1988
Br-2		18,2	19,9	114,0	58,2	20,8	0,2	4,3	
Tě-1	Těpeře	18,6	19,7	121,0	59,4	20,1	0,2	4,5	
Tě-2		18,5	20,0	106,0	56,3	20,9	0,2	5,3	

Tabulka 10. Obsahy Th, Ce (v ppm) a vybraných petrogenních prvků (v %) v chlorit-sericitických (pokryvačských) fylitech proterozoika západních Čech

vzorek	lokalita	Th ^a	Th ^b	Ce ^b	SiO ₂ ^c	Al ₂ O ₃ ^c	CaO ^c	K ₂ O ^c	literární zdroj
Rab-1	Rabštejn u Manětína (lom)	9,4	10,0	61,0	64,6	16,5	0,8	2,5	HRABAL - LEPKA 1990
Rab-2		8,7	-	67,0	64,7	16,7	0,6	2,7	
Rab-3		9,4	10,0	67,0	61,8	17,7	0,6	3,0	
Kžl-1	Kožlany	8,0	-	63,0	66,5	16,9	0,3	2,7	
Kžl-2		9,7	-	46,0	67,2	16,4	0,5	2,3	

Tabulka 11. Předpokládané rozpětí obsahů Ce a Th v břidlicích Barrandienu

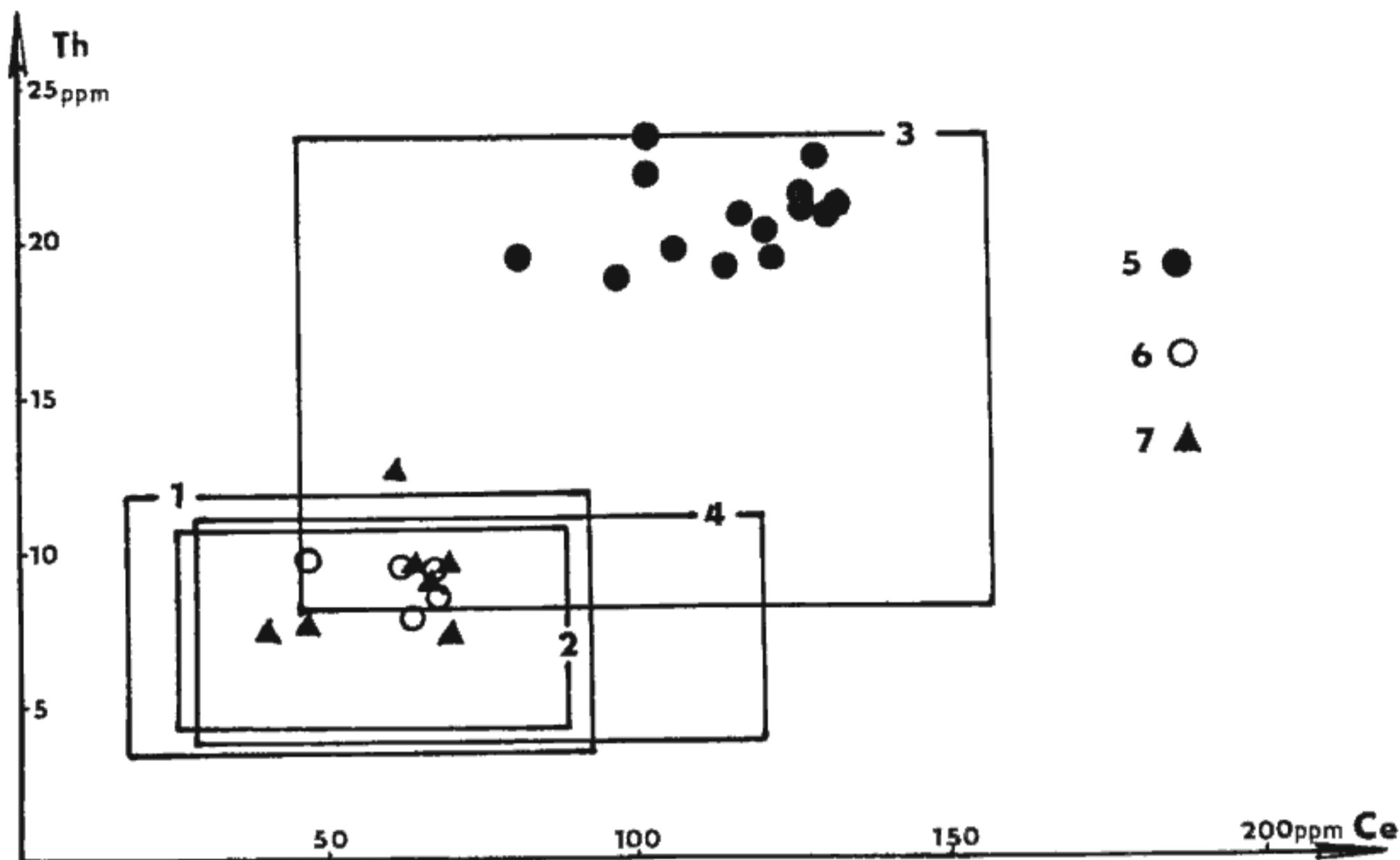
stratigrafie	počet vzorků Ce	očekávané rozpětí pro 95 % případů (ppm)	počet vzorků Th	očekávané rozpětí pro 95 % případů (ppm)
svrchní proterozoikum	47	17,1-92,3	63	3,4-11,8
střední kambrium	48	25,6-88,8	50	4,2-10,5
ordovik	92	45,6-156,4	92	8,1-23,3
silur	83	28,5-120,0	83	3,7-11,0

mezní hodnoty jsou uvedeny v tab. 11. Pro oba prvky jsou vždy použity nejnižší a nejvyšší mezní údaje, a to bez ohledu na to, zda interpretace vycházela z lognormálního či normálního rozdělení hodnot.

Vyneseme-li takto získané údaje do příslušného grafu (obr. 4), získáme vymezené plochy pro jednotlivé geologické útvary, ve kterých se budou přibližně s 95 % pravděpodobností pohybovat v břidlicích obsahy Ce a Th. Z obr. 4 je zřejmé, že plochy vymezené pro proterozoikum, kambrium a silur se z velké části vzájemně překrývají, pouze plocha vymezená pro břidlice ordoviku se s uvedenými útvary překrývá jen nepatrně ve spodní části plochy a převažující část vytváří samostatné pole. Z toho vyplývá, že ze všech čtyř diskutovaných geologických útvarů lze na základě ob-

sahů Ce a Th odlišit pouze ordovik. Zbývající útvary mají podobný a zaměnitelný rozptyl obou prvků. Při předpokladu, že takto vymezené plochy budou v podstatě platit i pro slabě metamorfované fylitické horniny vzniklé z prachovito-jílovitých sedimentů, můžeme uvedený graf použít i pro interpretaci hodnot ze železnobrodského krystalinika.

Po vnesení konkrétních obsahů Ce a Th ze všech studovaných vzorků zjistíme, že vzorky pokrývačských fylitů ze železnobrodského krystalinika se výrazně koncentrují do horní poloviny plochy vymezené pro ordovik, zatímco vzorky pokrývačských fylitů ze západočeského proterozoika a železnobrodského siluru se kumulují do vymezených ploch pro uvedené útvary. Výjimku tvoří pouze jediný silurský vzorek Grb-8, který díky anomálně zvýšenému obsahu Th



4. Předpokládaná distribuce obsahů Ce a Th v barrandienských břidlicích a reálný rozptyl obou prvků ve fylitech různých oblastí Českého masivu. 1 – břidlice svrchního proterozoika Barrandienu, 2 – břidlice středního kambria Barrandienu, 3 – ordovické břidlice Barrandienu, 4 – silurské břidlice Barrandienu, 5 – vzorky železnobrodských pokrývačských fylitů (Jílové u Držkova, Radčice, Bratřkov-Jirkov, Těpeče), 6 – vzorky pokrývačských fylitů ze západočeského proterozoika (Rabštejn u Manětína, Kozlany), 7 – vzorky silurských fylitů ze železnobrodského krystalinika (Poníklá, Koberovy). Obdélníky vyznačují hranice plochy, ve které se budou pohybovat v 95 % případů obsahy Ce a Th.

nebo nepřesné analýze leží v dolní části ordovické plochy. Distribuce včetně rozptylu studovaných prvků je znázorněna na obr. 4.

Mineralogické studium železnobrodských pokrývačských fylitů pomocí elektronové mikroskopie a mikroanalýzy potvrdilo obdobné výsledky jako v případě studia barrandienských břidlic ordovického stáří. Výsledky lze shrnout do následujících poznatků:

- hlavními nositeli REE a z velké části i Th v železnobrodských pokrývačských fylitech jsou fosforečnany REE a fosfátové minerální hmoty;
- z identifikovaných fosforečnanů převládá monazit-(Ce). Fosfáty crandallitové skupiny řady florencit-goyazit jsou zastoupeny jen sporadicky. Podobně jako v barrandienských břidlicích jsou přítomny blíže neidentifikované minerální hmoty, odpovídající svým chemismem fosfátům až fosfosilikátům REE a Zr;
- převládajícími tvary monazitu-(Ce) jsou vločkovité až vláknité útvary, protažené souhlasně s foliací fylitů. Obdobný habitus mají většinou i uvedené minerální hmoty. Monazit-(Ce) se však vyskytuje i ve formě dokonale vyvinutých hranolovitých krystalků. Bývají různě orientované a jejich velikost se obvykle pohybuje v prvních mikrometrech. Lze u nich předpokládat určitý stupeň rekrytalizace v porovnání s původními výskyty;

- fosforečnany a minerální hmoty jsou převážně vázány na sericitickou (původně illitickou) složku fylitů;
- chemismus identifikovaných fosforečnanů a minerálních hmot je blízký nálezům v ordovických břidlicích Barrandienu. Na základě současných mineralogických informací lze předpokládat, že studované fosforečnany nevznikly v pokrývačských fylitech nově působením metamorfních procesů, ale pocházejí z původních sedimentárních hornin.

Příklady výskytů fosforečnanů REE v pokrývačských fylitech (fylitech silurského stáří) jsou uvedeny v přílohách.

Závěr

Na základě mineralogicko-geochemického studia vzorků železnobrodských pokrývačských fylitů se autoři domnívají, že zkoumané vzorky nejlépe vyhovují stratigrafickému zařazení do ordoviku. Jejich příslušnost k svrchnímu proterozoiku, kambriu či siluru je z hlediska použitých mineralogicko-geochemických kritérií velmi nepravděpodobná.

Uvedeným postupem lze vyčlenit fylitické horniny ordovického stáří i v dalších horninových komplexech Českého masivu.

K tisku doporučil P. Mrázek

Literatura

- ČADEK, J. - LEPKA, F. - MIKŠOVSKÁ, J. (1975): Distribuce uranu v sedimentech svrchního proterozoika a spodního paleozoika středních Čech. – MS Geofond. Praha.
- ČADKOVÁ, Z. (1983): Geochemie sedimentů barrandienského paleozoika. – MS Geofond. Praha.
- FLEISCHER, M. - MANDARINO, J. A. (1991): Mineral species. – Mineral. Rec. Inc. Tucson.
- GROMET, L. P. - DYMEK, R. F. - HASKIN, L. A. - KOROTEV, R. L. (1984): The North American Shales composites: Its compilation major and trace element characteristics. – *Geochim. cosmochim. Acta*, 48, 2469–2482. Elmsford (New York).
- HASKIN, M. A. - HASKIN, L. A. (1966): Rare earths in European shales: a redetermination. – *Science*, 154, 507–509. Washington.
- HAVLÍČEK, V. (1981): Development of a linear sedimentary depression exemplified by the Prague Basin (Ordovician–Middle Devonian, Barrandian area – central Bohemia). – *Sbor. geol. Věd, Geol.*, 35, 7–48. Praha.
- HORÁKOVÁ, M. - NOVÁK, F. (1989): Výskyt nerostů alunit-crandallitové skupiny v liteňském souvrství Barrandienu. – *Čas. Mineral. Geol.*, 34, 2, 151–163. Praha.
- HRABAL, J. - LEPKA, F. (1990): Analytické podklady ze vzorkování západočeského proterozoika. – MS Výzk. vývoj. úst. Stráž pod Ralskem.
- CHÁB, J. - BOUŠKA, V. - JELÍNEK, E. - PAČESOVÁ, M. - POVONDRA, P. (1982): Petrology and geochemistry of the Upper Proterozoic Fe-Mn-deposit Chvaletice (Bohemia, Czechoslovakia). – *Sbor. geol. Věd, Ložisk. Geol. Mineral.*, 23, 9–68. Praha.
- CHALOUPSKÝ, J. (1979): Geologická stavba krkonoško-jizerského krystalinika. – *Sbor. 22. konference Čs. spol. pro mineralogii a geologii*, 29–55. Trutnov.
- (1989): Geologie Krkonoš a Jizerských hor. – Ústř. úst. geol. Praha.
- CHALOUPSKÝ, J. - TEISSEYERE, H. (1968): Geology of the West Sudenten. – *Guide to Excursion 8 AC. International Congress XXIII Session*, 5–35. Prague.
- KERRICK, R. - FRYER, B. J. (1979): Archean precious-metal hydrothermal systems, Dome Mine, Abitibi greenstone belt. II. REE and oxygen isotope relations. – *Canad. J. Earth Sci.*, 16, 440–458. Ottawa.
- KETTNER, R. (1921): Geologie starého pohoří Železnobrodského v Podkrkonoší. – *Sbor. St. geol. úst. Čs. republ.*, 1, 123–141. Praha.
- KODYM, O. - SVOBODA, J. (1948): Kaledonská přikrovová stavba Krkonoš a Jizerských hor. – *Sbor. St. geol. Úst. Čs. Republ.*, 15, 109–180. Praha.
- KRUTSKÝ, N. (1979): Poznámky ke geologické stavbě karbonátových oblastí krkonošského krystalinika a ke genezi karbonátových hornin. – *Sbor. 22. konference Čs. spol. pro mineralogii a geologii*, 73–82. Trutnov.
- KUKAL, Z. (1989): Deposition of Black Shales: why, where and when? (With special Attention to the Bohemian Massif). – MS (In Proceedings of the IGCP 254 Metalliferous Black Shales, Inaugural Meeting). Ústř. úst. geol. Praha.
- (1990): Recent and ancient marine anoxic environments. – *Čas. Mineral. Geol.*, 35, 3, 287–300. Praha.
- KUNDRÁT, M. et al. (1987): Distribuce U, Th a vybraných prvků v jílovito-vápnitých břidlicích motolského souvrství (Barrandien). – MS (dipl. práce) Přírodověd. fak. Univ. Karl. Praha.
- LEPKA, F. (1990): Fosforečnany vzácných zemin v břidlicích spodního paleozoika Barrandienu. – *Geol. Hydrometalurg. Uranu*, 14, 3, 88–105. Stráž pod Ralskem.
- (1991): Pracovní podklady ke studiu distribuce stopových prvků v sedimentech Českého masivu. – MS (archiv autora). Česká Lípa.
- LEPKA, F. - PODRACKÝ, P. (1985): Uranium and Thorium distribution in the Upper Proterozoic and Lower Paleozoic marine shales of the Barrandien area. – In: *International meeting Concentration mechanism of uranium in geological environments (Abstracts)*, 83–86. Nancy.
- LEPKA, F. - POŠTA, S. (1990): Význam fosforečnanů pro distribuci TR a Th v břidlicích Barrandienu. – *Sbor. Geochemie a životní prostředí. Kostelec nad Černými lesy*.
- LEPKA, F. - SCHARMOVÁ, M. (1987): Nález florencitu-(Ce) v barrandienském ordoviku. – *Geol. Hydrometalurg. Uranu*, 11, 1, 74–77. Stráž pod Ralskem.
- LEPKA, F. - STEJSKAL, J. (1988): Analytické podklady ze vzorkování železnobrodského krystalinika. – MS Výzk. vývoj. úst. Stráž pod Ralskem.
- LIPIN, B. R. - MC KAY, G. A. (1989): Geochemistry and mineralogy of rare earth elements. – *Reviews in Mineralogy*, 21. Washington.
- MÁŠKA, M. (1954): K tektonické analýze krystalinika. – *Knih. Ústř. Úst. geol.*, 27. Praha.
- MC DONOUGH, W. F. - FREY, F. A. (1989): Rare earth elements in upper mantle rocks. In: B. R. Lipin - G. A. Mc Kay (1989): *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*. – *Rev. Miner.*, 21. Washington.
- MRÁZEK, P. (1984): Minoritní prvky v horninách českého svrchního proterozoika. – *Sbor. geol. Věd, Ložisk. Geol. Mineral.*, 26, 81–104. Praha.
- NICKEL, E. H. - NICHOLS, M. C. (1991): Mineral reference manual. – Van Nostrand Reinhold. New York.
- NICKEL, E. H. - TEMPERLEY, J. E. (1987): Arsenoflorencite-(Ce): a new arsenate mineral from Australia. – *Mineral. Mag.*, 51, 605–609. London.
- PODRACKÝ, P. - ČADEK, J. - KNOTEK, M. (1981): Studium distribuce radiaktivních izotopů v hlavních typech metamorfovaných hornin (II. etapa). – MS Úst. geol. geotech. ČSAV. Praha.
- PODRACKÝ, P. - KNOTEK, M. - ČADEK, J. (1982): Studium distribuce radioaktivních izotopů v hlavních typech metamorfovaných hornin (III. etapa). – MS Úst. geol. geotech. ČSAV. Praha.
- PODRACKÝ, P. - KOPÁČKOVÁ, E. - KUNOVÁ, B. (1986): Studium distribuce U, Th a H ve vzorcích jílovitých břidlic středněčeského devonu. – MS Úst. geol. geotech. ČSAV. Praha.
- SEMIONOV, J. I. (1963): *Mineralogija redkich zemel*. – Izd. Akad. Nauk SSSR. Moskva.
- SOMINA, M. Ja. - BULACH, A. G. (1966): Florencit iz karbonatitov Vostočnogo Sajana i nekotoryje voprosy chimičeskoj konstitucii grupy krandalita. – *Zap. Vsesojuz. mineral. obšč.*, 5, 537–550. Leningrad.
- SUK, M. (1983): Železnobrodské krystalinikum. In: J. Svoboda et al.: *Encyklopedický slovník geologických věd*. – Academia. Praha.
- SULOVSKÝ, P. - KUHN, P. (1989): Horniny vrtů K-2/St a K-3/Ro ze železnobrodského krystalinika. II. Mikrodistribuce uranu. – *Geol. Hydrometalurg. Uranu*, 13, 4, 66–92. Stráž pod Ralskem.
- SVOBODA, J. (1964): Regionální geologie ČSSR. Díl I. Český masiv, sv. I. Krystalinikum. – Ústř. úst. geol. Praha.
- SVOBODA, J. et al. (1983): *Encyklopedický slovník geologických věd*. – Academia. Praha.
- WRONKIEWICZ, D. J. - CONDIE, K. C. (1987): WRONKIEWICZ, D. J. - CONDIE, K. C. (1987): Geochemistry of Archean shales from the Witwatersrand Supergroup, South Africa: Source-area weathering and provenance. – *Geochim. Cosmochim. Acta*, 51, 2401–2416. Elmsford (New York).

Rare earth elements in aleuropelites of the Barrandian area

(Summary of the Czech text)

MAREK KUNDRÁT – FRANTIŠEK LEPKA

Received August 31, 1993

The increases in concentration of light rare earth elements (LREE) have been found in clay-silty shales of the Ordovician age compared with similar sediments of Upper Proterozoic, Cambrian and Silurian age. Rare earths are bound up in particular with the relatively varied association of phosphates. In addition to apatite it comprises the following groups of minerals and mineral matters, respectively:

1. REE-phosphates, empiric formula of those corresponds to monazite-(Ce) or rhabdophane-(Ce)
2. The analogical group of xenotime-(Y) and churchite-(Y), respectively
3. Phosphates of the crandallite group represented by the transitional members between florencite and goyazite
4. Insufficiently identified mineral matters with chemical composition close to the theoretical formula of some REE-phosphates and REE-phosphosilicates.

The above mentioned fine-grained phosphates and mineral matters are intimately intergrown with clay components of the shales characterized by the predominant role of illite. In accordance with characteristic features of the observed phosphates as habitus, intimate association with clay minerals and disordered dissemination of crystals variable in size, we may consider most of the phosphates to be authigenic.

Significantly different concentration of REE in selected groups of phosphates as well as varying quantity distribution of them within individual Barrandian formations affects differences in average contents of REE among aleuropelites of Ordovician age and of other stratigraphic systems. The Ordovician shales are characterized by the occurrences of authigenic rhabdophanes or monazites with high REE content. On the other hand for example Silurian shales contain considerable amounts of apatite and phosphates of the crandallite group with markedly lower concentration of REE.

The statistically tested distribution of REE in studied sediments noteworthy agree with the distribution of Th. The positive correlation has been determined between Th and LREE.

With the increasing number of information it has confirmed that the results verified for the Barrandian area meet with general acceptance and may be available for application to the similar sediments from various parts of the Bohemian Massif including slightly metamorphosed counterparts of them. It enables to take advantage of obtained mineralogical and geochemical results for the stratification of slightly metamorphosed undifferentiated Paleozoic complexes from various parts of the Bohemian Massif. In the paper, an example of a such application to the determination of stratigraphic position of well-known roofing phyllites from the Železný Brod crystalline complex is presented.

Přeložil M. Kunderát

Explanation of tables

Table 1. Average REE contents for the Barrandian shales (comparison with similar European and North-American Paleozoic shales).

Table 2. Chemical composition of monazite (rhabdophane)-(Ce). Stratigraphy and location of samples for mineral analyses: 1 – Jince (Jince Formation), 2 – Velká Chuchle (Bohdalec F.), 3 – Úvaly (Klabava F.), 4 – Kunratice near Prague (Třenice F., Klabava F.), 5 – Motol valley (Dobrotiv F.), 6 – Babka hill near Černošice (Želkovice F.), 7 – Hlásná Třebaň (Želkovice F.), 8 – Suchomasty (Litohlav F.); (4) N – number of researched thin sections. Analyses in tabs. 1–3 were carried out in the laboratories of the Research and Development Institut, Stráž pod Ralskem by M. Kunderát and T. Pálpán using EDX LINK-AN 10 000 connected with SEM CamScan-4DV.

Table 3. Chemical composition of xenotime (churchite)-(Y). Location and stratigraphy of samples for mineral analyses: 1 – Velká Chuchle (Bohdalec Formation), 2 – Úvaly (Klabava F.), 3 – Babka hill near Černošice (Želkovice F.), 4 – Suchomasty (Litohlav F.); (2) – number of researched thin sections.

Table 4. Chemical composition of florencite (including average empiric formula of the mineral). Location and stratigraphy of samples for mineral analyses: 1 – Týřovice (Jince Formation), 2 – Tlustovousy (Šárka F.), 3 – Motol valley (Dobrotiv F.), 4 – Třenice (Třenice F.),

5 – Beroun-Zdejcina road (Vinice F.), 6 – Úvaly (Klabava F.), 7 – Babka hill near Černošice (Želkovice F.); (5) – number of researched thin sections, – values not exceed the detection limit of microanalytical method (EDX, WDX). Analyses in tabs. 4–5 carried out using above described EDX and WDX MICROSPEC M-5 by M. Kunderát and T. Pálpán.

Table 5. Chemical composition of goyazite. All above presented analyses belong to shales sampled in the Motol valley (Dobrotiv F.). – values not exceed the detection limit of microanalytical method (EDX, WDX).

Table 6. Chemical composition of insufficiently identified mineral matters. Shales sampled in the locality of Kunratice near Prague only (1, 2, 3 – Třenice Formation, 4 – Klabava F.). Analyses carried out by H. Hájková using both EDX and WDX.

Table 7. Development of opinions on the stratigraphic position of roofing phyllites from the Železný Brod crystalline complex.

Table 8. Concentration of Ce, Th (in ppm) and selected petrogenic elements (in %) in chlorite-sericite and graphite-sericite phyllites of Silurian age (the Železný Brod crystalline complex).

Explanations of tabs. 8–10: ^a – analyses carried out in the laboratories of the Institute of Geology and Geotechnics, Prague using the method of mass spectrometry, ^b – analyses carried out in the laboratories of

the Research and Development Institut, Stráž pod Ralskem under the direction of S. Pošta using the method of neutron activation analysis, ^ε – analyses carried out in the same laboratories under the direction of R. Výmola using the method of X-ray spectral analysis.

Table 9. Concentration of Ce, Th (in ppm) and selected petrogenic elements (in %) in chlorite-sericite roofing phyllites from the Železný Brod crystalline complex.

Table 10. Concentration of Ce, Th (in ppm) and selected petrogenic elements (in %) in chlorite-sericite roofing phyllites from the Proterozoic complex of the West Bohemia.

Table 11. Expected range of Ce and Th contents for the Barrandian shales.

Explanation of text-figures

1. REE comparison diagram for the Barrandian shales of the Upper Proterozoic and Ordovician age, normalized to an ordinary North-American shale.

2. 2a – Total distribution diagram for REE and Th abundances in selected stratigraphic unit of the Barrandian area, 2b – light rare earth elements, 2c – heavy rare earth elements.

3. REE concentrations for monazite (rhabdophane) from the Barrandian shales.

4. Expected range of Ce and Th contents for the Barrandian shales and real variance for both of elements in phyllites from various parts of the Bohemian Massif. 1 – Upper Proterozoic Barrandian shales, 2 – Middle Cambrian Barrandian shales, 3 – Ordovician Barrandian shales, 4 – Silurian Barrandian shales, 5 – roofing phyllites from the Železný Brod crystalline complex (sampled localities: Jílové near Držkov, Radčice, Bratřkov – Jirkov, Těpeře), 6 – Proterozoic roofing phyllites from West Bohemia (Rabštejn near Manětín, Kožlany), 7 – Silurian phyllites from the Železný Brod crystalline complex (Poniklá, Koberovy). The solid lines define rectangular areas, which contents of Ce and Th with probability of 95 % will occur in.

Explanation of plates

Pl. I

1. Subhedral crystals of authigenic monazite-(Ce) or rhabdophane-(Ce) in silty claystone of the Klabava Formation. Kunratice near Prague. Uncovered thin section, back-scattered electron image (BEI) from the scanning electron microscope (SEM).

2. Elongate veinlet-like aggregate of monazite (rhabdophane), consisting of microscopic particles of the mineral. Sandy siltstone of the Klabava Formation. Kunratice near Prague. Uncovered thin section, SEM – BEI.

3. Mineral matter with chemical composition close to the theoretical

formula of monazite or rhabdophane with the characteristic veinlet-like structure. Kunratice near Prague. Uncovered thin section, SEM – BEI.

4. Elongate veinlet-like aggregate of amorphous goyazite filling interstices between quartz grains of the matrix. Sandy siltstone of the Dobrotivá Formation. Uncovered thin section, SEM – BEI.

Photomicrographs by VVÚ – M. Scharmová (1, 2), H. Hájková (3, 4)

Pl. II

1. Grain of subhedral florencite-(Ce). Sandy siltstone of the Vinice Formation. Uncovered thin section, SEM – BEI.

2. Corroded aggregate of monazite located parallelly to the foliation of quartz-phyllite laminae. Chlorite-sericite phyllite. Radčice. Polished section, SEM – BEI.

3. Tabular subhedral grains of monazite strongly elongated in shape is located parallelly to the bedding of the rock that is composed of chlorite (light grey), sericite and quartz (black). Chlorite-sericite phyllite from the Rašovský edge. Polished section, SEM – BEI.

4. Aggregate of several euhedral grains of monazite, growing on a lamina, consisting of chlorite (light grey) and sericite (grey). Poniklá. Polished section, SEM – BEI.

Photomicrograph by VVÚ – H. Hájková (1), M. Kunderát (2, 3, 4)

Pl. III

1. Aggregate of Th-monazite being of probably allothigenic origin is located perpendicularly to the foliation of the rock. The aggregate is flown round by the quartz-phyllite matrix. Chlorite-sericite phyllite. Radčice. Polished section, SEM – BEI.

2. X-ray distribution maps of certain elements within the area corresponding to the electron image of the proceeding photograph. Fe indicates the presence of Fe-chlorite, K indicates the presence of sericite, Si indicates the presence of quartz.

3. Mechanically disturbed crystal of apatite with indications of subhedral habitus. Minute aggregate of amorphous monazite is located at the rim of the disturbed apatite crystal. Flakes of chlorite (Ch) and sericite are surrounded by quartz (Kr) and albite. Chlorite-sericite phyllite. Poniklá. Polished section, SEM – BEI.

4. Minute aggregate of florencite (P) composed of subhedral crystals with not very observable zonal structure is located together with Fe-oxides in carbonate-phyllite lamina. Carbonaceous shale. Koberovy. Polished section.

Photomicrographs by VVÚ – M. Kunderát

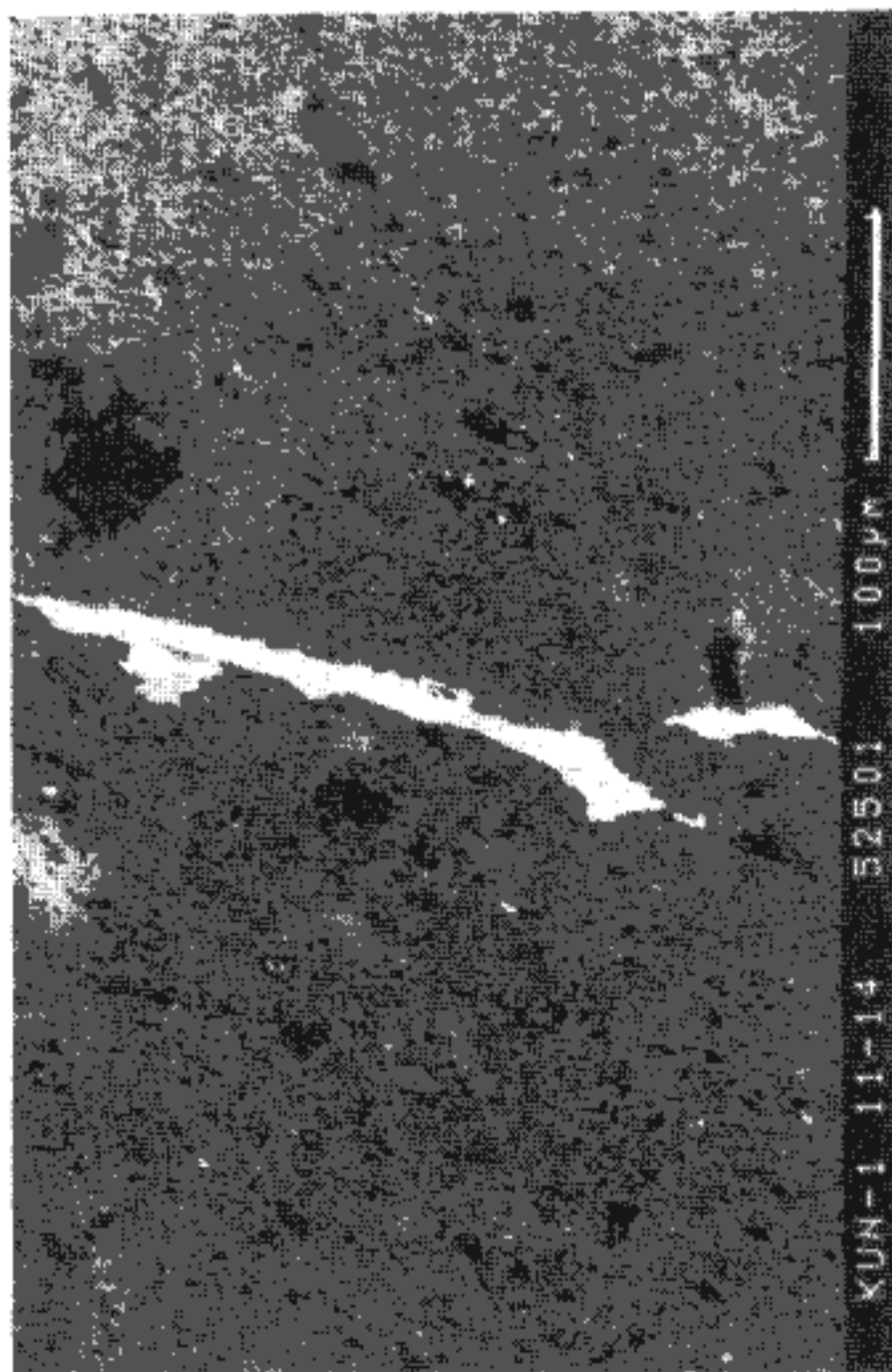
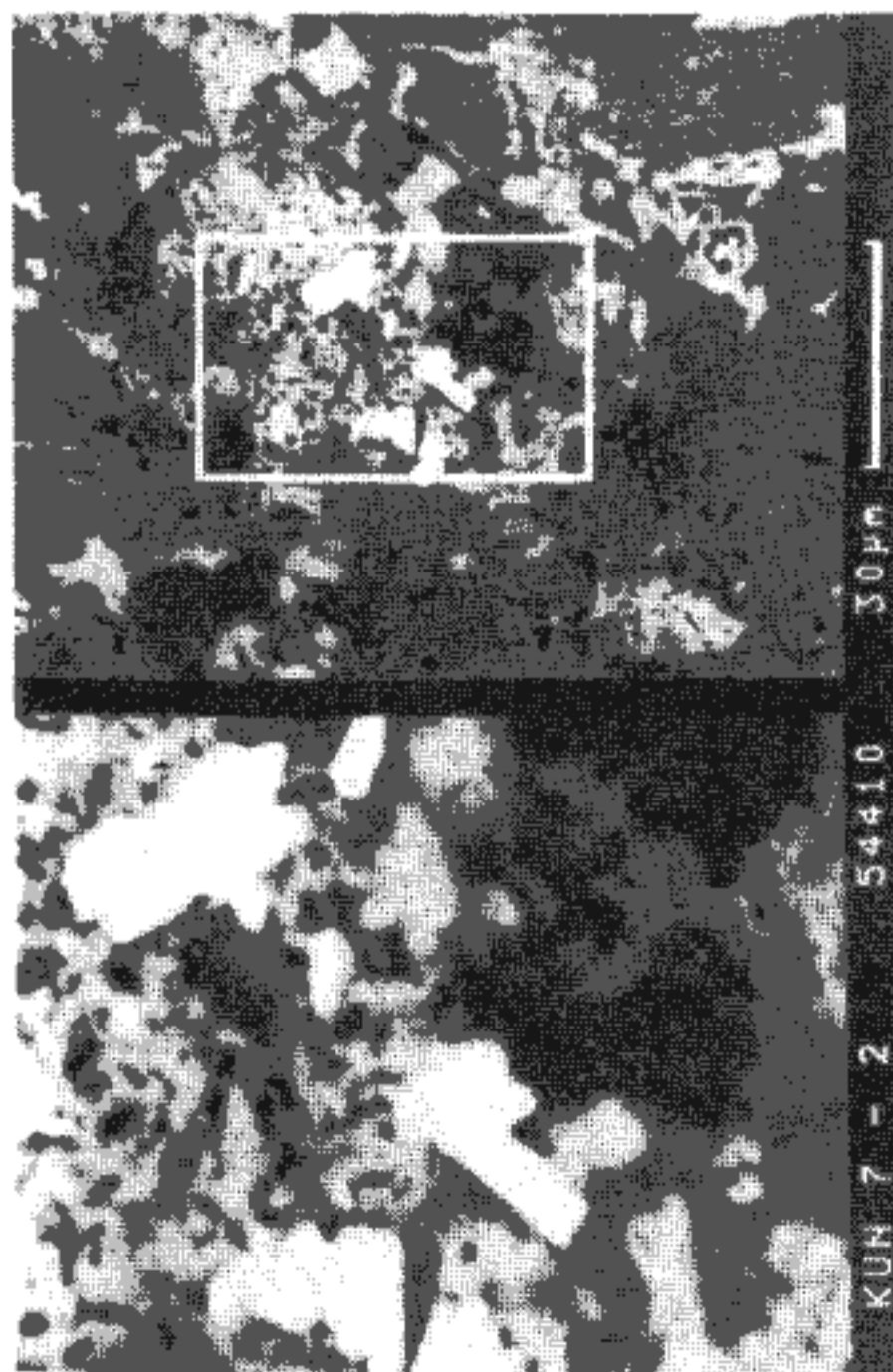
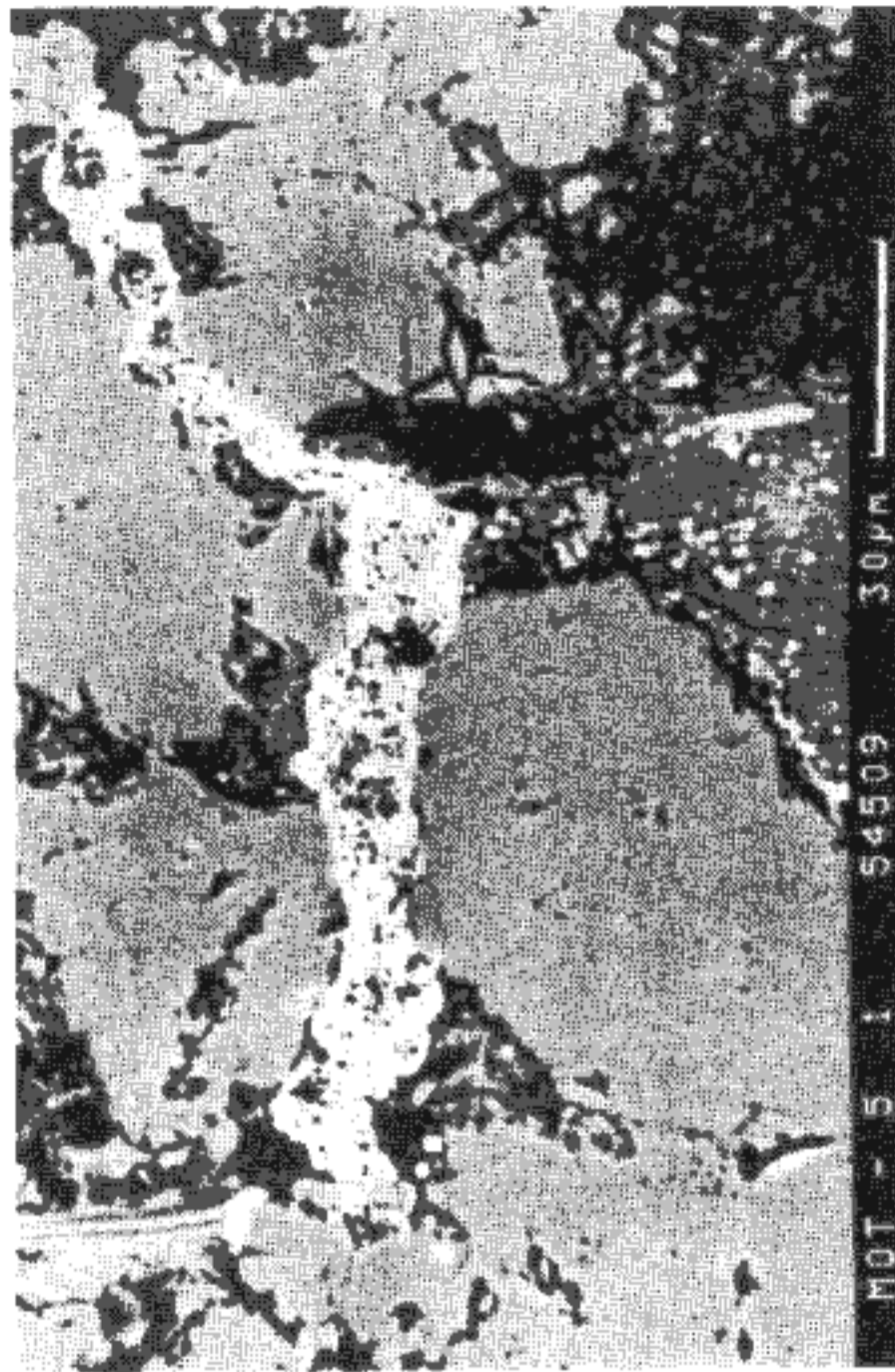
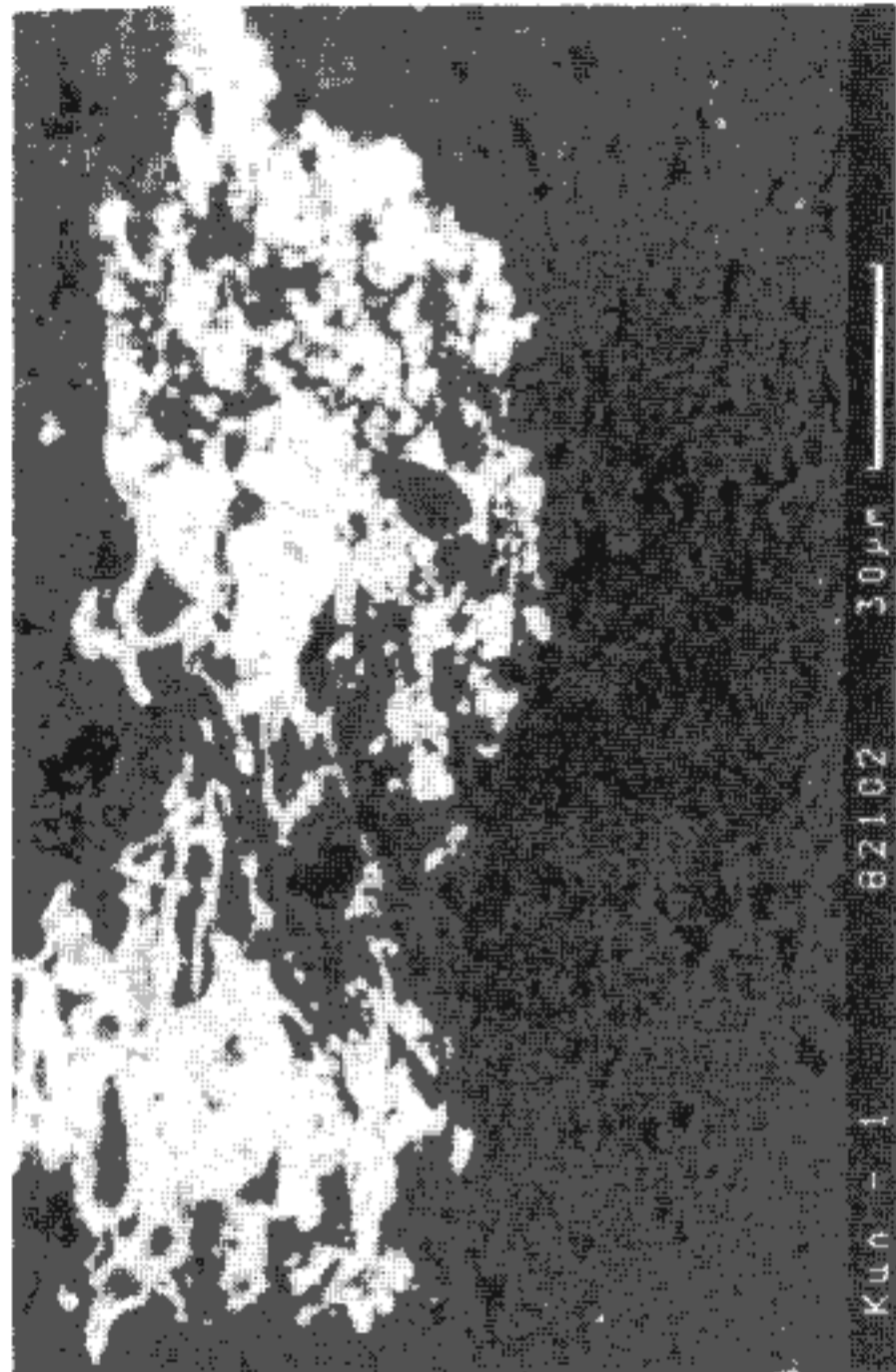
Pl. IV

1. Mechanically disturbed aggregate composed of crandallite group minerals is elongated according to the rock foliation. Poniklá. Polished section, SEM – BEI.

2. EDX spectrum of crandallite from chlorite-sericite phyllite of the Poniklá Group. Poniklá (stream bed of the Jizera river). Polished section.

3. EDX spectrum of goyazite from chlorite-sericite phyllite of the Poniklá Group. Poniklá (stream bed of the Jizera river). Polished section.

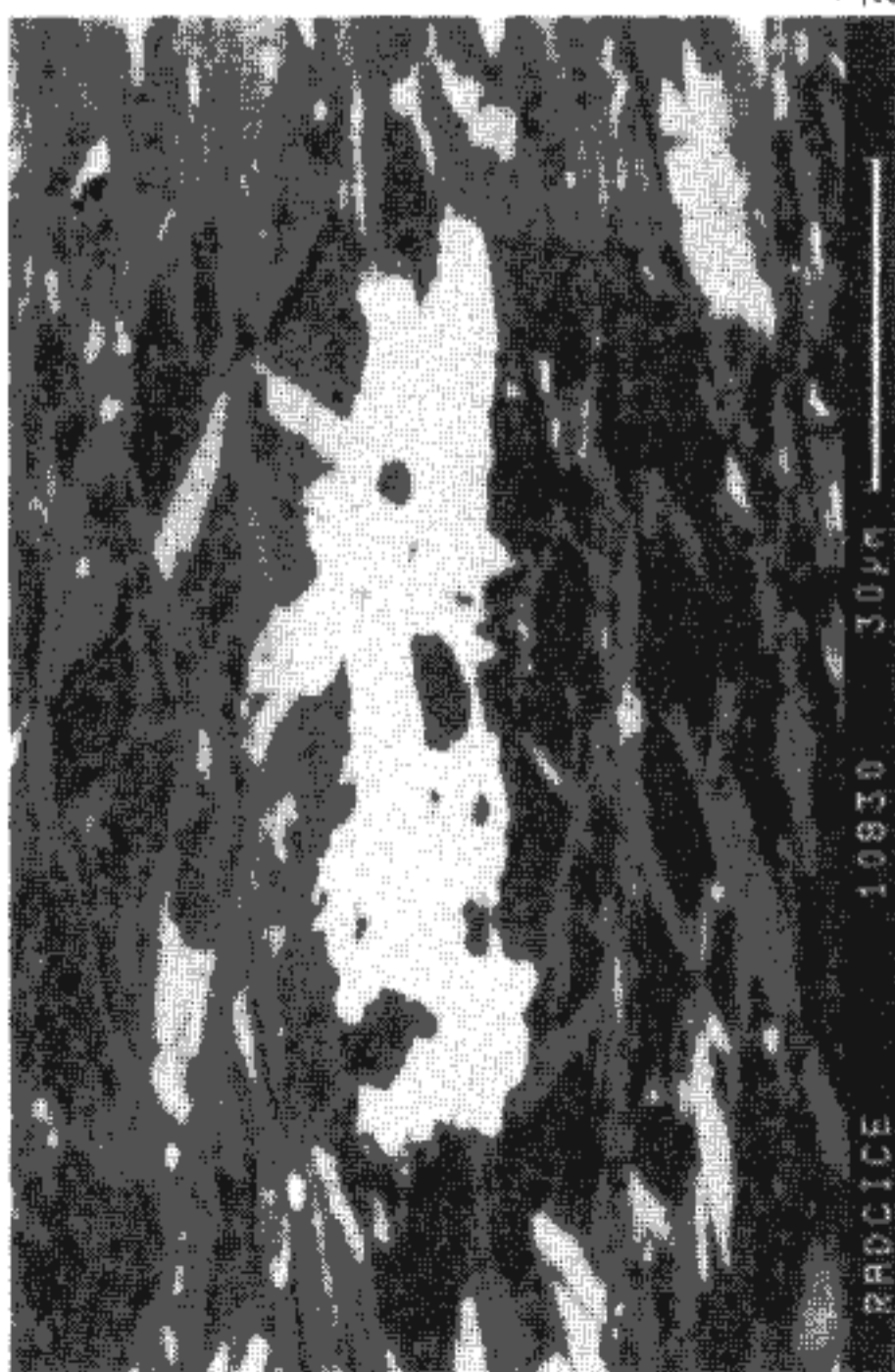
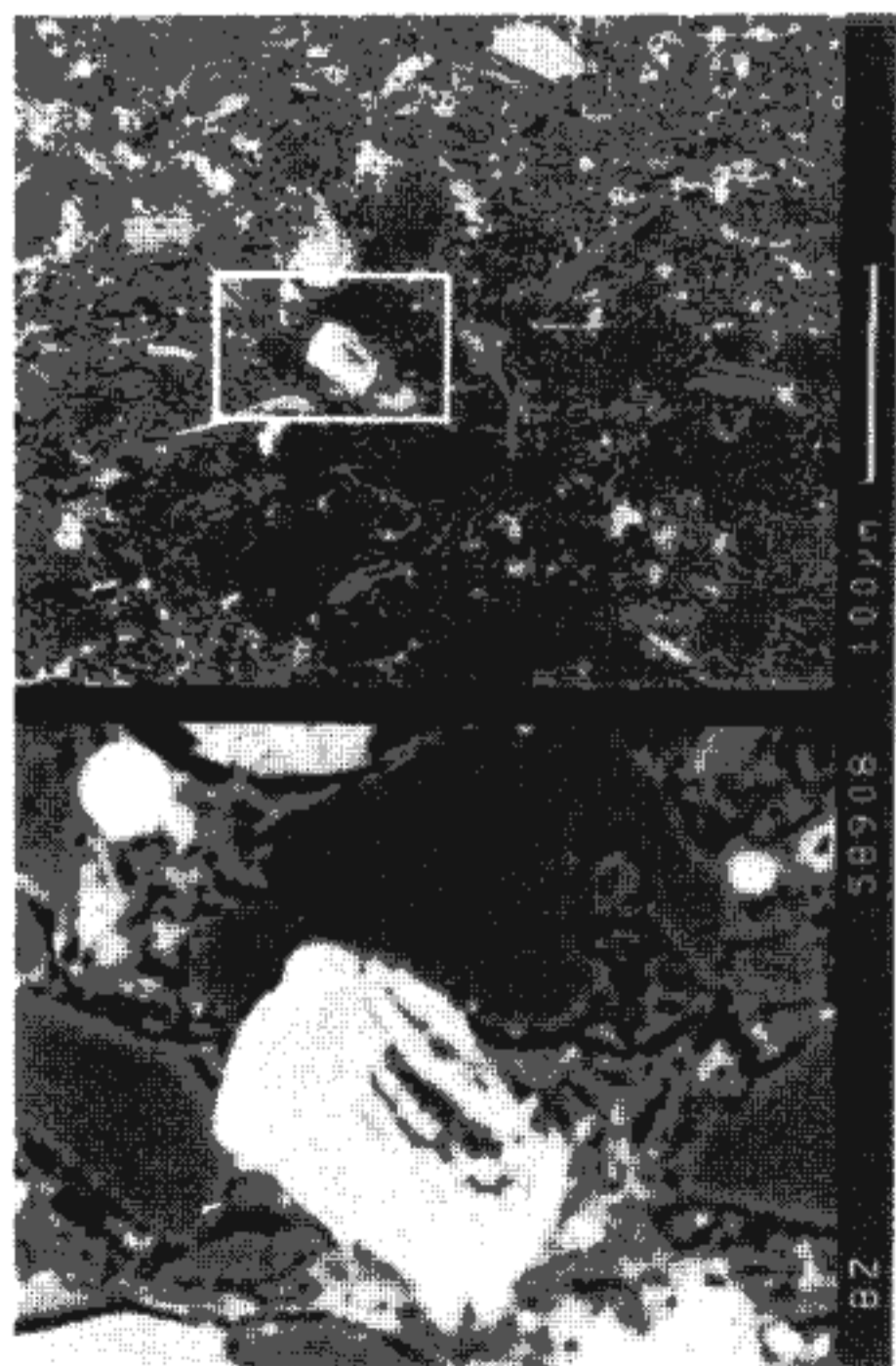
Photomicrographs by VVÚ – M. Kunderát



113
214

1. Hypautomorfně omezené krystalky autigenního monazitu-(Ce) nebo rabdofánu-(Ce) v prachovitém jílovcí klabavského souvrství. Kunratice u Prahy. Odkrytý výbrus, SEM – odražené elektrony.
2. Protáhlý žilkovitý útvar monazitu (rabdofánu), složený z mikroskopických částic minerálu. Písečný prachovec klabavského souvrství. Kunratice u Prahy. Odkrytý výbrus, SEM – BEI.

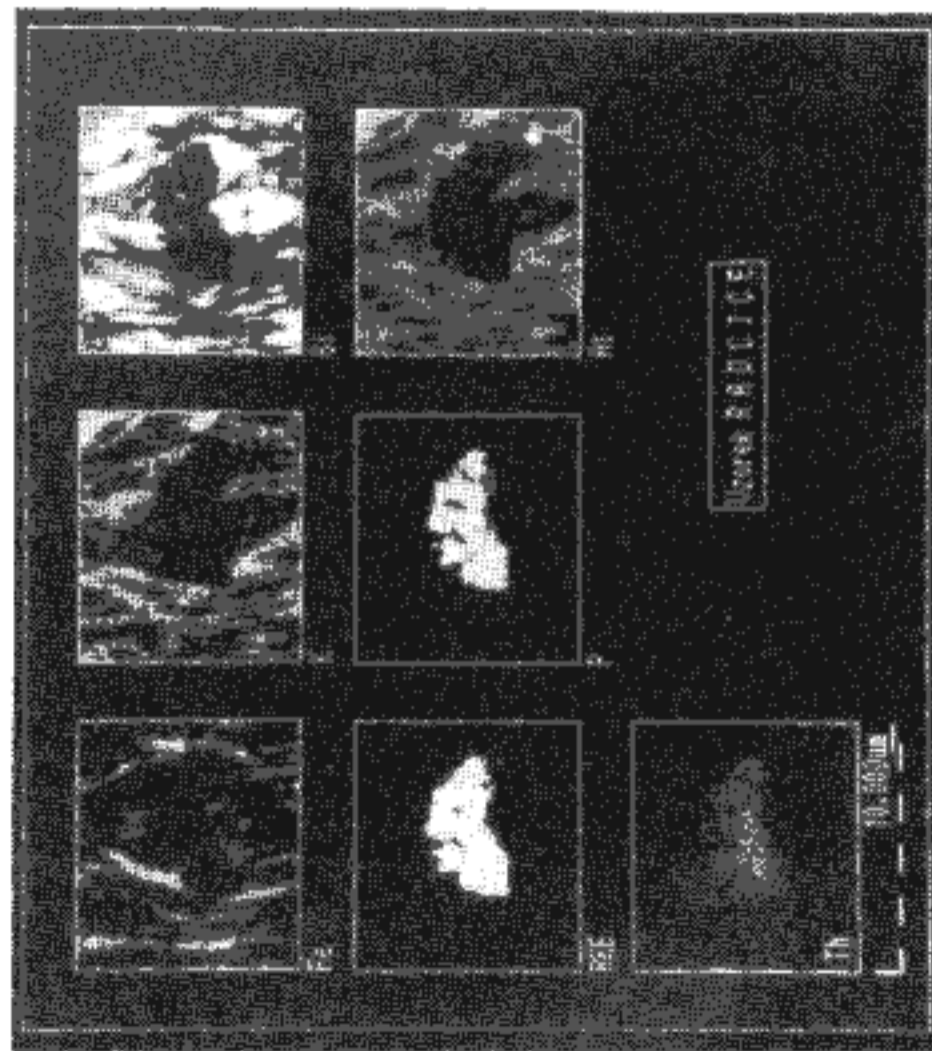
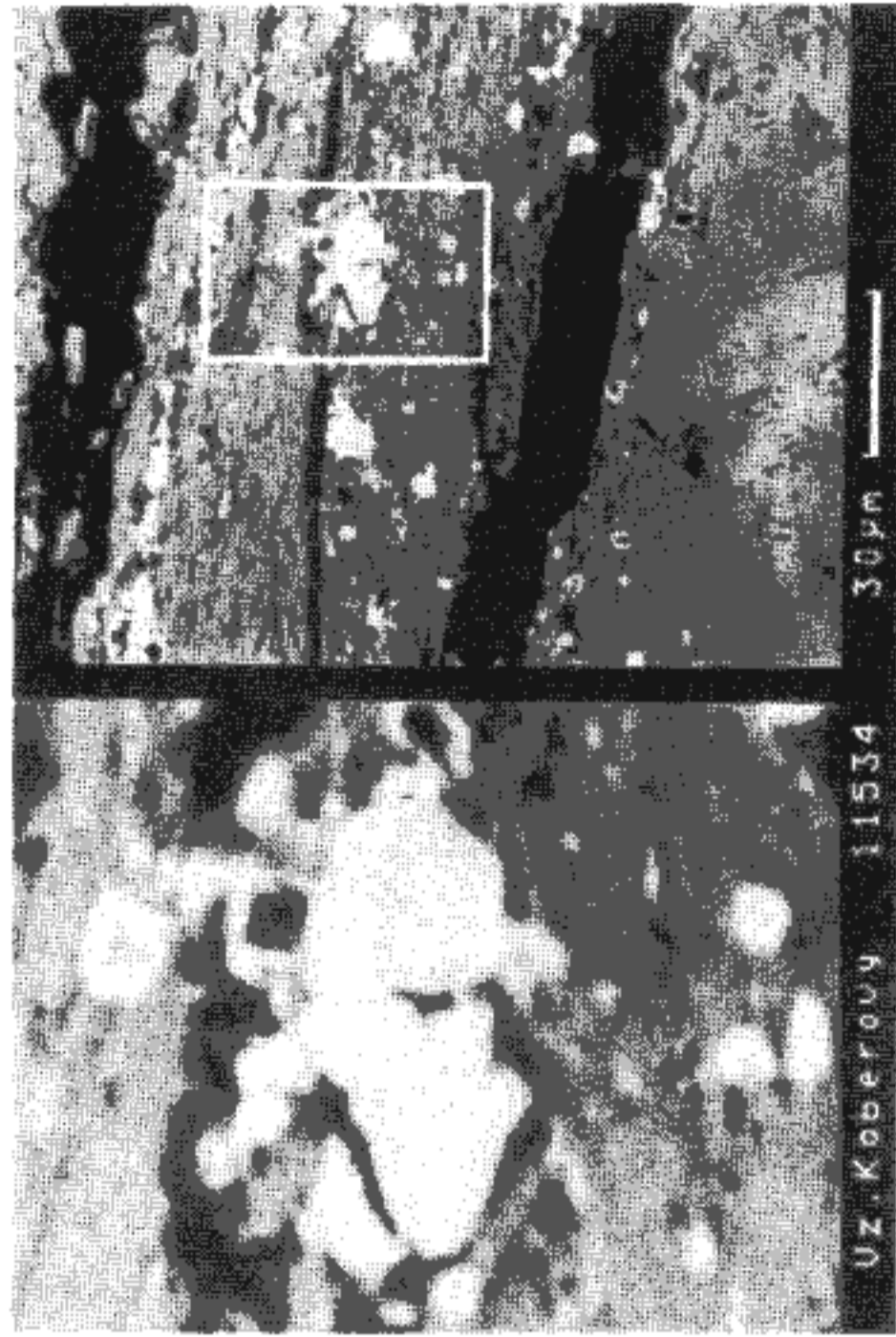
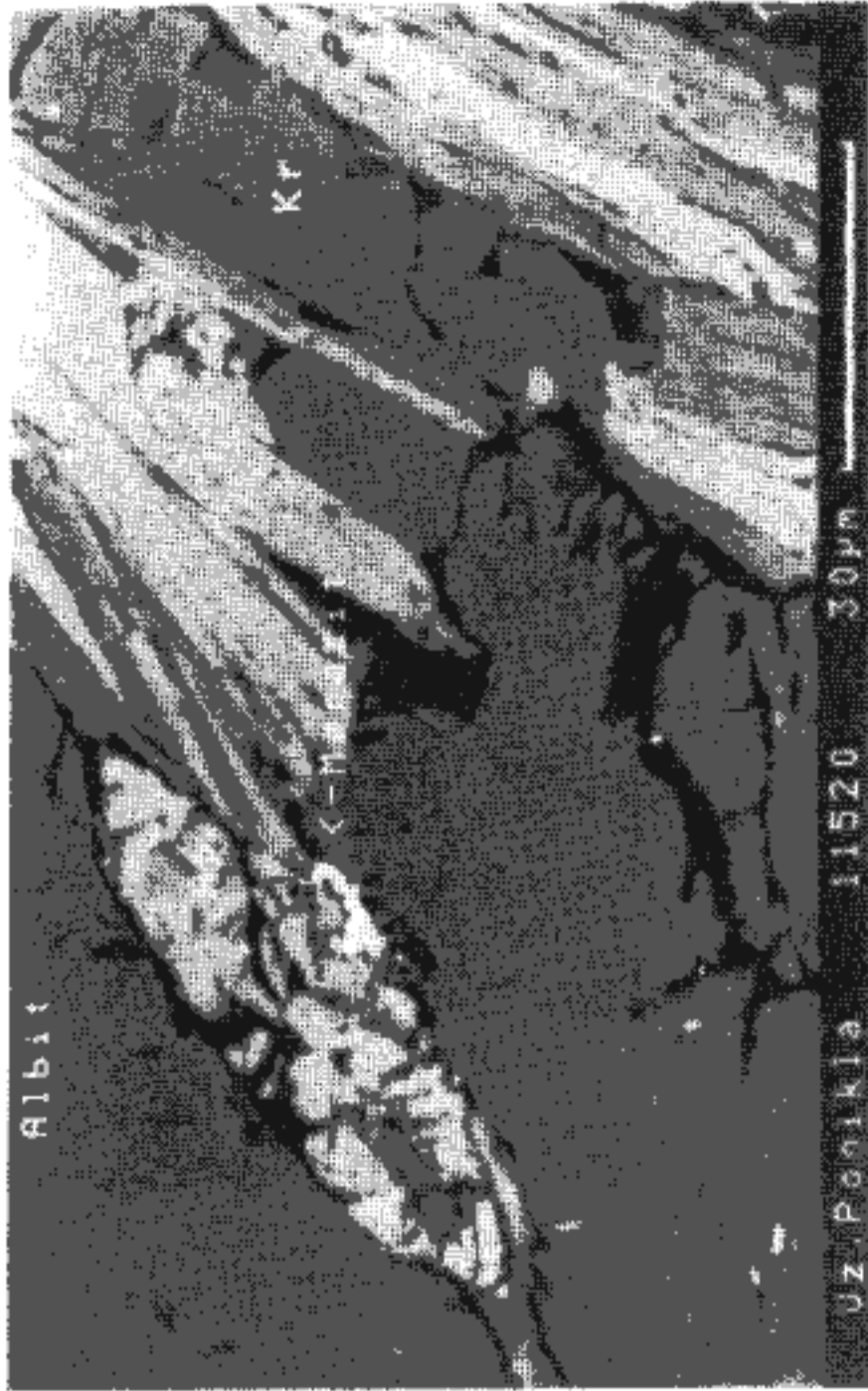
3. Minerální hmota metakoloidní povahy s chemismem blízkým složení monazitu nebo rabdofánu a charakteristickou nehomogenní stavbou. Jílovitá břidlice třenickeého souvrství. Kunratice u Prahy. Odkrytý výbrus, SEM – BEI.
4. Žilkovitý útvar amorfního goyazitu, vyplňující intergranulární prostory v základní křemenné hmotě horniny. Písečný prachovec dobrotivského souvrství. Motolské údolí. Odkrytý výbrus, SEM – BEI. *Foto VVÚ, Stráž p. Ralskem – M. Scharmová(1, 2), H. Hájková*



1/3
2/4

1. Zrno florencitu s náznakem krystalového omezení. Písečný prachovec vinického souvrství. Sílnice Beroun-Zdejcina. Odkrytý výbrus, SEM – BEI.
2. Zatlačovaný (?) agregát monazitu, uložený paralelně s foliací křemen-fylosilikátových lamin horniny. Chlorit-sericitický fylit. Radčice. Leštěný nábrus, SEM – BEI.
3. Tabulkovité, hypidiomorfně omezené zrnno monazitu, silně protažené a paralelně uložené

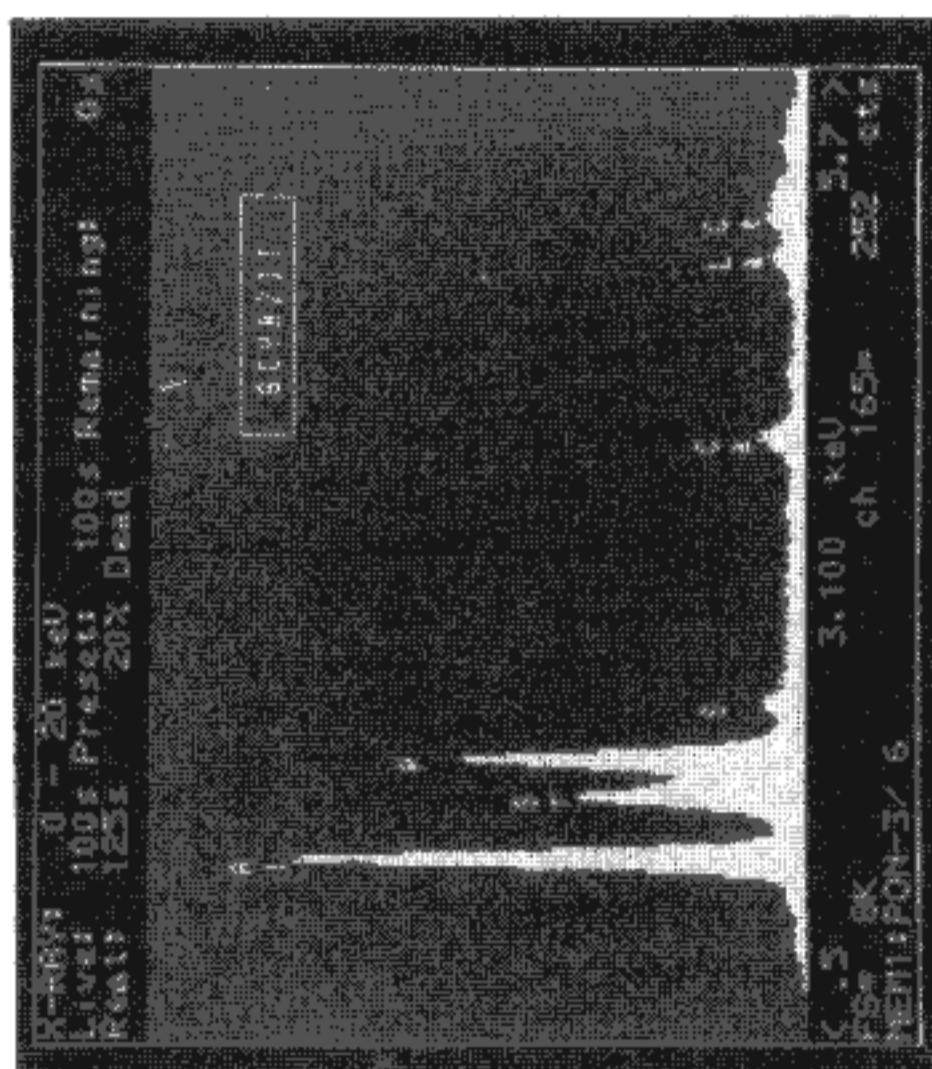
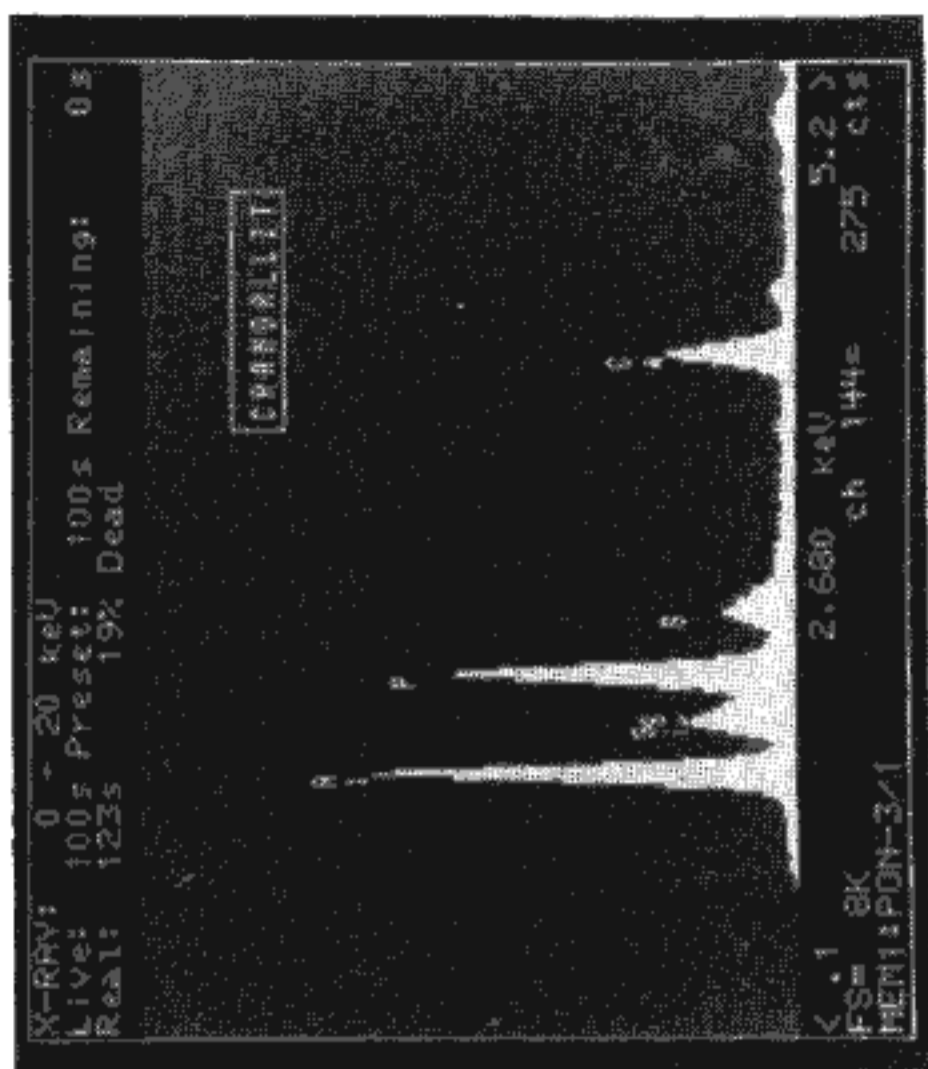
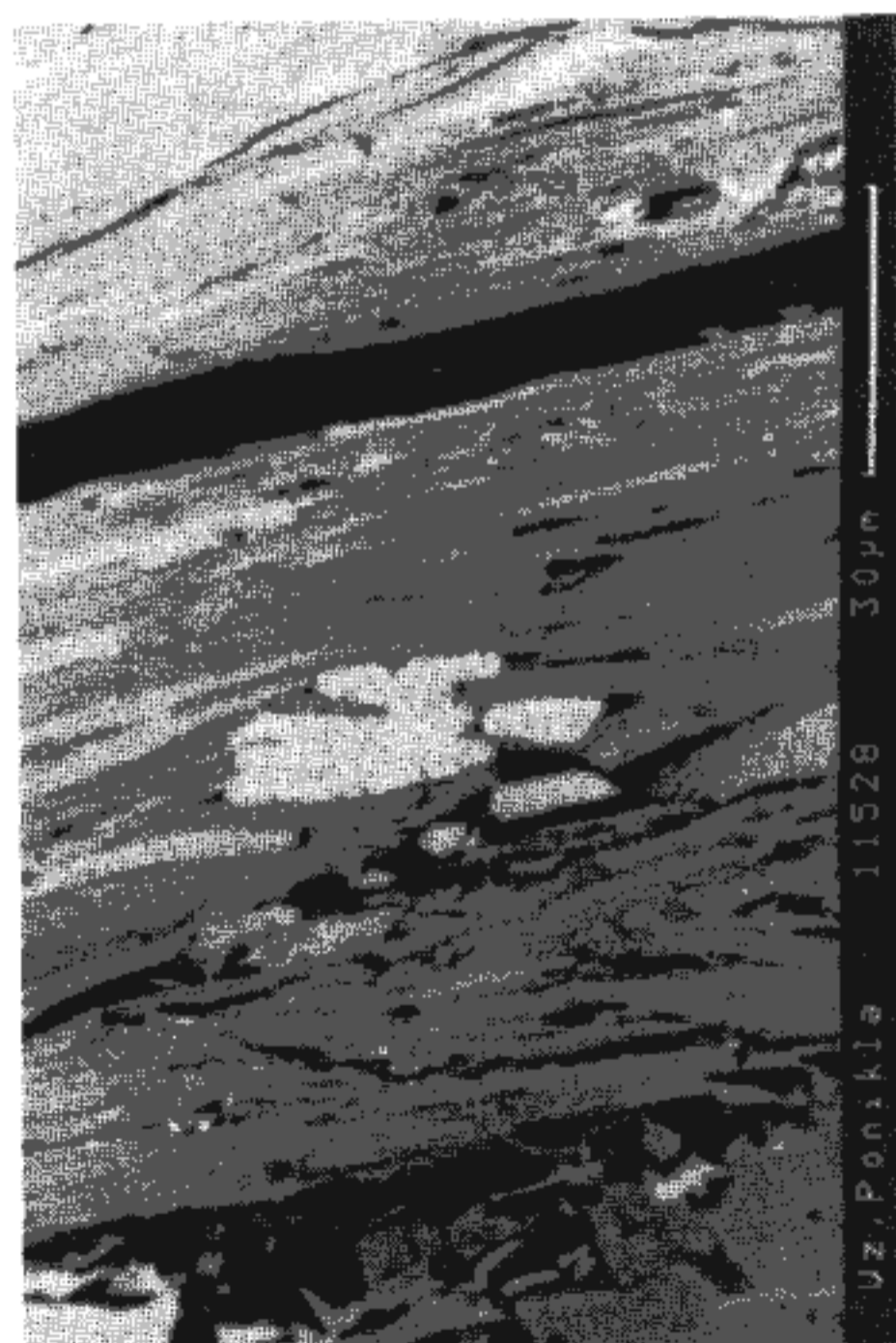
- ve směru foliace horniny, tvořené zejména chloritem (světle šedý), sericitem a podřízeným křemenem (černý). Chlorit-sericitický fylit. Rašovský hřeben. Leštěný nábrus, SEM – BEI.
4. Agregát několika zrn monazitu kosočtvercového průřezu s dokonalými krystalovými tvary, který narůstá na laminu, tvořenou chloritem (světle šedý) a sericitem (šedý). Poniklá. Leštěný nábrus, SEM – BEI. Foto VVÚ, Stráž p. Ralskem – H. Hájková (1), M. Kundrát (2, 3, 4)



a sericitu jsou obklopeny křemencem (Kr) a albitem. Chlorit-sericitický fylit. Pomiklá. Leštěný nábrus, SEM - BEI.
 4. Drobný agregát florencitu (P) s hydiomorfním omezením jednotlivých zrn a příznaky zonální stavby. Společně s Fe-oxidy je uložen v karbonát-fylosilikátové lamině. Karbonátický chlorit-sericitický fylit. Koberovy. Leštěný nábrus, SEM-BEI.

1. Anomálně kolmo k foliaci horniny uložený agregát pravděpodobně allogenního Th-monzitu, „obtékaného“ křemem-fylosilikátovou základní matrix horniny. Chlorit-sericitický fylit. Radčice. Leštěný nábrus, SEM - BEI.
 2. Rtg. plošné distribuce vybraných prvků v ploše, odpovídající elektronovému obrazu na předchozím snímku. Fe indikuje přítomnost Fe-chloritu, K sericitu a Si křemene.
 3. Mechanicky porušený krystal apatitu (Ap) s náznakem typického špačkovitého habitu. Na okraji rozdráceného apatitu je drobný útvar monazitu (rabdořánu). Šupinky chloritu (Chl)

Foto VVÚ, Stráž p. Ralskem - M. Kunderát



$$\frac{12}{3}$$

1. Mechanicky porušený agregát minerálů ze skupiny crandallitu, protažený ve směru foliace hominy (průběhu fylsilikátových lamin). Poniklá. Leštěný nábrus, SEM - BEI.
2. Příklad EDX spektra crandallitu z chlorit-sericitického fylitu ponikelské skupiny. Poniklá, řečiště Jizery. Leštěný nábrus.
3. Příklad EDX spektra goyazitu z chlorit-sericitického fylitu ponikelské skupiny. Poniklá, řečiště Jizery. Leštěný nábrus.

Foto VVÚ, Stráž p. Ralskem - M. Kundrát

Sborník geologických věd	Geologie 48	Str. 19–46	15 obr.	2 tab.	– přil.	ČGÚ Praha 1998	ISBN 80-7075-256-4 ISSN 0581-9172
-----------------------------	----------------	---------------	------------	-----------	------------	-------------------	--------------------------------------

Paleogeografie terciérních sedimentů severočeské pánve

Palaeogeography of the Tertiary sediments of the North Bohemian Basin (Czech Republic)

ANTONÍN ELZNIC¹ - ZDENA ČADKOVÁ² - PAVEL DUŠEK³

Předloženo 3. září 1993

1 : 50 000: 02-31, 02-32, 02-33, 02-34, 12-11, 12-12

Key words: Bohemian Massif, Tertiary, North Bohemian Brown Coal Basin, Geochemistry, Palaeogeography, Stratigraphy

ELZNIC, A. - ČADKOVÁ, Z. - DUŠEK, P. (1998): Paleogeografie terciérních sedimentů severočeské pánve. – Sbor. geol. Věd, Geol., 48, 19–46. Praha.

Výťah: Intenzivní geologický výzkum začal v severočeské hnědouhelné pánvi od padesátých let, počínaje přehodnocením stáří tzv. „žateckých vrstev“. Následně studované deltové sedimenty na Bílinsku a Mostecku bylo možné považovat za synchronní s tělesem žatecké delty.

Dosud stále chybí všeobecně přijatelný ucelený názor na paleogeografický vývoj pánve a stratigrafické výzkumy prozatím neposkytly ani jednotné obecně využitelné schéma. Faciální pestrost a vzájemné zastupování sedimentů neumožňují vytyčit jednoznačné biostratigrafické korelační zóny s regionální platností po celém území pánve.

Výsledky předkládané studie opíráme o komplexní výzkum složení pánevních sedimentů z hlediska mineralogického, petrografického a dominující roli přisuzujeme modernímu výzkumu regionálně geochemickému. V neogenních pánevních sedimentech se podařilo vymezit dva komplexy, jejichž rozhraní ukazuje na zásadní zvrát v paleogeografickém vývoji, způsobený změnou snosných oblastí. Rozhraní mezi komplexy se projevuje místy ostře, místy usazením několik metrů mocných přechodových vrstev. Vymezené rozhraní probíhá napříč komplexem sedimentů pánve, a to jak v jezerních sedimentech, tak v uhelné slouji. Deltové komplexy (žatecký a bílinský) se v sedimentaci pánevních usazenin uplatňují teprve po změně snosných oblastí.

Výrazně vyvinuté rozhraní, sledovatelné po celé pánvi, umožnilo vytvořit její paleogeografický obraz v době změny snosných oblastí. S využitím nových zjištění paleomagnetického výzkumu v mostecké části pánve byla od tohoto základního paleogeografického obrazu odvozena řada paleogeografických skic, které podávají ucelený pohled na vývoj sedimentace pánve v pravidelných časových intervalech. Nové jsou, mimo jiné, také představy o generelní časové migraci, zejména uhelné sedimentace, ve směru z centrální části Mostecká jak k V, tak zejména k Z, resp. k JZ.

¹Duchcovská obchodní společnost, spol. s r. o., Sokolská 228, 417 05 Osek u Duchcova

²Na mlejniku 28, 140 00 Praha 4

³Český geologický ústav, Klárov 3/131, 118 21 Praha 1

Úvod

Studii věnujeme památce významného českého geochemika RNDr. Josefa Čadka, CSc., který se k otázkám paleogeografie severočeské pánve dostal už na samém začátku své badatelské dráhy. Posledních více než deset let svého života věnoval, mimo jiné, regionálnímu geochemickému výzkumu sedimentů severočeské hnědouhelné pánve.

Josef Čadek dokázal spojit výsledky svého někdejšího poznání s novým, moderním výzkumem pánevních sedimentů a dovést je až do konečného stadia, které umožňuje vytyčit jednoznačné a dlouho hledané korelace.

Je nám líto, že mu osud nedopřál být nadále s námi a být při tom i v závěrečných fázích, kdy lze konečně uplatnit výsledky teoretických poznání v geologické praxi, v řešení otázek paleogeografie a stratigrafie severočeské pánve. O tuto činnost se vždy živě zajímal.

Práce shrnuje výsledky zhruba tří desítek let studií sedimentů severočeské pánve; přihlíží rovněž k novým poznatkům o jejich litologickém a faciálním vývoji. Nakonec se podařilo promítnout všechny poznatky do nových závěrů a pohledů na stratigrafický, paleogeografický a ložiskový vývoj pánve.

Chceme-li zkonstruovat ucelený obraz paleogeografického vývoje a vymezit rysy hlavních etap tohoto vývoje, potřebujeme získat co nejúplnější a co nejpodrobnější poznatky ze sedimentologie. Je třeba rovněž mít dokonalé a jednoznačně definované vůdčí horizonty, pokud možno s celopánevní platností. Obojího se, prozatím a v plné míře, dosud nedostávalo.

Současný stav znalostí

Geologií severočeské hnědouhelné pánve se v poslední době zabývala dvě kompendia. V obou je podán ucelený přehled současného stavu znalostí. Starší z prací je kolektivním dílem mnoha pracovníků nejrůznějších geologických oborů a opírá se spíše o výsledky základního geologického výzkumu pánve (MALKOVSKÝ et al. 1985). Druhou práci napsali pro potřeby celostátní geologické konference pracovníci dlouhodobě se zabývající řešením praktických geologických otázek spojených s báňskou činností v pánvi (BRUS - ELZNIC - HURNÍK - ZELENKA 1987). Při porovnání obou děl dospějeme k závěru, že se sice liší v přístupu k některým problémům, ale z věcného hlediska

nedochází k zásadním rozporům nebo anomáliím. V obou kompendiích převládají kapitoly popisující poznatky, které ukazují na relativně vysokou úroveň sedimentologických znalostí. Naopak v zevšeobecňujících kapitolách, či ve státech, které sedimentologické výzkumy shrnují do trojrozměrných představ, je znát určitý rozdíl a nedostatky vyplývající z nedořešení některých problémů. Občas chybí přesvědčivé argumenty, některá tvrzení mají spíše spekulativní charakter a opírají se o závěry používané v báňsko-geologické praxi. Nejvíce se nedostává spolehlivých korelačních kritérií, a vůdčím vrstevním jevem sedimentární výplně pánve je hlavní hnědouhelná sloj, již se přiznává rámcová izochronie.

Až donedávna se všichni geologové přikláněli k názoru, že sedimentace pánevního komplexu se vyvíjela ve třech fázích (etapách). Nejstarší fáze se většinou ztotožňuje s tvorbou podslojových sedimentů. V době jejich vzniku se do pánve dostávaly především přeplavené zvětraliny starších geologických útvarů z blízkého okolí. Závěrem se vytvořila rozsáhlá plochá jezerní sedimentační oblast, která pozvolna přecházela do druhé fáze vývoje, kdy převládala rašeliniště a uhlotvorné močály. Na Žatecku a Bílinsku se vytvářela sedimentační prostředí, která měla charakter delt malých řek, které se čas od času opakovaně rozšiřovaly na území uhlotvorných močálů. Třetí fáze vývoje v současném denudačním zbytku pánve se spojuje se sedimentací jezerních pelitů. Na Bílinsku se v tomto období předpokládá progradace delty spojená s usazováním psamitů.

Paleontologický výzkum pánve má dávnou historii. O zásadní pokrok ve stratigrafii pánve se zasloužil PROCHÁZKA (1954), když na základě paleobotanického výzkumu přeřadil tzv. žatecké vrstvy z oligocénu do miocenu a postavil je na úroveň pánevních sedimentů v mostecké části pánve. Od této doby se těžiště novodobého paleobotanického výzkumu soustřeďuje spíše na hodnocení souborů makroflor a pylových spekter v závislosti na litologickém vývoji pánevních sedimentů. Např. HURNÍK (1961) rozlišil v nadložním souvrství na Mostecku 5 typů paleofloristických společenstev a v bílinské deltě 4 skupiny asociací. Názory potvrdili KVAČEK a BŮŽEK (1982) a navíc zhodnotili na dvě stovky lokálních souborů flóry v patnácti hlavních typech rostlinných společenstev a na základě paleontologického obsahu odhadli jejich časové vztahy. Stratigrafické využití paleofloristického výzkumu je obtížné zejména s ohledem na lokální vývoj flóry, občasné přestávky v sedimentaci a v neposlední řadě i na oscilaci klimatu.

Naděje vyvolává moderní zoopaleontologický výzkum zejména drobných savců a měkkýšů (ČTYROKÝ - FEJFAR - HOLÝ 1964), který může významně přispět k biostratigrafickému korelačním závěrům. Mnohá někdejší naleziště fauny na Pětipesku, Žatecku aj. nejsou moderně zpracována tak, aby je bylo možno korelovat s lumachelovými jílovci na dole Čs. armády u Mostu a s podobnými horninami u Kralup a Ahníkova na Chomutovsku či dokonce s travertinovými vápenci u Tuchořic. Shrnutí přínosu paleontologie pro poznání severočeské pánve zahrnuje monografie MALKOVSKÉHO et al. 1985 (str. 219–260).

Ve stratigrafii severočeské pánve se plně odráží skutečnost, že se až dosud nepodařilo definovat indexové fosilie

využitelné pro korelace. Když se rýsovala možnost považovat některou z fosilií za vůdčí, objevily se nejasnosti a obtíže s korelacemi stratotypového profilu stupňů akvitán a burdigal ve Francii s oblastmi ve střední Evropě. Někteří paleontologové dávají proto přednost označování stáří pánevních souvrství či vrstev podle nomenklatury regionálních stupňů miocenu v Karpatech a ve střední Parathetydě.

Už od nejstarších dob Jokélyho v polovině minulého století se dnešní miocenní sedimenty severočeské pánve rozpadaly na tři stupně i přesto, že žatecká část pánve byla jako celek dlouho pokládána za oligocenní. Rovněž v klasické části pánve na Mostecku a Teplicku se komplex pánevních sedimentů členil na 3 části (vrstvy, souvrství či série). Po revizi stáří (PROCHÁZKA 1954) jsou někdejší žatecké vrstvy členěny do tří sérií (podložní, slojové a nadložní) a slojová série je členěna na dalších pět částí z nichž tři mají slojový charakter a jsou označovány jako spodní, střední a svrchní slojové vrstvy (souvrství). Další zásahy do stratigrafie následně v podobě detailnějšího členění a zejména nomenklatury provedli VÁNĚ (1957), HURNÍK - MAREK (1962), VÁCL - MALKOVSKÝ (1962) a znovu VÁNĚ (1972). Věcné a formální námítky podal ELZNIC (1964 a 1973), návrh na přejmenování jednotek podle místních názvů podal později DOMÁCÍ (1977). Z Elznicova návrhu se ujala pouze nově definovaná jednotka (lomské souvrství), nepovšimnut zůstal návrh na úpravu hranic mezi jednotlivými členy stratigrafické tabulky. Už tehdy totiž bylo možno vyjádřit závěr, že nejstarší jednotka pánevních sedimentů se zužuje na vrstvy splachů naspodu a naopak na následující jednotku v níž dominuje uhelná sedimentace je třeba se dívat širěji, a to nejen v územích delt (žatecké a bílinské). Vývoj této jednotky je velice pestrý a závislý na vertikálním i horizontálním střídání rozdílných sedimentačních prostředí. Podle tohoto hlediska se pánev rozpadá na několik dílčích územních celků různé rozlohy. Některé z nich, byť spolu vzájemně nesousedí, mají stejný vertikální sled sedimentačních prostředí a tedy stejnou stratigrafii. Nejvíce dílčích územních jednotek se hromadí na území obou delt (žatecké a bílinské) a v jejich sousedství. Rozdělení pánve na řadu dílčích území s vlastním stratigrafickým sledem vysvětluje skutečnost, proč nelze stávající členění (PROCHÁZKA 1954) použít na celém Žatecku, Pětipesku, event. na Chomutovsku. Bez výhrad totiž platí jen v dílčím území na kterém bylo stanoveno (v širším okolí Března u Chomutova). V sousedících územích je uplatňováno s menšími či většími těžkostmi a ve vzdálenějších jsou obtíže zpravidla nepřekonatelné.

Všechny nedostatky a problémy se stratigrafickým členěním pánevních sedimentů se snažil vyřešit kolektiv pracovníků výzkumu i praxe A. Elznic, E. Fišera, S. Hurník, J. Václ pod vedením M. Malkovského v roce 1986. Navržené neformální litostratigrafické členění komplexu pánevních sedimentů postrádá jakékoliv napojení na chronostratigrafii evropského neogenu, je však použitelné při veškeré geologické činnosti v pánvi. Základem členění jsou vrstvy (podložní, spodní písčitojílovité, hlavní uhelná sloj, svrchní písčitojílovité a nadložní vrstvy), které se dále člení na horizonty, hlavní uhelná sloj na lávky, lávky příp. na polohy. Navržené členění respektuje odlišnosti ve vývoji sedimen-

tace v šesti dílčích částech pánve (na Chomutovsku, Mostecku, Teplicko-Ústecku, Bílinsku, Pětipesku a Žatecku).

Názory na paleografii sedimentů severočeské pánve ovlivnil za posledních několik desítek let nejvíce J. ČADEK (1964). Při studiu obsahu těžkých minerálů v terciérních psamitech především na území žatecké a bílinské delty, ale také ve středních a západních Čechách prokázal spojitost pánve s dalšími výskyty neogenních sedimentů Českého masivu. Význam jeho práce spočívá rovněž v určení provenience materiálů přinášených do pánve, v určení snosných oblastí a hlavních směrů přínosu. Typická přítomnost sillimanitu a andalusitu umožnila vzájemně korelovat psamity na Žatecku s podobnými horninami na Bílinsku, ale i s územími v předpolí obou delt (žatecké a bílinské), s územími separátních pánviček v Českém středohoří např. u Mukova a Měrunic na Bílinsku a u Nečich na Lounsku. Z výsledků poněkud zapadla naznačená možnost odtoku z pánve v. od Jirkova.

V tehdejší době byl J. Čadek značně ovlivněn názory na stratigrafické členění pánevních sedimentů na Žatecku, jak je podali VÁCL a MALKOVSKÝ (1962). Podle jejich názoru dosahuje podložní souvrství v centrální části žatecké delty mimořádných mocností až přes 175 m. V území na JV od Žatce popisují převážně psefitický charakter sedimentace s nepravidelným faciálně proměnlivým uložením a s častým diagonálním a křížovým zvrstvením a sedimenty psefitického rázu na Žatecku jednoznačně zařazují do souvrství podložních jíly a písků a porovnávají je s podložními jíly ve východní, mostecké části pánve.

Z výsledků studia těžkých minerálů ČADKA (1964) vycházejí paleogeografické mapky severočeské pánve (zejména ELZNIC 1970, ČADEK - ELZNIC in MALKOVSKÝ et al. 1985). Mapky se také opírají o podrobná studia litofaciálního vývoje pánevních sedimentů (ELZNIC 1973). Opět v nich dominuje třífázovost (tříetapovitost) zobrazení vývoje pánve, ale zároveň se v nich odráží dosavadní stav poznání geologie pánve se všemi nedostatky, nedořešenými problémy a nerovnoměrností prozkoumanosti.

Předkládaná práce se opírá při členění komplexu miocenních sedimentů severočeské pánve hlavně o geochemická a mineralogická kritéria. Dílčí výsledky tohoto výzkumu již byly několikrát postupně publikovány. Chyběl však ucelený komplex dat z celé pánve.

Přehled výzkumů

V prvních fázích sedimentologického výzkumu byl prováděn výzkum těžkých minerálů psamitických hornin z povrchových výchozů i z vrtných vzorků. Separovaná těžká frakce (0,10–0,25 mm) byla stanovována v imerzních olejích a obsah jednotlivých minerálních složek v počtu 200–500 zrn byl stanoven procentuálním zastoupením zrn v kvartované části těžkého podílu. Metodika stanovení byla v průběhu výzkumu upravena pro stratigrafickou korelaci a výsledky byly zveřejněny (ČADEK 1966).

V počátečních obdobích geochemického výzkumu byl v pánevních sedimentech sledován obsah jen několika vybraných prvků, především Ti a K. Rozdíl v obsazích obou

prvků (poměr oxidů K a Ti) užil ČADEK (1967) na rozlišování sedimentů (včetně jílovitých příměsí v uhelné sloji) odrážejících chemické složení především okolních neovulkanitů ve spodní části pánevního komplexu od sedimentů následujícího mladšího komplexu ovlivněného už jednoznačně dálkovým přínosem ze vzdálenějších území. Později byla aplikována v rámci tohoto výzkumu multielementární metoda stanovení stopových prvků rentgenofluorescenční analýzou (RFA). Asociace stanovovaných prvků (As, Cr, Nb, Rb, Sr, Y, Zr, Zn, Cu, Pb, U, Ga) byla rozšířena o Ti, V a Ba a některé z prvků byly stanovovány metodou optické emisní spektrometrie (OES).

Nejvíce cenných podkladů bylo získáno až v posledních letech v rámci základního geochemického výzkumu. Byly stanovovány obsahy 15 hlavních a 37 stopových prvků, a to nejen ve všech hlavních typech hornin pánve, ale i ve starších útvarcích v jejím podloží (krystaliniku, svrchní křídě, neovulkanitech). Základní geochemický výzkum uhelné sloje v severočeské pánvi byl prováděn v Ústavu nerostných surovin v Kutné Hoře v rámci úkolu Geochemicko-mineralogický výzkum projevů mineralizace v sedimentech (KURENDOVÁ et al. 1980).

Popsanou metodikou základního geochemického výzkumu bylo zpracováno celkem 190 vrtů a na několika dalších byla přehodnocena nebo doplněna data starších etap výzkumu. Metodou RFA byly stanovovány obsahy As, Ba, Cr, Nb, Ni, Rb, Sr, Ti, V, Y, Zn a Zr, optickou emisní spektrometrií (OES) obsahy Ag, B, Be, Cu, Ga, Mo, Sn, neutronovou aktivační analýzou (INAA) obsahy Au, Ce, Cs, Eu, Hf, La, Lu, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Yb a atomovou absorpční analýzou Hg a Li.

V posledních letech bylo sledováno minerální složení pelitů (včetně pelitických proplátek v uhelné sloji) na více než 70 vrtech v mostecké a teplicko-ústecké části pánve. Všechny vrty prošly celým komplexem pánevních sedimentů do starších útvarů v podloží. Rentgenostrukturní výzkum jílových minerálů byl doplněn o stanovení obsahů křemene a karbonátů chemickou fázovou analýzou. Byly také prováděny silikátové analýzy z pelitů a popelů uhelné sloje v počtu několika set kusů.

Zhodnocení výsledků komplexního studia geochemického, chemického a minerálního složení

Ukázalo se, že ze všech shromážděných údajů mají pro paleogeografické a stratigrafické aplikace největší význam výsledky studia stopových prvků. Vhodně doplňují, ale zejména potvrzují starší závěry získané na podkladě výzkumu těžkých minerálů (ČADEK 1966). Kromě toho jsme zaměřili pozornost na hlavní složky pánevních sedimentů a na srovnání chemických dat s výsledky mineralogického výzkumu. Zveřejňované závěry se opírají o výsledky 190 vrtů provedených k ověření a upřesnění geologické stavby. Rozmístění vrtů v pánvi, včetně separátních pánviček na Teplicku a Lounsku, je zobrazeno na obr. 1. Vyhodnotili jsme výsledky přes 3300 analýz stopových prvků, několika stovek rozborů těžkých minerálů a přihlíželi jsme k analýzám popelů uhlí,

k přepočtům silikátových analýz na normativní minerály a ke srovnání chemického a minerálního složení. Zjistili jsme, že mineralogické, petrografické a chemické složení pánevních sedimentů je pestré a lze vybrat některé charakteristické složky, které jsou pak důležité a rozhodující pro korelace a umožňují vcelku spolehlivě rozdělit celý komplex aspoň na dvě části (obr. 2), které nazýváme spodním (starším) a svrchním (mladším) komplexem.

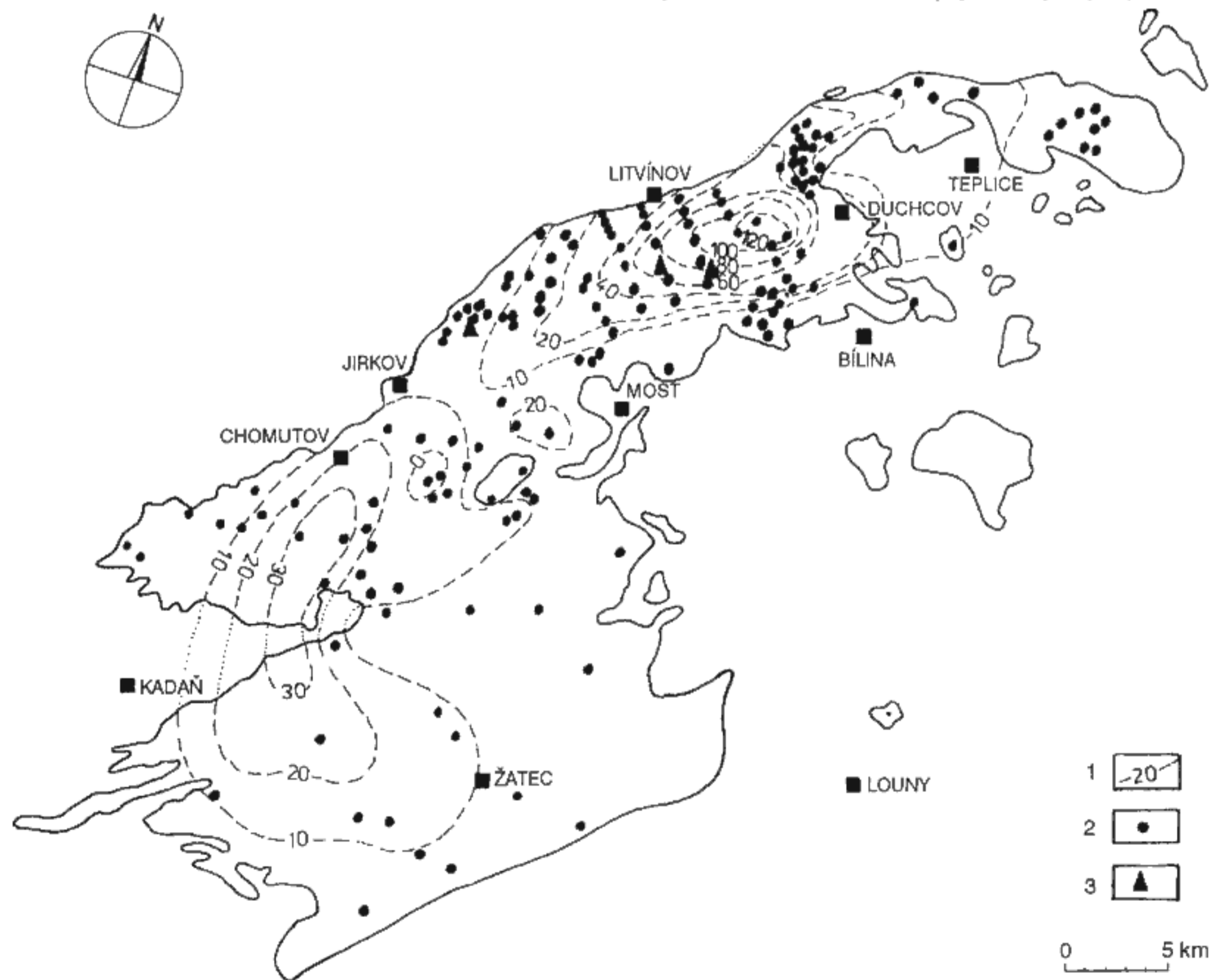
Na charakteru složení pánevních sedimentů se výrazně projevují rozdílné mateční horniny z několika snosných oblastí. Jejich chemismus i minerální složení se někdy méně, jindy výrazně liší.

Krušnohorské krystalinikum zpravidla poskytuje materiály s relativně nižšími obsahy stopových prvků. Pouze místní nahromadění slíd některých metamorfitů se projevuje lokálně velmi vysokými obsahy alkalických kovů (K, Rb, Cs). V asociaci těžkých minerálů převládají zejména disthen a turmalín, méně topaz a rutil. Těleso paleoryolitu je rovněž relativně chudé na stopové prvky. V asociaci těžkých minerálů převládají stabilní minerály turmalín, zirkon, rutil spolu s místními akumulacemi topazu, disthenu a staurolitu.

Sedimenty svrchního paleozoika a svrchní křídy dodávaly materiály převážně s nízkými obsahy stopových prvků, v nichž jsou však zvýšeny obsahy kovů (K, Rb, Cs). V asociaci těžkých minerálů je vedle stabilních minerálů přítomen i disthen a staurolit. V sedimentech mladšího paleozoika je navíc přítomen apatit.

Neovulkanity Českého středohoří a Doupovských hor poskytovaly materiály naopak na stopové prvky bohaté. Výrazně zvýšené obsahy Ti, Nb, Zr, Sr, Zn, Ba, Cr, Ni a TR jsou mnohonásobně vyšší i ve srovnání s klarkovými obsahy. Neovulkanity při zvětvávání snadno uvolňují alkalické kovy i kovy alkalických zemin vázané na minerály na zemském povrchu termodynamicky nestabilní jako jsou vulkanické sklo, foidy, olivín aj. Z pestré palety těžkých minerálů se uplatňují především amfibol a augit.

Zdrojem materiálů přinášejících do severočeské pánve byly rovněž horniny moldanubika a tepelsko-barrandienského krystalinika, ale také domažlického krystalinika a z části Šumavy. Jejich spojitost s pánevními sedimenty vysledoval ČADEK (1964) přes Rakovnicko, Kralovicko a Plzeňskou kotlinu. Tyto provenience dodávaly materiály se zvýšeným obsahem K, Rb a Cs, spojené s vysokým podílem



1. Izolinie mocnosti hornin spodního komplexu (bez uhelné sloje). 1 – izolinie mocnosti; 2 – geochemicky zkoumané vrty; 3 – paleomagneticky zkoumané vrty.

termodynamicky stabilních reliktních minerálů (slíd) a nízkými obsahy dalších stopových prvků. Z těžkých minerálů této provenience je charakteristický a důležitý obsah andalusitu indikující významný podíl hornin s vysokým stupněm metamorfózy. Andalusit je v okolí pánve cizorodým minerálem. Chybí v horninách krušnohorského krystalinika, nevyskytuje se v předterciérních sedimentech a vulkanitech a není obsažen ani v neovulkanitech.

Detailnější poznatky k této problematice a aplikace jsou rozvedeny v práci ČADKA (1987). Obsahy a rozložení některých významných a pro uváděné závěry důležitých stopových prvků jak v sedimentech různých částí severočeské pánve, tak ve starších geologických útvarech v jejím podloží jsou znázorněny na obr. 3 a 4. Podrobnou analýzou obsahů stopových prvků se podařilo na několika vrtech v širším okolí Chomutova rozlišit pánevní sedimenty na bázi od obdobných psamitických (někde též pelitických) sedimentů svrchní křídy. Podél s. okraje Českého středohoří bylo možno oddělit na základě rozdílného obsahu stopových prvků pestrobarevné zvětraliny neovulkanitů a jejich splachů od podobně zabarvených hornin lateritizovaného povrchu turonských slínovců, které charakterizuje vysoký obsah Sr, průměrný obsah Rb a nízký obsah Nb. Metodika používaná na rozlišování zvětralin přemístěných do pánve je tak citlivá, že většinou umožňuje určit s vysokou mírou pravděpodobnosti petrografický charakter původních neovulkanitů. Průměrné složení sedimentů na bázi pánevního komplexu vytvořených z přeplavených neovulkanitů odpovídá horninám bazaltového složení (olivinickým bazaltům až trachybazaltům). V některých vrtech se podařilo určit sedimenty pocházející ze zvětralin hornin diferencovanějších (fonolitů a trachytů). Extrémně vysoký obsah Cr, např. ve vrtech

v okolí Havraně, ukazuje na sedimenty, jejichž převažujícím výchozím materiálem byly zvětraliny bazičtějších olivinických bazaltoidů.

Na základě obsahů těžkých minerálů a z regionálně geochemického pohledu je možné rozdělit komplex sedimentů severočeské pánve na dva zcela odlišné celky (komplexy). Rozdíly v mineralogickém a chemickém složení obou komplexů jsou natolik výrazné, že lze hranici mezi nimi stanovit ve všech litologických typech sedimentů pánevního komplexu. V územích, kde rozhraní mezi oběma komplexy probíhá v uhelné sloji, někde chybí dostatek vhodných údajů pro rozlišení, případně se údaje soustřeďují jen do jílových proplátek ve spodní, resp. ve svrchní části jednotné uhelné sloje (obr. 2).

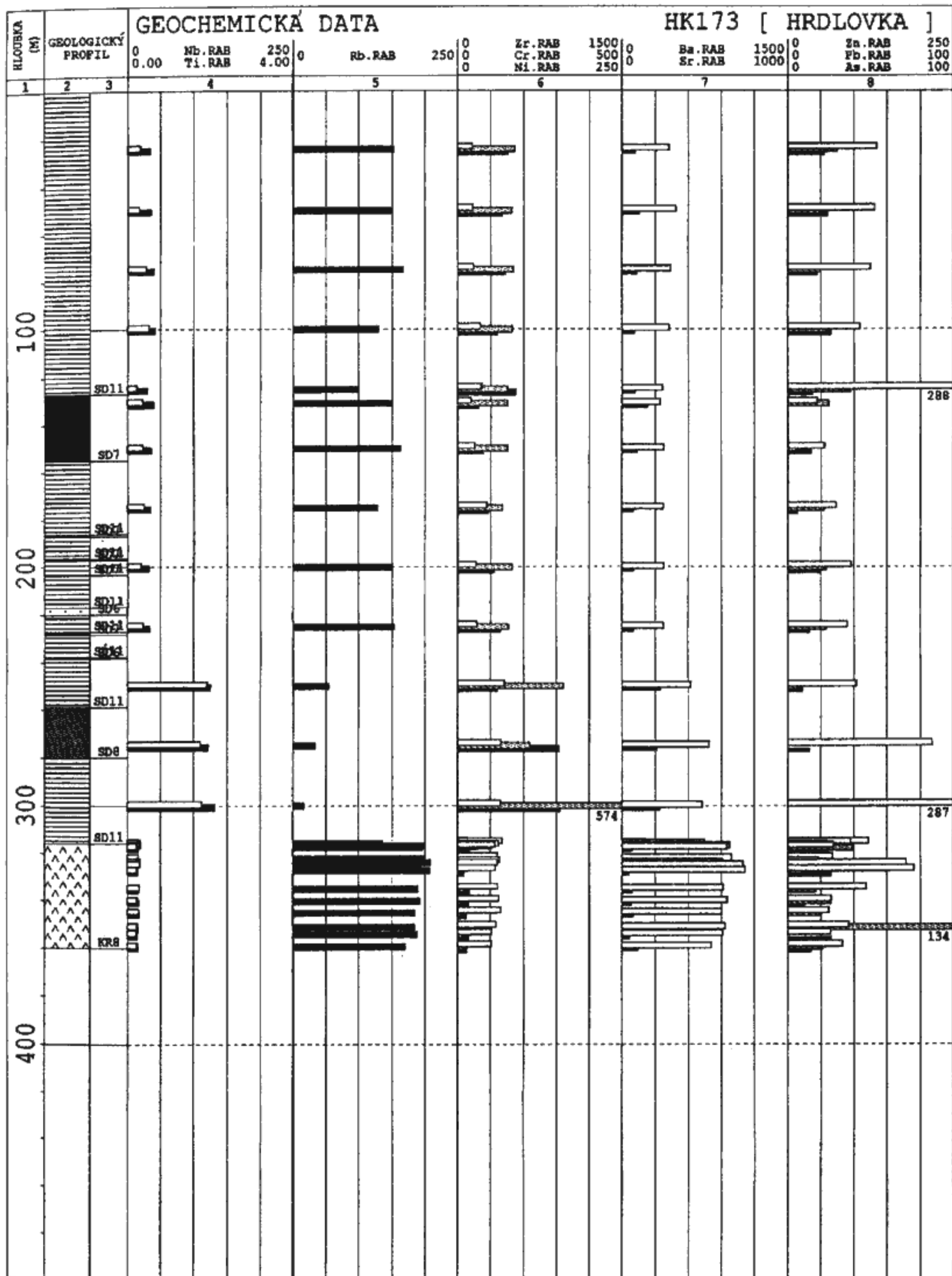
Spodní (starší) komplex

Celek sedimentů ve spodní části pánevního komplexu charakterizují usazeniny původem z místních zdrojů buď v těsném sousedství pánve, příp. z jejího dnešního území nebo nejbližšího okolí. Ve spodním komplexu výrazně převažují pelity, zatímco psamity se vyskytují zřídka, zpravidla v úzkém pruhu území podél krušnohorského okraje pánve. Uvnitř pánve se vyskytují psamity ve spodním komplexu spíše vzácně, a to jen v místech, kde podložní souvrství (podložní vrstvy) dosahují maximálních mocností (např. z. od Duchcova a u bývalé obce Mariánské Radčice).

Chemické složení pelitů spodního komplexu je specifické a svým způsobem jedinečné. Pelity jsou tvořeny v převažující míře kaolinitickými jílovci s převahou vulkanogenního materiálu. Podél krušnohorského okraje pánve mají pelity

litologický profil	rychlost sedimentace (mm/1000 let)	stabilní těžké minerály v píscích	stopové prvky		minerální složení	chemické složení		poznámky
			koncentrace zvýšená	snížená		koncentrace zvýšená	snížená	
svrchní (mladší) komplex	30-50	andalusit sillimanit disthen staurolit	Rb, Cs	Nb, Zr Cr	illit montmorillonit (kaolinit)	Si, Mg K	Fe, Ti Al	
	200-300							
	30-50							
	200-250							
spodní (starší) komplex	30-50	disthen staurolit	Nb, Zr Cr	Rb, Cs	kaolinit #	Si, Al Fe, Ti	Mg, K	# v okolí Doupovských hor byly místy odnášeny do pánve neovulkanity s nižším stupněm zvětrání; v pětipeské části pánve pak ojediněle vznikaly i montmorillonitické jíly
	20-30							

2. Rozdíly ve složení hornin spodního a svrchního komplexu.



4. Geochemicky zpracovaný vrt HK 173 Hrdlovka v břílnské části pánve.

spodního komplexu výraznější podíl slíd krušnohorské provenience, vždy však mívají podíl vulkanogenního materiálu. V části pánve přiléhající jižním okrajem k neovulkanitům Českého středohoří je chemické složení pelitů spodního komplexu výrazně určováno charakterem jeho vulkanitů. Podrobně jsou obsahy hlavních složek i stopových prvků zhodnoceny v grafické části studie ČADKA (1987). Z charakteristik hlavních prvků je zřejmé, že rozptyl hodnot kolem průměru je neobvykle vysoký a projevuje se v něm jak variabilita složení vulkanogenního materiálu, tak odlišný chemismus pelitů krušnohorské provenience. Občasný zvýšený obsah Al_2O_3 je v souladu s převládajícím kaolinitickým typem sedimentů spodního komplexu. V souladu jsou i velmi nízké průměrné obsahy Na_2O , K_2O , CaO a MgO . Extrémně vysoká variabilita složení sedimentů spodního komplexu se projevuje i v obsazích stopových prvků, a to jak prvků vulkanogenního původu (Ti, Nb, Zr, Sr, Ba a TR) způsobená velkou místní proměnlivostí neovulkanitů, tak v případě ostatních stopových prvků. Ve spodním komplexu dosahují vysokých obsahů také prvky imobilní nebo prvky málo mobilní (Nb, Ta, Th a TR). Obsahy Cr a Ni jsou značně vysoké, ale místo od místa rozdílné. Také obsahy Ba a Sr jsou ve spodním komplexu podstatně vyšší než v pelitech svrchního komplexu, avšak jsou o poznání nižší, než by se dalo očekávat z charakteru typů hornin zdrojových neovulkanitů, protože ke snížení obsahu obou stopových prvků docházelo již při zvětrávacích procesech. Ještě výrazněji se z podobných příčin projevil pokles obsahu u Rb a Cs.

Spodní komplex pánevních sedimentů představuje geochemicky výjimečný typ pelitů. Až na území při s. okraji pánve se pelity spodního komplexu vytvářely převážně z vulkanogenního materiálu a jejich chemické složení odpovídá spíše neovulkanitům ochuzeným o imobilní prvky než běžně uváděnému průměrnému složení pelitických sedimentů. Vysoká průměrná bazicita pelitů spodního komplexu a vysoký stupeň diferenciací jednotlivých stopových prvků vedl ke vzniku neobvyklé asociace. Naproti tomu obsahy Rb, K a Cs jsou ve spodním komplexu vždy výrazně nízké, někdy dokonce tak nízké, že jejich hodnoty klesají až pod mez detekce.

V některých územích pánve byly zaznamenány menší, ale o to výraznější změny v obsazích stopových prvků spodního komplexu. Pozorujeme jak vertikálním, tak laterálním směrem „ředění“, místy dokonce dočasné potlačení vulkanogenních prvků za současného zvyšování obsahu prvků ze zvětralin krušnohorského krystalinika, sedimentů svrchní křídly, příp. svrchního paleozoika. Vždy však jde spíše o jev výjimečný a zároveň přechodný či lokálně omezený.

Svrchní (mladší) komplex

Tento celek sedimentů pánevního komplexu geochemicky charakterizuje malá variabilita hlavních i stopových prvků a odchylky jsou způsobovány jen místní zvýšenou přítomností křemene, karbonátů nebo organických látek. Hlavními znaky svrchního komplexu jsou vysoké obsahy K, Rb, Cs a Mg, přičemž obsahy K_2O se pohybují v rozmezí 2–3 % a obsahy MgO v rozmezí 0,9–1,6 %. Naopak vulkanogenní

prvky Ti, Nb, Zr, Sr a Ba mají nízké zastoupení. Výrazným a charakteristickým jevem svrchního komplexu je neobvyklá homogenita jeho sedimentů. V centrální části pánve na Mostecku mají pelity o mocnosti mnoha desítek až několika stovek metrů v nadloží uhelné sloje prakticky stejný obsah stopových prvků, a to i přesto, že v nich lze v jejich pelitech makroskopicky rozeznat jednotlivé litologicky odlišné typy hornin. Jestliže vztáhneme obsahy jednotlivých prvků a složek jen na pelitickou frakci svrchního komplexu, pak se tento jev ještě zvýrazní (tab. 1).

Průměrné hodnoty jednotlivých prvků a složek včetně geometrických průměrů a jejich rozptylu a další statistické údaje o horninách svrchního komplexu detailně uvádí ČADEK (1987). Udaný charakter složení pelitů svrchního komplexu se nezvyšuje o podíl vulkanogenních stopových prvků ani v těsné blízkosti neovulkanických center Českého středohoří a Doupovských hor. Jestliže pelity staršího komplexu charakterizuje jedinečnost v obsazích stopových prvků ve srovnání s ostatními sedimentárními komplexy Českého masivu, pak stejně výjimečné postavení má i svrchní komplex pánevních sedimentů, a sice stabilitou a neobvyklou homogenitou chemického složení. Zatímco se u většiny stopových prvků pohybuje rozptyl jejich obsahů na hranici analytických chyb, obsahy Rb se pohybují okolo 150 ppm a klesají jen u sedimentů s vyšším podílem psamitové složky.

Charakter asociace stopových prvků svrchního komplexu odpovídá matečným horninám intermediárního charakteru. Při jejich předpokládaném středně intenzivním zvětrávání (ČADKOVÁ et al. 1985) došlo k odnosu Ca a Na, zčásti také Mg. Naproti tomu úbytek K, Rb a Cs byl jen nepatrný. Oproti jiným sedimentárním oblastem a zejména předtercierním útvarům jsou sice vulkanogenní prvky Ti, Nb a Zr ve svrchním komplexu o málo zvýšeny, zdaleka ovšem nedosahují tak vysokých obsahů typických pro pelity spodního komplexu. Podle odhadu nepřesáhl podíl rozloženého tercierního vulkanogenního materiálu v sedimentech svrchního komplexu v průměru 10–15 %, zatímco lze v případě staršího komplexu tytéž údaje odhadnout v rozmezí 75–90 %. Průměrné obsahy stopových prvků v pelitech svrchního komplexu jsou blízké průměrným hodnotám udávaným TAYLOREM (1964).

V sedimentech svrchního komplexu se objevují polohy s vysokým obsahem Sr spíše výjimečně a mívají zároveň střední obsah Rb a nízký obsah Nb. Patrně odpovídají výchozím zvětralinám hornin svrchnokřídového stáří. Podél sz. okraje severočeské pánve se zpravidla uplatňují sedimenty s obsahem stopových prvků typickým pro provenienci krušnohorského krystalinika.

Mineralogicky se ve svrchním komplexu uplatňuje vedle kaolinitu i illit, místy doplněný o montmorillonit. Na rozdíl od spodního komplexu obsahuje svrchní komplex v hojně míře psamitické sedimenty rozšířené převážně v západní polovině pánve, ale také na Mostecku a Bílinsku. Pro psamity je typický hojně se vyskytující těžký minerál andalusit. Podél krušnohorského okraje pánve, ale také na Žatecku, se místy uplatňují různé facie hrubšího materiálu psefitického charakteru. Psefitové sedimenty svrchního komplexu vytvářejí souvislé řady od hrubozrnných pískovců až po silně jílovité psefity. Zatímco v jílovitých psamitech je obsah

Tabulka 1. Chemismus hornin z vrtu HK 127 Hrdlovka (VALÍN 1969)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	56,23	50,00	55,74	53,21	43,33	44,67	55,33	64,57	24,01
TiO ₂	0,84	0,88	0,92	0,93	4,31	3,93	4,76	0,78	0,32
Al ₂ O ₃	19,83	20,19	19,84	15,83	22,62	21,86	23,18	15,86	6,33
Fe ₂ O ₃	5,56	4,15	0,92	1,00	<0,01	1,12	1,09	3,33	0,69
FeO	0,72	4,49	1,44	7,36	1,25	7,94	1,70	1,26	1,08
MnO	0,12	0,17	0,03	0,05	<0,01	0,12	0,02	0,02	0,04
MgO	1,47	1,29	0,75	2,53	0,18	0,70	0,32	1,23	1,19
Li ₂ O	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Na ₂ O	0,16	0,16	0,16	0,12	0,08	0,08	0,08	0,16	0,14
K ₂ O	2,32	2,02	2,40	2,00	0,68	0,72	0,78	3,10	1,28
P ₂ O ₅	0,1	0,10	0,02	0,03	0,13	0,22	0,18	0,36	0,06
CO ₂	0,54	3,24	0,50	5,48	0,96	6,36	1,80	0,81	28,40
H ₂ O nad 100 °C	7,67	6,42	9,12	6,98	13,8	7,82	8,29	4,47	0,65
S	0,02	0,08	0,11	0,02	0,07	0,01	0,03	<0,01	0,01
H ₂ O do 100 °C	5,96	4,55	2,92	1,37	3,83	2,12	1,31	2,06	0,83
C _{org}	0,93	0,99	4,28	2,23	7,59	0,79	–	0,04	–
celkem	99,56	99,42	99,48	99,74	99,25	99,29	99,24	99,39	99,46

1 – 13,8 m: jíł šedý, pevný s nepravidelným rozpadem; 2 – 17,0 m: jíł šedý místy nahnědlý; 3 – 107,4 m: jílovec hnědošedý, slabě písčité; 4 – 206,3 m: jílovec šedohnědlý, jemně slídnatý, místy drobné zbytky prouhelněné rostlinné drtě; 5 – 237,2 m: jílovec světle hnědošedý; 6 – 237,8 m: jílovec hnědošedý s prouhelněnou rostlinnou drtí; 7 – 252,4 m: jílovec šedý, slabě písčité s ooidy sideritu; 8 – 316,0 m: jílovec žlutohnědlý; 9 – 318,3 m: jílovec nazelenalý, vápnitý. Vzorky 1–4 zastupují svrchní komplex, vzorky 5–7 spodní komplex a vzorky 8 a 9 pelity středního turonu.

hlavních stopových prvků vysoký a blíží se hodnotám pro pelitické sedimenty, v pískovcích a v horninách s vysokým obsahem SiO₂ jsou jejich obsahy velmi nízké. Toto zjištění neplatí plně pro obsahy K₂O a MgO a Rb a Cs, jejichž obsah neklesá úměrně přibývajícím obsahu SiO₂ a svědčí zřejmě o vyšším podílu slídových minerálů v hrubších typech sedimentů (tab. 2).

Pomineme-li úzký lem území podél krušnohorského okraje severočeské pánve, má svrchní komplex nejen podstatně větší mocnost, ale zároveň i větší rozšíření. Na rozsáhlých územích např. na J a JZ pánve nasedá přímo na starší předpánevní útvary.

Hranice mezi oběma komplexy pánevních sedimentů je nejzřetelnější v místech, kde usazování svrchního (mladšího) komplexu začíná vrstvami psamitů nebo dokonce psefitů, jak to lze často sledovat na JZ severočeské pánve (Žatecko, Pětipesko), ale také u Mostu, Bíliny aj. V rozsáhlých územích východního Žatecka a v separátních pánevích na území Českého středohoří (Mukov, Nečichy aj.) nasedají hrubozrnnější klastika mladšího komplexu diskordantně na starší předterciární horniny nebo na neovulkanity. Hrubozrnná klastika, jako bazální část mladšího komplexu, byla zjištěna v celé řadě vrtů v širokém pruhu zhruba s.-j. směru, který probíhá z okolí Žatce k Pesvicům, či do okolí Okořina.

Dálkový přínos snad nejlépe dosvědčují valounky bulžníků popsané z bazálních psefitů svrchního komplexu ve vrtu u Tatinné aj. Hrubozrnné písky, někdy až štěrčky na bázi svrchního komplexu, silně připomínající tzv. hlavačovské štěrkopísky, jsou běžné ve vrtech na Žatecku, ale objevují se též severněji ještě u Droužkovic a Všehrd na Cho-

mutovsku a dokonce až u Jirkova a patrně u Vysoké Pece. V osní části tohoto hlavního směru přínosu klastik svrchního komplexu se objevuje uhlotvorná sedimentace teprve ve vyšších částech komplexu, často po vytvoření mnoha desítek metrů klastických sedimentů.

Po obou stranách hlavního přínosového pruhu klastik mladšího komplexu, na V směrem k Českému středohoří a na Z směrem na Pětipesko a Kadaňsko, se objevují na bázi mladšího komplexu postupně stále jemnější sedimenty, ja-ko různé druhy prachovců nebo jílovců patrně už jezerního původu, a to v mocnostech od několika metrů do několika desítek metrů. Tyto poměry lze velmi dobře pozorovat např. u Malého Března, Sušan, Strupčic aj. a na opačné v. straně u Vitčic, Vidolic, Pětipsů aj. Obdobnou sedimentaci psamitů nebo až jezerních pelitů na bázi svrchního (mladšího) komplexu můžeme sledovat také na několika místech v bílinské deltě. Pruh hrubších klastických sedimentů na bázi a ve spodních částech svrchního komplexu, opět zhruba s.-j. směru, směřuje od Bíliny k Lipticům, kde se stáčí směrem na Libkovic. Pobočné směry hrubších klastik směřují od Bíliny k Mostu přes Střimice a patrně až k Souši a na opačnou stranu k Želénkám a Štrbicím.

V místech, kam počátkem sedimentace svrchního komplexu pronikala hrubší klastika, je hranice vůči pelitům staršího komplexu ostrá a lze ji poměrně snadno určit. Zato v jezerních prostředích staršího komplexu, vzdálených někdy celé kilometry od hlavního přínosového směru klastik, se nástup svrchního komplexu neprojevuje výrazně. Jinde bývá rozhraní mezi komplexy makroskopicky těžko rozeznatelné. Někde docházelo po určitou dobu k mísení sedimentů obou komplexů, na jiných místech byl přínos mlad-

Tabulka 2. Průměrné obsahy (\bar{x}_g) v ppm a geometrické odchylky (s_g) vybraných stopových prvků v sedimentech severočeské hnědouhelné pánve (ČADKOVÁ et al. 1985)

prvek	analytická metoda	pelity						psamity			
		vulkanogenní 26 vzorků		podložní 30 vzorků		nadložní 36 vzorků		podložní 28 vzorků		nadložní 28 vzorků	
		\bar{x}_g	s_g	\bar{x}_g	s_g	\bar{x}_g	s_g	\bar{x}_g	s_g	\bar{x}_g	s_g
As	RFA	< 5	–	7	4,75	6	2,86	< 5	–		
Ba	RFA	680	1,60	612	2,28	468	1,18	283	2,90	154	1,77
Ce	INAA	159	1,63	139	2,11	65	1,21	64	2,54	18	2,18
Cr	RFA	1+72	3,90	111	2,29	100	1,21	75	2,68	32	2,18
Cu	RFA	39	2,56	19	3,26	25	1,31	8	3,42	< 5	–
Ga	FA	17	1,87	17	2,43	20	1,65	6	5,47	< 1	–
La	INAA	93	1,68	78	2,19	34	1,16	34	2,94	9	2,18
Lu	INAA	0,40	2,59	0,4	1,75	0,3	1,55	0,2	2,18	0,1	2,60
Mo	OES	2	2,34	2	2,38	2	2,06	2	3,85	< 1	–
Nb	RFA	109	1,96	65	3,96	22	1,18	24	6,26	5	2,36
Ni	RFA	92	2,82	36	2,03	50	1,19	25	2,37	16	1,56
Pb	OES	8	2,39	17	1,48	23	1,37	10	3,67	< 5	–
Rb	RFA	9	3,83	38	3,93	143	1,12	13	3,36	20	2,83
Sm	INAA	12	1,65	11	1,81	6	1,19	5	2,61	2	2,56
Sn	OES	2	2,87	2	2,70	3	1,71	1	2,66	< 1	–
Sr	RFA	240	1,79	219	2,50	97	1,34	85	3,16	27	1,72
Th	gama	13	1,78	15	1,59	11	1,10	7	3,29	3	2,50
Ti	RFA	16 807	1,64	12 990	2,48	5 390	1,13	6 028	3,73	1 670	2,02
U	gama	4	2,29	3	2,46	4	1,42	2	2,57	2	2,18
V	RFA	17	4,58	31	3,76	157	1,24	20	3,38	30	2,27
Y	RFA	32	1,99	40	1,39	38	1,86	19	2,14	13	2,27
Yb	INAA	4	1,96	3	1,90	2	1,67	2	2,35	< 1	–
Zn	RFA	132	1,95	71	1,87	108	1,26	29	2,89	19	2,22
Zr	RFA	156	1,72	359	2,35	167	1,29	238	2,54	123	2,50

šího materiálu opakovaně potlačován a vytvářel se až několik metrů mocný soubor přechodových vrstev. Na Chomutovsku (u Března, Droužkovic, Kralup aj.) mají sedimenty na rozhraní obou komplexů zvýšený podíl klastického křemene.

Spektrum stopových prvků zde charakterizuje pokles obsahu Ti a Nb, ale naopak už vyšší podíl Rb charakteristický pro sedimenty svrchního komplexu. Smíšené horizonty obou druhů přinášeného materiálu vytváří vrstvu mocnou místy až 8 metrů. Při souhrnném zhodnocení výsledků výzkumu jsme podobné situace řešili vymezením přechodného pásma na rozhraní obou komplexů sedimentů. Rozhraní jsme položili vždy těsně pod úroveň posledního vzorku od povrchu, který ještě jednoznačně ukazoval mladší usazeniny, typické pro svrchní komplex. Při terénních pracích zpravidla nečiní zkušenému geologu potíže rozlišit od sebe při makroskopickém popisu vrtného jádra oba komplexy hornin, pokud jsou v pelitickém vývoji. V případě, že jsme odkázáni pouze na vyhodnocení obsahu analýz stopových prvků, pak přesnost určení hranice mezi oběma komplexy závisí na vzdálenosti odebraných a analyzovaných vzorků.

Nejkomplikovanější je určování rozhraní mezi oběma

komplexy v místech, kde v tu dobu bylo území severočeské pánve pokryto rašeliništi a uhlotvornými močály, tedy především ve východnější polovině pánve na Teplicku a Mostecku, v menší míře i na Chomutovsku. V těchto územích došlo ke vzniku jednotné uhelné sloje, jejíž mocnost se pohybuje většinou okolo 30 m. Na hřbetech, a také na místních elevacích, mocnost uhelné sloje klesá někde o několik metrů, jinde až na méně než polovinu udané mocnosti. Naopak v některých depresích mocnost uhelné sloje podstatně roste téměř až na dvojnásobek a v extrémních případech i více (Černice a Horní Jiřetín na Mostecku). Tzv. jednotná hnědouhelná sloj má většinou ve své nejspodnější části vyvinutou polohu různých druhů uhelně jílovitých až jílovitých hornin. Obdobná situace se vyskytuje i v nejsvrchnější části sloje. Tento jev bývá zpravidla označován jako třílávkový vývoj uhelné sloje. Přestože můžeme některé z jílovitých proplátek sledovat na vzdálenost až několika kilometrů, v žádném případě se nejedná o korelační horizonty obecné nebo široké platnosti, ale spíše o jev, který vypovídá, že k vzniku uhelné sloje nedocházelo naráz ostře, ale většinou v podobě různě mocných přechodových vrstev, které na řadě míst dokonce chybějí. K podobné situaci docházelo v době, kdy rozhodující hnědouhelná fáze

v pánvi zanikala. Rovněž v nejsvrchnější části hnědouhelné sloje bývají zpravidla vyvinuty přechodové vrstvy, v nichž se střídají sloje a slojky uhlí s uhelně jílovitými nebo jílovitými horninami.

Na rozdíl od ostatních horninových celků pánve je v uhelné sloji prováděn výzkum stopových prvků námi používanou metodikou teprve krátkou dobu, takže chybí dostatek vhodných podkladů. Při vyhodnocování regionálního geochemického výzkumu na Mostecku se nejčastěji setkáváme se situací, kdy pelity nad uhelnou slojí obsahují stopové prvky svrchního komplexu a v těsném podloží uhelné sloje už jsou zjišťovány pelity s obsahem stopových prvků typických pro spodní komplex. Hranice mezi oběma komplexy probíhá zřejmě uvnitř uhelné sloje. Při vyhodnocování teprve nedávno provedených analýz stopových prvků z nejvýchodnějšího areálu severočeské pánve v okolí Chabařovic jsme dospěli k jednoznačnému závěru, že námi určené rozhraní mezi oběma komplexy sedimentů probíhá až v nadložních jílech, několik málo metrů nad uhelnou slojí. Přibližně ve stejné době končil geologický průzkum centrálních částí pánve, zahrnující rozsáhlá území mezi Osekem, Libkovicemi, Janovem a Zálužím (příp. až Souší). Z předběžného vyhodnocení se ukazuje, že spodní přechodové vrstvy (proplásky pelitů mezi spodní a střední lávkou uhelné sloje) mají spektrum stopových prvků typických pro spodní komplex sedimentů a svrchní přechodové vrstvy mají charakter typický pro svrchní komplex. Hledání hranice mezi oběma komplexy na Mostecku, které v daném případě musíme chápat pouze jako změnu petrografického charakteru popelovin procezovaných do uhlotvorných rašeliníšť při velkých povodních, se tedy zužuje pouze na střední část hnědouhelné sloje (tzv. střední uhelnou lávku).

Za této situace nezbyvalo, než se zaměřit na starší výsledky silikátových analýz popelů uhelné sloje. V některých dílčích územích pánve s vývojem tzv. jednotné uhelné sloje, zpravidla v místech novějších geologických průzkumů pro výpočet zásob, jsou provedeny tyto analýzy ve větším počtu, s hustotou analyzovaných vzorků v délkovém intervalu 1 m, při spodku uhelné sloje místy v intervalu kratším. Při vyhodnocování analýz jsme ze sledovaných kysličníků přihlíželi hlavně k údajům obsahů TiO_2 , který jednoznačně ukazuje na přítomnost klastických příměsí, tak typických pro spodní komplex sedimentů. Při vyhodnocování vrtů s menší četností silikátových analýz popelů uhelné sloje (většinou v rozmezí 3–7 m) nelze vymezit hranici mezi oběma komplexy v uhelné sloji tak jednoznačně a ostře. Hranice se ponejvíce pohybuje ve spodní polovině nebo ve spodní části jednotné uhelné sloje. V některých územích např. v širším okolí Bíliny nebo Mostu, kde byla uhelná sloj analyzována mnohem podrobněji, se však ukazuje, že zde hranice mezi oběma komplexy nebývá vždy ostrá a jednoznačná. V přínosu popelovin do uhlotvorných rašeliníšť docházelo místy k dočasnému míchání klastických přínosů charakteristických pro oba typy komplexů, a to ve výškovém intervalu několika metrů. Místy je možno pozorovat zhruba ve stejném výškovém intervalu několikrát opakované střídání materiálu vulkanogenního a nevulkanogenního.

Průběh rozhraní obou komplexů v jednotné a málo po-

pelnaté uhelné sloji na Mostecku není uspokojivě dořešený, protože se prozatím nepodařilo použít vhodnou metodiku stopových prvků pro členění obou komplexů, obdobně jako v případě pelitických hornin. Nadějně je zjištění, že uhelná sloj ve svých pelitických příměsích zachovává typické znaky jednoho nebo druhého komplexu, a to všude tam, kde činí podíl popelovin v uhelné sloji alespoň 10 %.

Řešení problematiky chronostratigrafické heterogenity hnědouhelné sloje v teplicko-mostecké části severočeské pánve je komplikované i obtížné, ale má zásadní význam při řešení paleogeografie pánve. Optimální podmínky růstu uhlotvorné vegetace a hromadění nekromasy předpokládaly minimální výškové členění pánve během tvorby uhelné sloje. Nicméně hnědouhelná sloj v jednotném vývoji je z pohledu rozsáhlého areálu svého vývoje od Ústecka až na Pruněřovsko litologicky pestrá, má rozdílný vývoj závislý jednak na morfologii pánevního dna, ale zejména na přínosu a sedimentaci popelovin, které se z různých směrů periodicky dostávaly do uhlotvorného močálu. Problémům tvorby a mocnosti uhelné sloje i jejich proplásků se detailně věnovali v poslední době především HURNÍK a ZELENKA (in BRUS - ELZNIC - HURNÍK - ZELENKA 1987).

Jednotná hnědouhelná sloj ve v. polovině pánve je vlivem tektonických pohybů naopak značně výškově rozrůzněna. Mezi mosteckou částí pánve a z. částí Chomutovska, kde je podobný jednotný vývoj uhelné sloje, je spojitost obou území přerušena sedimenty hrubozrnných klastik žatecké delty u Jirkova, Vysoké Pece, Pesvic aj. V mostecké části pánve, ale i jinde v místech jednotné hnědouhelné sloje, můžeme sledovat už na první pohled její stabilní pozici ve vrstevním sledu pánevních sedimentů. Současné kontinuální propojování jednotné hnědouhelné sloje nemusí být v rozporu s názorem o pozvolném a plynulém stěhování uhlotvorného rašelinistě v prostoru a čase. Na tuto skutečnost poukázal prvně HOKR (1985), přestože ke svým závěrům dospěl pouze sledováním rozdílů v obsazích alkálií a jílových minerálů a změny přikládal klimatickým vlivům. Dosavadní výsledky regionálně geochemického výzkumu rovněž svědčí proti izochronii jednotné hnědouhelné sloje v celém jejím rozsahu ve v. části pánve.

Obsahy stopových prvků v pánevních sedimentech citlivě a jednoznačně indikují základní paleogeografický zvrát ve vývoji pánve, a změnu snosných oblastí. Domníváme se, že indikační prvky využívané v pelitických a peliticko-psamitických sedimentech splňují stejnou roli také při výzkumu uhelné sloje. Prozatím je známo jen málo údajů, zejména v pelitických propláskcích a v uhelně jílovitých typech sedimentů uvnitř uhelné sloje. Proti názoru, který považuje jednotnou uhelnou sloj ve v. polovině pánve za časově jednolitě těleso, svědčí několik zjištění regionálního geochemického výzkumu založeného na zásadních změnách obsahu stopových prvků: v území u Soběchlebs, Modlan, Roudník a Chabařovic na Ústecku probíhá rozhraní mezi starším a mladším komplexem sedimentů několik metrů v nadloží jednotné uhelné sloje. V několika vrtech mezi Lomem a Osekem v sv. části mostecké pánve bylo zjištěno, že jílovité proplásky mezi střední a svrchní lávkou jednotné uhelné sloje patří podle obsahu stopových prvků již svrchnímu komplexu. Stejně poměry jsou zjištěny o několik

kilometrů dále k JZ v okolí Chudeřína a Janova. O několik kilometrů jižněji se toto rozhraní noří už do úrovně proplátek mezi spodní a střední lávkou uhelné sloje a místy dokonce pod nejspodnější úroveň jednotné uhelné sloje.

Geochemicky dobře dokumentované vrty zjišťující rozhraní mezi svrchním a spodním komplexem sedimentů jsou umístěny v okrajových částech tělesa jednotné uhelné sloje v mostecké části pánve, a to z různých světových stran. Uvnitř tohoto území se lze opřít zatím pouze o silikátové analýzy, které uvedené zjištění potvrzují. Lze zřetelně pozorovat, jak se linie rozhraní mezi spodním a svrchním komplexem v uhelné sloji pozvolna noří ve směru od Oseka a Lomu, resp. od Litvínova a Horního Jiřetína obecně jz. směrem ve směru na Komořany, Hořany a Holešice.

Aplikace nových poznatků

Regionálně geochemický a mineralogický výzkum neogenních sedimentů severočeské hnědouhelné pánve poskytl zásadní zjištění, které umožnilo vymezit v pánvi dva komplexy, jejichž rozhraní má obecnou platnost nejen po celé rozloze pánve, ale i ve všech druzích usazenin tvořících pánevní sedimentární komplex. Rozdíly v chemismu a minerálním složení obou komplexů byly způsobeny zásadní změnou snosných oblastí poskytujících materiál přinášeny do pánve. Klimatické příčiny, jak o nich uvažuje HOKR (1985), sice mohly ovlivnit složení a charakter autigenních složek, především jílových minerálů, nemohly však mít žádný vliv na mineralogické složení detritické frakce. Nemohly ani vyvolat anomální homogenitu chemismu pelitů svrchního komplexu a nakonec ani rozdíly v obsazích jednotlivých, především imobilních a málo mobilních stopových prvků (Nb, Ta, Th a TR).

V geologických poměrech severočeské hnědouhelné pánve, zřetelně kontinentálního charakteru, kde se vulkanismus projevoval už jenom slabě a je navíc rozdělen do několika časových fází, kde intenzivní paleobotanický výzkum své výsledky již přinesl a z objektivních důvodů už jen těžko lze očekávat zásadnější poznatky pro řešení problémů stratigrafie a paleogeografie, zůstává zjištěná změna snosných oblastí v podstatě zatím jediným poznáním závažným zásahem do vývoje pánve, kterého lze využít pro korelace sedimentů v celém rozsahu severočeské pánve. Důsledky změny snosných oblastí ovlivňují, podle našich představ, dosavadní názory na formální stratigrafické členění pánevních sedimentů, které má řadu problémů a nedostatků. Především proto, že postrádá jakýkoliv významný vůdčí horizont.

Výše uváděné rozdíly v chemickém a mineralogickém složení spodního a svrchního komplexu pánevních sedimentů mají zejména následující výhody a přednosti: 1) oba komplexy jsou vyvinuty po celém území a je jen málo míst, kde nasedá svrchní komplex na předpánevní útvary nebo naopak kde byla denudace tak intenzivní, že byl svrchní komplex sedimentů zcela odnesen; 2) rozdíly ve složení obou komplexů jsou tak výrazné, že je možné je buď makroskopicky, nebo s použitím analýz vysledovat ve všech hlavních typech hornin miocenního pánevního komplexu

(zejména v pelitech, ale také v psamitech a v uhelné sloji s obsahem popela aspoň nad 10–15 %). Především v areálech s vývojem tzv. jednotné uhelné sloje je nutné se spoléhat na analýzu stopových prvků, příp. v doplnění se silikátovými analýzami klastických příměsí ve sloji. Hranice mezi svrchním a spodním komplexem pánevních sedimentů je většinou právě v uhelné sloji a nemusí se projevovat najednou, ostře, jako důsledek jediné záplavy (transgrese). Regionální geochemický výzkum prozatím také nepřinesl kritéria pro odlišování pelitů spodního komplexu pánevních sedimentů od rozvětralých hornin neovulkanitů v jeho podloží, které jsou svým chemickým charakterem velmi podobné, nezdědka takřka totožné. Tento trvalý problém geologické praxe v pánvi přetrvává. Protože dosavadní výzkum umožňuje dělit, prozatím až na malé výjimky, pánevní sedimenty z regionálního pohledu jen na dva celky (svrchní a spodní komplex), nepostačuje to potřebám báňsko-geologické praxe. Ve stratigrafii (resp. litostratigrafii) bude proto nutné i nadále používat stávající neformální korelační schémata a tabulky.

Mnohem větší význam mají nové poznatky regionálního geochemického a mineralogického výzkumu při řešení otázek regionální geologie pánve. Poznání a naznačení korelačních vztahů sedimentů uvnitř pánve z regionálního pohledu rovněž umožní poopravit názory na výskyt některých zlomů. V této problematice přetrvává mnoho spekulativních prvků. Jestliže se podařilo před 40 lety (PROCHÁZKA 1954) na základě paleobotanického výzkumu přeřadit pánevní sedimenty na Žatecku z oligocénu do miocénu, pak geochemický a mineralogický výzkum přináší závažné podklady umožňující korelovat mnoho desítek metrů mocné vrstvy ve stejném území spíše než s podložním souvrstvím na Mostecku s vrstvami v nadloží uhelné sloje.

Podle našich představ patří ke spodnímu komplexu pánevních sedimentů především ta jejich část, která se ve stratigrafických tabulkách severočeské pánve označuje jako podložní souvrství. Tento termín je třeba chápat v užším smyslu podle definice ELZNICE (1973) nebo jako duchcovské souvrství DOMÁČÍHO (1977), případně jako podložní vrstvy neformálního litostratigrafického schématu severočeské pánve (ELZNIC - FIŠERA - HURNÍK - MALKOVSKÝ - VÁCL 1986).

Takto definovaný celek pánevního komplexu můžeme sledovat téměř po celé pánvi (obr. 1), ale především v její východnější polovině, kde dosahuje maximálních mocností až 135 m v centrální části na SZ od Duchcova. Odtud je možno stejný celek sedimentů sledovat téměř po celé této části pánve ve stále nižších mocnostech. Podobný celek hornin spodního komplexu, ovšem s nižšími mocnostmi (do 35 m), vznikl také v z. a jz. polovině pánve. Táhne se j. směrem od Chomutova k Pětipsům a do okolí Žatce. Na ostatních částech pánve vznikaly horniny spodního komplexu jen v malých mocnostech, zpravidla nepřevyšujících několikametrové polohy. Na území pánve je několik míst, kde se spodní komplex neusadil. Kromě několika drobných ostrůvků porůznu v pánvi je to rozsáhlejší území ve v. polovině Žatecka (viz paleogeografická mapa spodního eggenburgu – obr. 13). Tuto část spodního komplexu výrazně charakterizuje spektrum stopových prvků odrážejících

přeplavené rozvětralé neovulkanity z území pánve i z jejího okolí. V některých místech pánve (např. v několika úsecích podél krušnohorského okraje pánve) docházelo už ve spodním komplexu k míchání materiálů z rozvětralých neovulkanitů s materiály původem z kaolinizovaného krystalinika. V širším z. až jz. okolí Mostu se vedle rozvětralých neovulkanitů rovněž uplatnily horniny svrchnokřídového stáří. Pelitické až peliticko-psamitické sedimenty spodního komplexu vznikaly převážně v jezerních prostředích.

Už v předchozí kapitole bylo naznačeno, že ve v. polovině severočeské pánve je nutno přiřadit ke spodnímu komplexu část hnědouhelné sloje v jejím tzv. jednotném vývoji, a to na základě obsahu stopových prvků v jílových proplátcích mezi spodní a střední lávkou uhelné sloje nebo na základě vysokého obsahu TiO_2 v popelovinách (klastických příměsích) uhelné sloje, což v obou případech ukazuje na jejich neustále převládající neovulkanický původ i na skutečnost, že stále nedošlo k napojení pánve na dálkový přínos materiálu z mimopánevních geologických regionů. V širším v. okolí Teplic mají klastické příměsi v uhelné sloji charakter sedimentů spodního komplexu v celé její mocnosti. Na Ústecku je nutno přidat ještě několik metrů pelitických usazenin v těsném nadloží uhelné sloje. V psamitech bylo nutno ponechat ve spodním komplexu pánevních sedimentů na Žatecku pouze facii tzv. tufitických jílů, představujících podle VÁCLA a MALKOVSKÉHO (1962) zvláštní facii bazálních poloh souvrství podložních jílů a písků o mocnosti několika metrů. Podstatnou část písčitojílovitých usazenin souvrství podložních jílů a písků (spodní písčitojílovité vrstvy podle neformálního stratigrafického schématu ELZNIČE, FIŠERY, HURNÍKA, MALKOVSKÉHO a VÁCLA 1986), které na území severního Žatecka dosahují velkých mocností až do 175 m, přiřazujeme jednoznačně již ke svrchnímu (mladšímu) komplexu pánevních sedimentů. Podle našich výzkumů vystupují jednoznačně nad hranici, která z pohledu vývoje pánve znamenala změnu snosných oblastí a napojení jejího území na dálkový přínos. V tomto případě je proto vhodné je srovnávat, spíše než s podložním souvrstvím na Mostecku, se svrchnější částí jednotné hnědouhelné sloje a se spodní částí monotonních pelitů v nadloží uhelné sloje. Výškové poměry spodního komplexu jsou znázorněny na br. 5.

Svrchní komplex pánevních sedimentů je charakterizován illitem, někdy i montmorillonitem. Především se však vyznačuje zvýšenou rychlostí sedimentace, což vyplynulo z výpočtů nedávno prováděného paleomagnetického výzkumu pánevních sedimentů (MALKOVSKÝ - BUCHA - HOŘÁČEK 1989), a jejím pravidelnějším rytmem. Nový typ sedimentovaného materiálu s úplně jiným spektrem stopových prvků i jinými těžkými minerály po území pánve rychle převládl. Např. se dostal náhle do míst dnes tak okrajových částí pánve v širším okolí Chabařovic. S ohledem na dosti neobvyklý výskyt několik metrů mocné vrstvy prachovitých prachovců v těsném nadloží uhelné sloje jsme odebírali v tomto žateckém vzorku na analýzu stopových prvků v krátkých vzdálenostech. Po vyhodnocení se ukázalo, že rozhraní mezi svrchním a spodním komplexem spadá mezi dva litologicky odlišné typy hornin. Makroskopicky se styk projevil pozvolným přechodem prachovců do jílovců v rozmezí nejvýše

několika decimetrů. Podobné poměrně ostré rozhraní mezi spodním a svrchním komplexem sedimentů vysledoval ČADEK (1964) v psamitech u Jirkova na Chomutovsku, a to podle výskytu andalusitu. Nový typ sedimentovaného materiálu se dostával náhle také do uhlotvorných sedimentačních prostředí, a to hlavně záplavami při velkých povodních, tentokrát ovšem z většího toku a patrně i z jiných než dosavadních směrů. Hledání rozhraní mezi oběma komplexy v uhelné sloji však znesnadňuje skutečnost, že povodňové vody se procezovaly uhlotvornými prostředími na kilometrové vzdálenosti, avšak kalnými vodami přinášené sedimenty jako jílovité klastické příměsi se v rašelinistých ukládaly postupně, až do úplného vyčištění vod. Zato v jezerním prostředí byla především pelitická část usazenin svrchního komplexu roznášena po pánvi rychle několikrát druhem proudění, které vznikalo při ústí toku na Žatecku, ev. na Bílinsku.

Představy o charakteru a intenzitě některých povrchových proudů a zároveň o vzdálenostech, které v pánevním jezeře překonávaly, podává transport borovicových šišek, které představovaly typický rostlinný element při krušnohorském okraji pánve hlavně v období usazování pelitů v těsném nadloží uhelné sloje, např. v okolí Černic, Dřínova aj. Hromadný výskyt šišek a pylů borovic druhu *Pinus oviformis* zahrnují KVAČEK a BŮŽEK (1982) do jimi vymezené asociace *Comtonia-Pinus oviformis*. Zdejší nahromadění borovic druhu *Pinus oviformis* zároveň spojují s jiným, ale stejně osamoceným výskytem šišek a pylů borovic v nejspodnější části tzv. břešťanských jílů na Bílinsku, vzdáleném minimálně 10 km vzdušnou čarou k JV. Tento výskyt však leží až přes 100 m vysoko nad stropem uhelné sloje. Oba výskyty šišek borovic druhu *Pinus*, z nichž ten u Břešťan je považován za mimořádný a neběžný, lze vysvětlit právě silným prouděním. Centrální proud napříč jezerem z ústí řeky na Žatecku dospěl až ke krušnohorskému okraji pánve, odkud po odrazení jako vedlejší šikmý proud zřejmě přinášel rostlinné zbytky borovic na Bílinsko. Transport borovicových šišek, které ve své době představovaly podle KVAČKA a BŮŽKA (1982) tak typický element porostů při krušnohorském břehu jezera bezprostředně následně po zatopení zdejších uhlotvorných rašelinistů a močálů, zároveň naznačuje časoprostorové vztahy v jednom z krátkých časových úseků vývoje pánve.

Ještě v době sedimentace nadslojových pelitů na Mostecku, tedy ve spodní části usazenin svrchního komplexu pánevních sedimentů, mělo sedimentační prostředí v pánvi nízkou salinitu a mírně kyselou reakci, docházelo k tvorbě poloh pelokarbonátů a siderit je běžné v klastických sedimentech. Kyselé redukční prostředí, vytvářené především rozkládající se rostlinnou hmotou, se postupně měnilo. Podle ŠMEJKALA (1984) začal převládat odpar nad odtokem a zvyšovala se salinita sedimentačního prostředí.

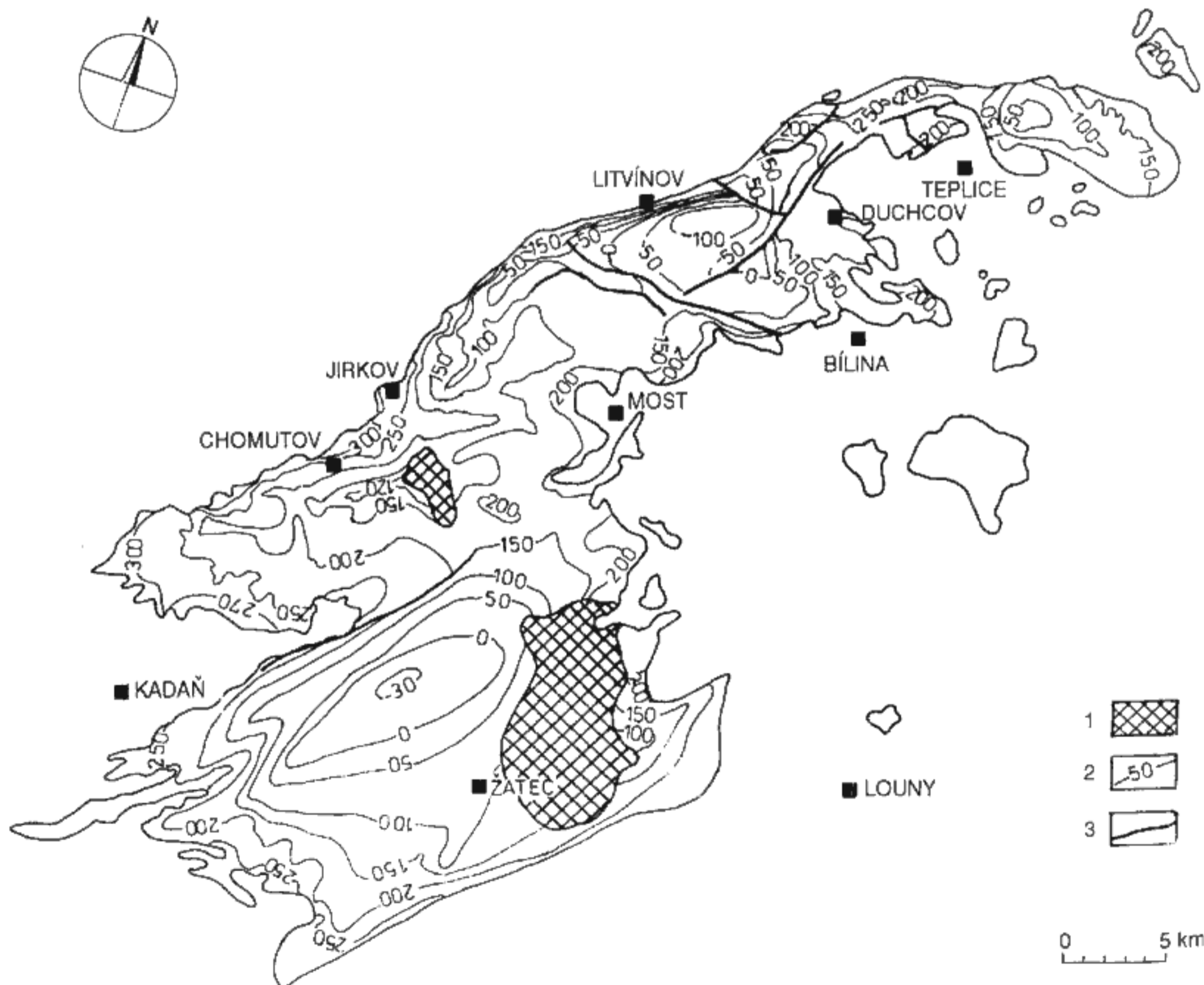
Mineralogický, chemický a zejména regionálně geochemický výzkum přinesl množství údajů, které se vzájemně doplňují a do jisté míry i vzájemně potvrzují. Nové a doplněné výsledky pokrývají vcelku rovnoměrně celou severočeskou pánev, včetně jejich jz. částí (Žatecko, Pětipesko), kde už se dlouhou dobu neprovádějí systematicky ani výzkumné, ani průzkumné technické práce. Nové výsledky

také pokrývají celý pánevní sedimentární komplex vertikálním směrem. Jen na území jednotné uhelné sloje na Mostecku zatím zůstává regionální geochemický výzkum nedokončen. V případě paralelizace jednotné uhelné sloje je možno využít výzkumů HOKRA (1985), které naše závěry potvrzují. Pokud zůstávají výsledky mineralogického, chemického a geochemického výzkumu ve stadiu popisném, pak vhodně doplňují geologickou charakteristiku jednotlivých litostratigrafických členů pánevního komplexu. V případě, že nová zjištění aplikujeme na stávající názory na geologickou stavbu, paleogeografický vývoj pánevních sedimentů, příp. na dosavadní představy o litostratigrafickém vývoji pánevního komplexu a korelace mezi jejími jednotlivými členy, setkáváme se s obtížemi, ale také s pochybnostmi.

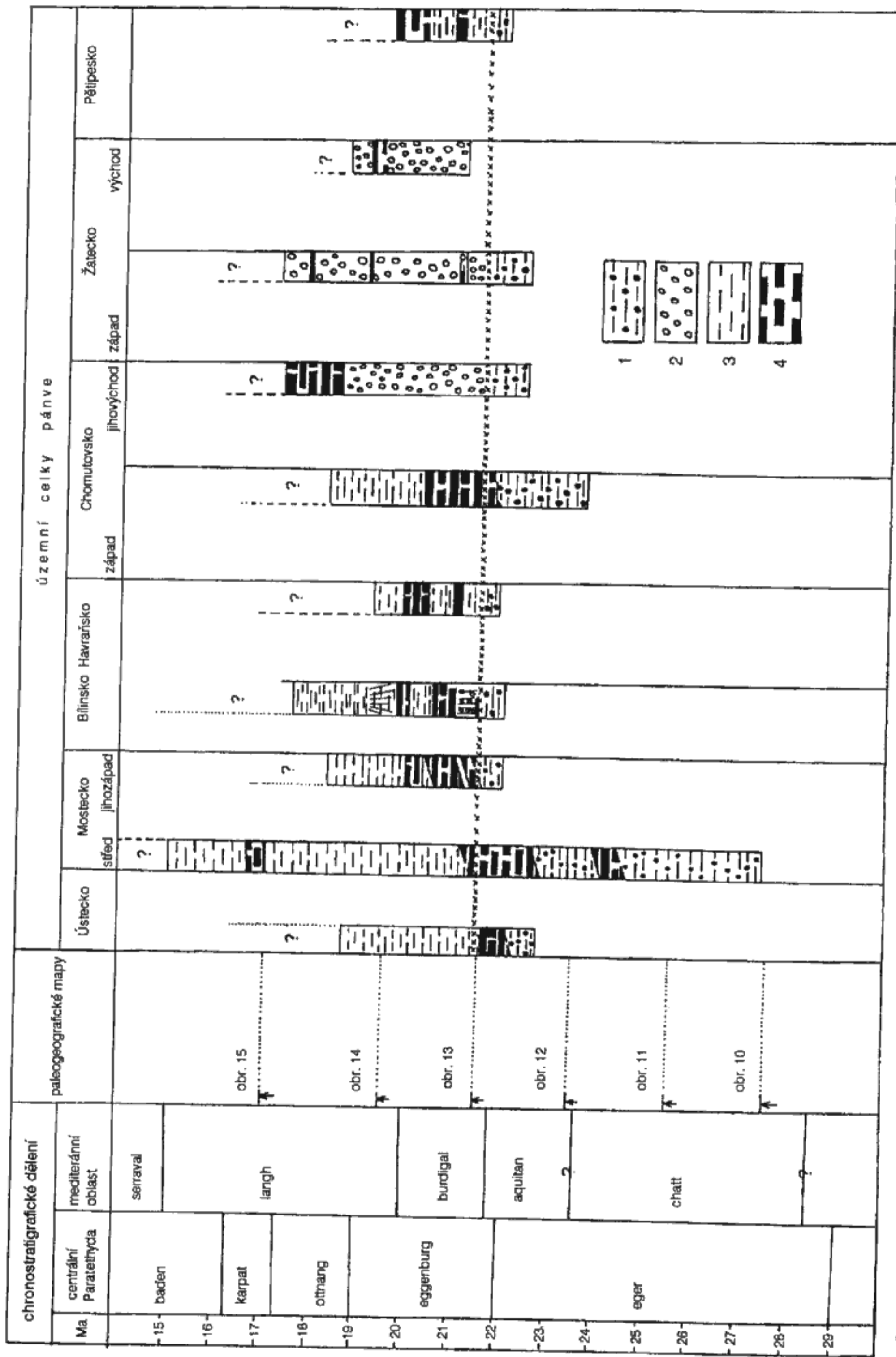
Hodnotíme-li úroveň současného oficiálního názoru na geologii pánve, dospějeme k závěru, že stále přetrvává řada zevšeobecnění, která se stále tradují, a která jsou dostatečně podložena. Příkladem je třeba tradičně vykládaný třílávkový vývoj uhelné sloje na Mostecku. Porovnáme-li geologické profily důlních uhelných jam v tzv. jednotné uhelné sloji, jejichž popisy je nutno považovat za věrohodnější než

údaje získané z vrtů, vidíme velké rozdíly. Téměř ve všech případech lze oddělit od hlavní střední části uhelné sloje jak spodní, tak i svrchní uhelnou lávku. Ty však mají spíše hodnotu pro báňskou praxi než pro regionální geologický výzkum. Zejména na delší, až několikakilometrové vzdálenosti nenajdeme jedinou vrstvu ve spodní, resp. ve svrchní lávce, kterou bychom mohli považovat za schopnou korelace. Litostratigrafický vývoj hornin ve spodní i ve střední uhelné lávce je značně rozdílný jak ve vývoji uhelných jílovitých hornin, tak v počtu pelitických proplátek a ne nepodstatnou roli hrají i značné mocnostní rozdíly. Za spekulativní je třeba považovat např. i mnohé věcné i formální úpravy stratigrafické tabulky pánevních sedimentů nebo zařazování pestré palety uhelných slojek na J a JZ severočeské pánve do tří slojových souvrství.

V následující kapitole zveřejňujeme naše představy o paleogeografickém vývoji severočeské pánve, které zásadně mění současné názory o kontinuálním spojování jednotné uhelné sloje do jednoho stratigrafického horizontu a zároveň navozují jiné korelační vztahy mezi centrální částí pánve na Mostecku a jejími západními, jihozápadními a jižními částmi.



5. Izolinie povrchu spodního komplexu. 1 - spodní komplex chybí; 2 - izolinie povrchu spodního komplexu (bez uhelné sloje); 3 - důležité zlomy.



6. Časové schéma rozložení sedimentačního prostředí v severočeské pánvi. 1 – jezerní pelity staršího komplexu; 2 – říční jezerní prostředí mladšího komplexu; 3 – jezer pelity mladšího komplexu; 4 – bažinná prostředí a uhlitvorné močály.

Nové pohledy na paleogeografii pánve

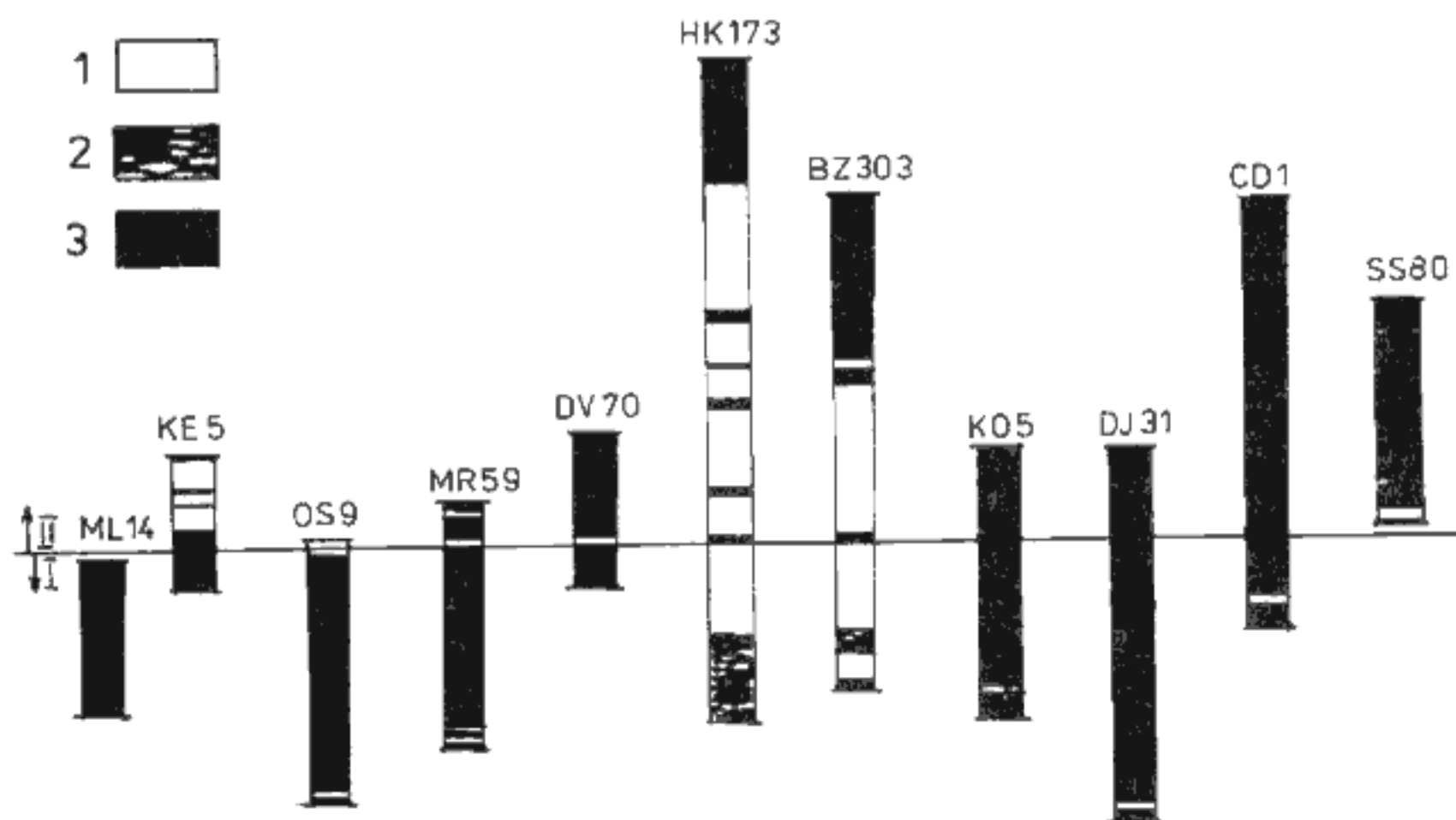
Při souhrnném regionálním zhodnocování výsledků mineralogického, geochemického a chemického studia jsme se zaměřili především na vymezení průběhu linie rozhraní mezi spodním a svrchním komplexem sedimentů na co největší ploše pánve. Shromáždili jsme téměř 200 vrtů rozmístěných vcelku rovnoměrně po území pánve. Všechny používané vrty zahrnují údaje nových analýz stopových prvků z pelitických sedimentů; z toho některé starší vrty, u nichž byly původně určeny jen těžké minerály v polohách psamitů, poskytly dodatečně analýzy stopových prvků. V místech jednotné uhelné sloje jsme se spíše než o stopové prvky opírali o silikátové analýzy popelů a přihlíželi jsme také k údajům o zkouškách tavitelnosti popelů uhelné sloje, které vesměs vhodně potvrzují zjištěné litologické změny v klastických příměsích uhelné sloje.

Při sestavení série paleogeografických mapek severočeské pánve jsme navíc využili zveřejněné výsledky paleomagnetického výzkumu v centrální části pánve na Mostecku (BUCHA et al. 1987 a následně MALKOVSKÝ - BUCHA - HORÁČEK 1989). Paleomagnetický výzkum přispěl, mimo jiné, novým pohledem na možnosti chronostratigrafického datování geologické historie severočeské pánve. Z našeho pohledu byly také zajímavé, cenné a podnětné následné aplikace tohoto výzkumu vyplývající z úvah o rychlostech sedimentace hlavních typů sedimentů pánevního komplexu. Paleomagnetický výzkum pánevních sedimentů byl proveden na třech vrtech. Zveřejněny jsou zatím výsledky vrtů LB 213 (Libkovičky) a LIH 14 (Horní Litvínov) v s. části mostecké pánve. Zjištěné stáří pánevního komplexu sedimentů (BUCHA et al. 1987) se zde pohybuje v rozmezí 17,07 mil. let (burdigal) až 27,3 mil. let (chatt). Při přepočtech na rychlost sedimentace autoři udávají, že na vytvoření pelitů v podloží uhelné sloje, které podle našich kritérií jednoznačně patří do spodního komplexu, bylo zapotřebí 2,1 až 3,7 mil. let. Uhlenné sloje o mocnosti 26–51 m potřebovaly k nahromadění nekromasy 3,7 až 4,25 mil. let a pelity nadložního komplexu o mocnosti zhruba 300 m se vytvářely po dobu něco málo přes 4 mil. let. Do paleomagnetického

výzkumu byl následně zařazen několik km vzdálený vrt u Dřínova při z. okraji mostecké části pánve. Výsledky prozatím nejsou zveřejněny.

Paleomagnetický výzkum významně doplnil, ale též ovlivnil paleogeografické závěry vyplývající z našeho výzkumu. Byl situován do míst s maximem zachovaných pánevních sedimentů a navíc převážně v pelitickém vývoji. Výrazně zde vystupují oba definované komplexy sedimentů (svrchní a spodní) ve velkých mocnostech a zároveň jde o území klíčového významu při řešení geologické problematiky pánve. Navíc se zde během posledních let nahromadilo nejvíce poznatků základního geochemického výzkumu. Využili jsme vzorky získané při vrtném průzkumu situovaném do pěti průzkumných linií jv. směru, pokrývajících převážnou část centrální části mostecké pánve o rozloze zhruba 50 km². V některých vrtech na V zkoumaného území u Oseka a Lomu dosahují mocnosti pánevních sedimentů okolo 500 m. Výsledky paleomagnetického výzkumu přepočtené na rychlosti sedimentace jednotlivých vrstev pánevního komplexu (MALKOVSKÝ - BUCHA - HORÁČEK 1989) se zdají být přijatelné a velice pravděpodobné a navíc částečně vysvětlují námi zjišťované rozdílnosti minerálního a chemického složení pelitů obou komplexů i výzkumu obsahu stopových prvků. Údaje o rychlostech sedimentace u paleomagnetického výzkumu jsme použili při konstrukci dalších odvozených paleogeografických map. Dávají ucelené představy na geologický vývoj pánve v pravidelných časových intervalech a doplňují základní a nejlépe dokumentovanou paleogeografickou mapu spodního eggenburgu (obr. 13).

Paleomagnetický výzkum umožnil především přesněji datovat časovou úroveň rozhraní mezi starším a mladším komplexem v centrální mostecké části pánve na 21,31 Ma. V základním chronostratigrafickém dělení neogénu to odpovídá stupni eggenburg (jeho spodní části) podle dělení platného pro centrální Parathetydu. Při konstrukci všech dalších odvozených paleogeografických map pro spodní i svrchní komplex uvažujeme s průměrnou rychlostí sedimentace u pelitů na Mostecku v centrální části pánve 20–30 mm/tisíc let, u uhelné sloje 30–50 mm/tisíc let a pro pelity



7. Rozložení uhelné sedimentace ve svrchním (II) a spodním komplexu hornin (I) ve východní části pánve. 1 – jíla; 2 – uhelný jíla; 3 – uhlí.

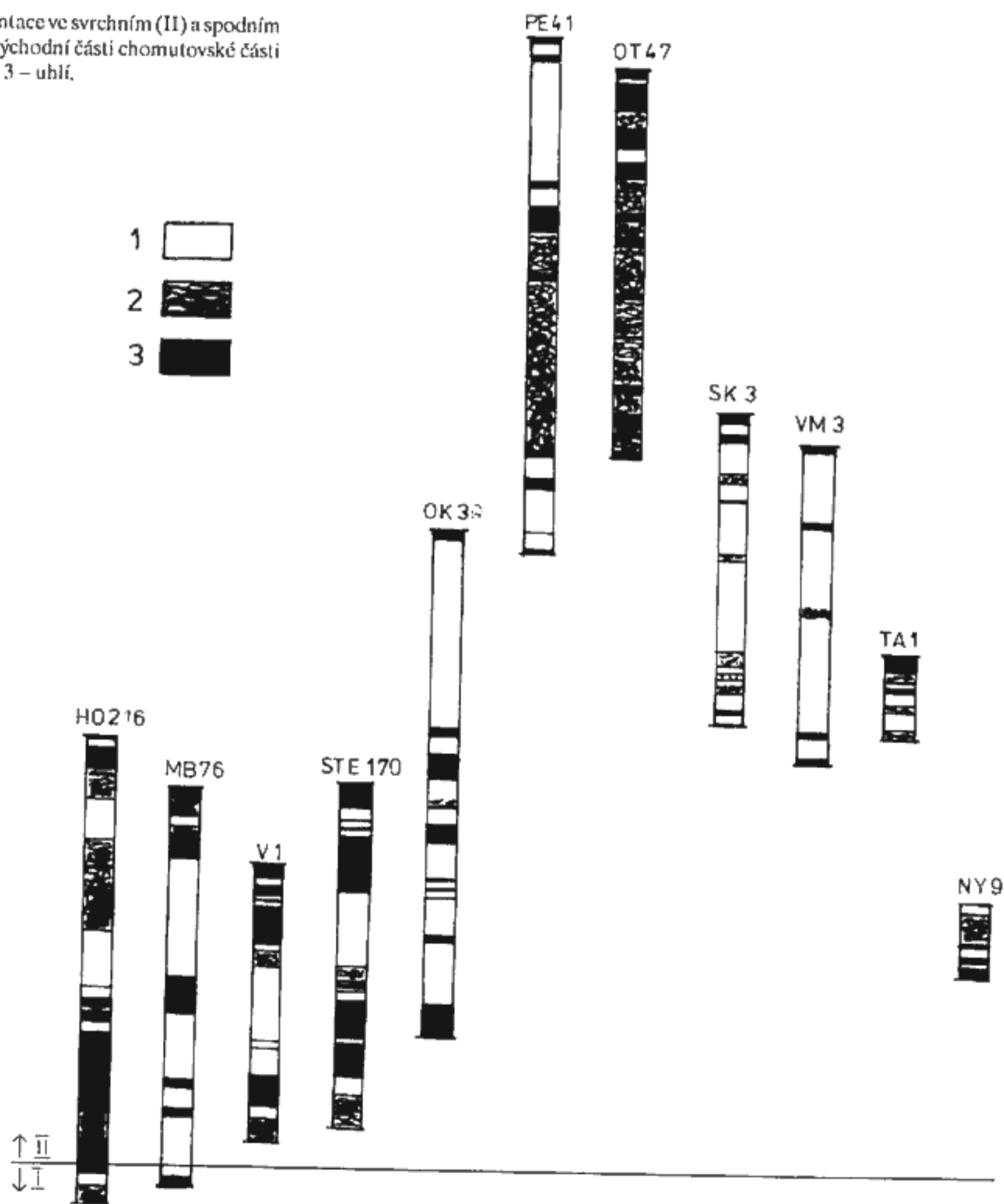
mladšího komplexu v rozmezí 200–300 mm/tisíc let. Místa a zejména směrem do vzdálenějších a okrajových částí pánve jsme hodnoty upravovali s přihlédnutím k zrnitostním změnám přinášeného materiálu, k rozdílům v kompakci hornin podle petrografických typů, ale i hloubky uložení dané pórovitostí sedimentu. Přihlédli jsme k možným zrychleným synsedimentárním pohybům některých částí pánve, ale i k celkovému snižování dynamiky reliéfu v důsledku vyrovnávání rozdílu dna pánve a okolí. Zvažovali jsme také místa s předpokládaným častým a opakovaným obdobím nesedimentace. V místech s jednotnou uhelnou slojí jsme přihlíželi rovněž k průměrnému množství popelovin, k vývoji a mocnostem pelitických proplátek a uvažovali jsme i se vzdálenostmi uhlotvorných rašelinišť a močálů od míst spojovacích kanálů, kterými se do nich dostávaly při povodních klastické příměsi.

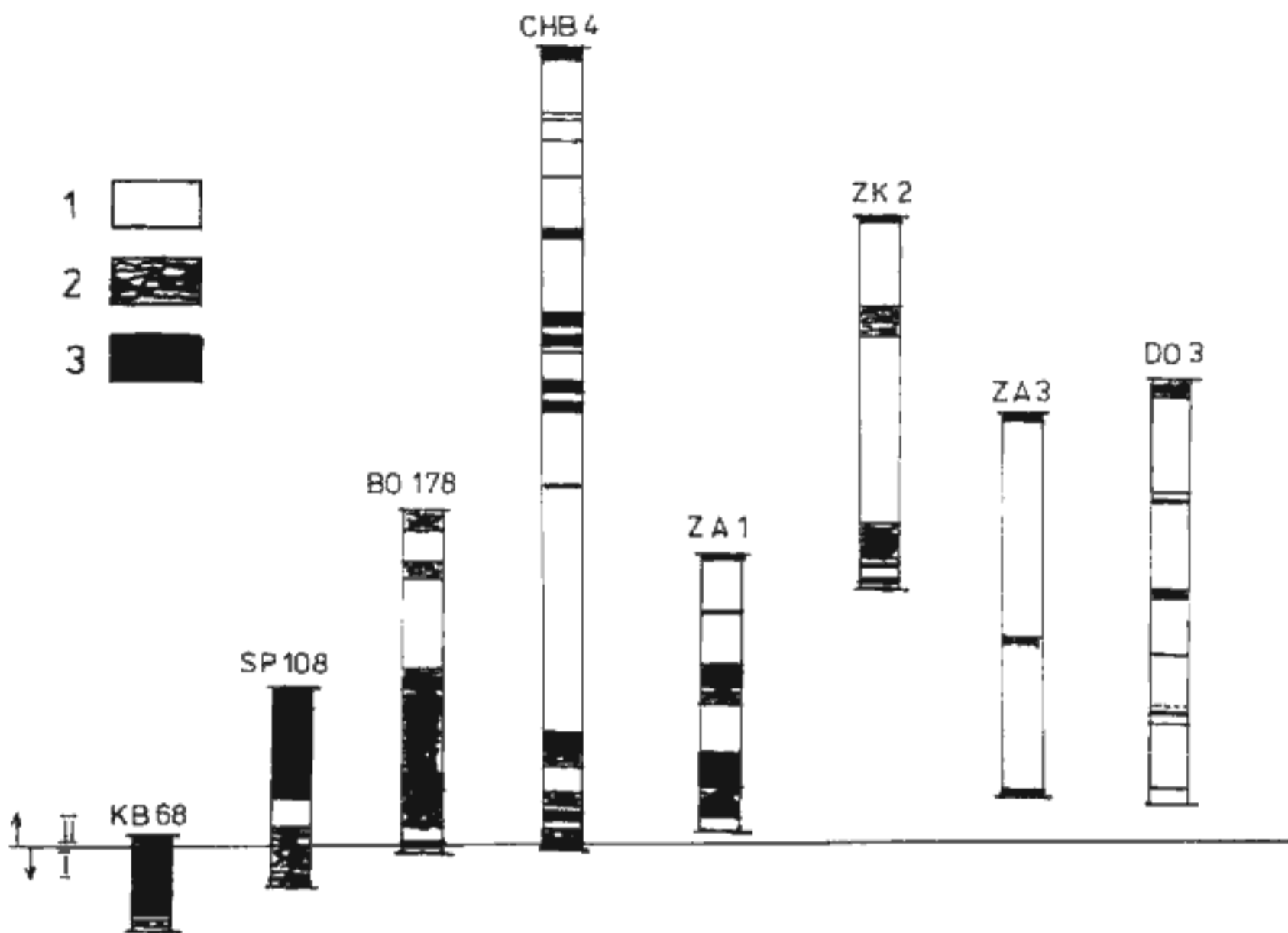
Jednotlivé paleogeografické mapy znázorňují představy o geologickém vývoji pánve v pravidelných časových inter-

valech. Pouze poslední paleogeografická mapa (obr. 15) má interval zhruba o 25 % delší, aby bylo možno zachytit období sedimentace hornin lomské uhelné sloje. Zvolením pravidelných časových odstupů a nerespektováním hranic známých stratigrafických stupňů lépe vynikne dynamika celého procesu pozvolného stěhování jednotlivých sedimentačních prostředí v prostoru a čase (obr. 6), především pak uhelné sloje (obr. 7, 8, 9). K rozhodnutí přispěla i dosavadní nejednotnost v chronostratigrafii miocénu a na konci i rozporné názory na stratigrafii pánve.

Předložené paleogeografické mapy mají charakter spíše map patrových, které se zatím opírají o jediný spolehlivý korelační horizont (rozhraní mezi svrchním a spodním komplexem sedimentů) s celopánevní platností. Ve více než pět set metrů mocném komplexu pánevních sedimentů je to málo, avšak žádná z jiných pomocných geologických disciplín, včetně paleontologie, prozatím neposkytuje vhodnější korelační kritéria. Při konstrukci paleogeografic-

8. Rozložení uhelné sedimentace ve svrchním (II) a spodním komplexu hornin (I) v jihovýchodní části chomutovské části pánve. 1 – jíl; 2 – uhelný jíl; 3 – uhlí.





9. Rozložení uhelné sedimentace ve svrchním (II) a spodním komplexu hornin (I) na Chomutovsku a Žatecku. 1 - jíla; 2 - uhelný jíla; 3 - uhlí.

kých map jsme se řídili současným názorem na základní chronostratigrafické dělení miocénu (CHLUPÁČ - ŠTORCH - TYRÁČEK 1990) a v případě absolutního časového datování stupňů jsme vycházeli z tabulky MALKOVSKÉHO (in BUCHA et al. 1987).

Paleogeografické mapy

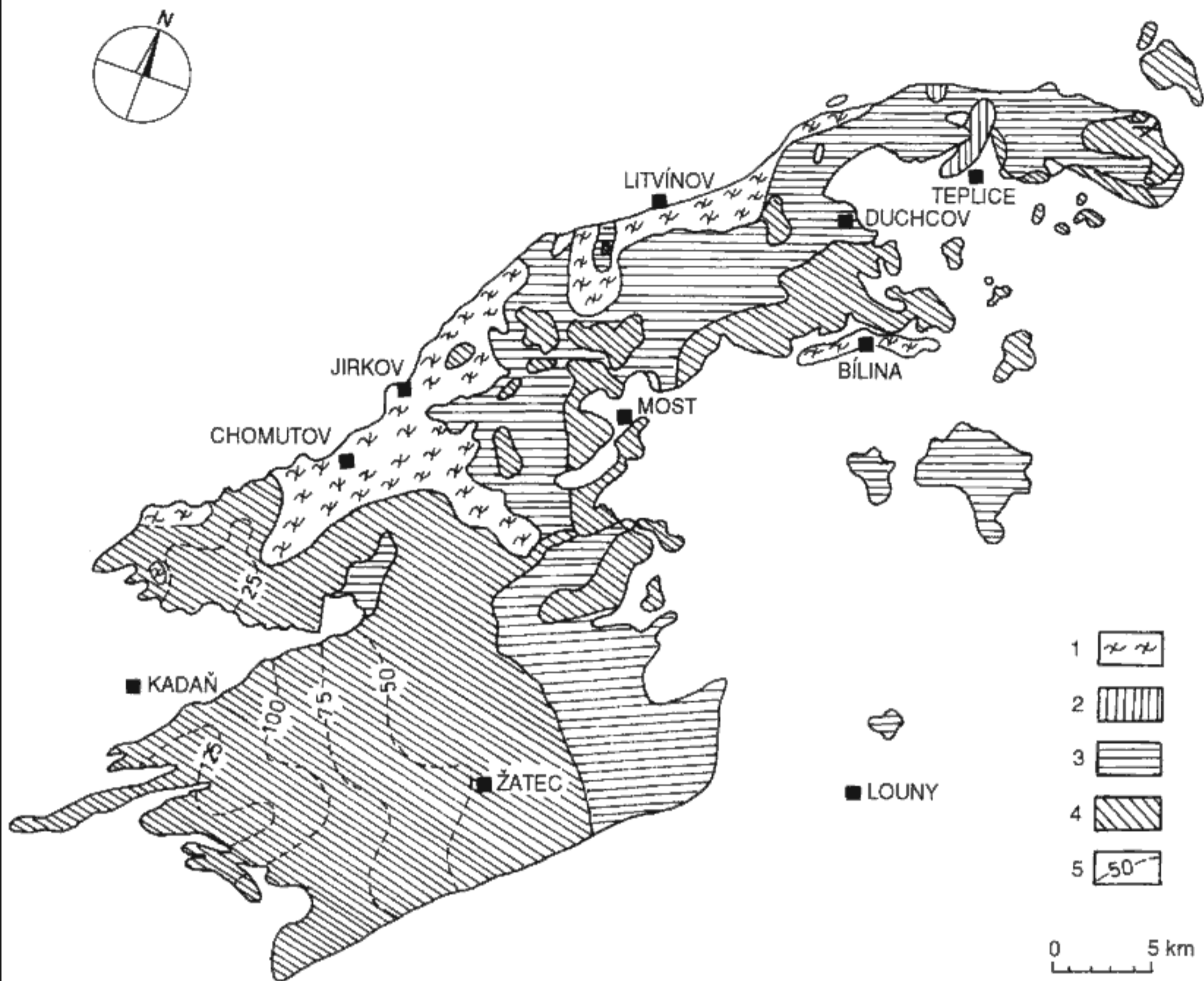
Série šesti paleogeografických map severočeské pánve zachycuje vývoj sedimentace a stav sedimentačních prostředí v určitém časovém intervalu. Interval v trvání zhruba 2 milionů let mezi mapami je někdy příliš dlouhý na to, aby bylo možno zachytit všechny významnější události a změny v geologické historii pánve. V následujícím popisu jednotlivých map je na takové případy upozorněno.

Paleogeografická mapa spodního egeru (obr. 10) zobrazuje rozšíření starších předmiocenních útvarů na území pánve, které hrály významnou roli snosných oblastí nejen pro pelity spodního komplexu, ale i pro klastické jílovité příměsi uhelné sloje ve větší části v. poloviny pánve. Zobrazená geologická situace se vztahuje k udanému časovému horizontu pouze v plošně značně omezeném území na SV mostecké části pánve, kde začala sedimentace spodního komplexu nejdříve. Teprve následně se pánevní prostor pozvolna rozšiřoval, nebo se vytvářela další místa sedimentace. Mapa znázorňuje geologickou situaci vždy těsně před započítím sedimentace v tom kterém místě pánve. Časové zpoždění začátku pánevní sedimentace v jejich různých územích je někdy podstatné. Vůbec maximální časový rozdíl v začátku sedimentace pánevního komplexu sedimentů (odhadem cca 8 mil. let) je mezi územím na Z od Duchcova a územím na V od Žatece. V místech, kde jsou v mapě znázorněny areály svrchnokřídových sedimentů nebo kruš-

nohorského krystalinika, mohly být v dané době (spodním egeru), ale i později ještě neovulkanity. Na obr. 1 jsou znázorněny vrty regionálního geochemického a mineralogického výzkumu (těžké minerály v psamitech) i tři vrty paleomagnetického výzkumu. Na mapě spodního egeru (obr. 10) v z. a jz. části pánve jsou schematicky zobrazeny izoliniemi současné mocnosti neovulkanitů.

Paleogeografická mapa svrchního egeru (obr. 11) zobrazuje geologickou situaci pánve vztahenou k časovému horizontu okolo 25,5 Ma (spodní eger). Předpokládáme existenci jezera v širším okolí Libkovic a Mariánských Radčic zaplňující menší plochou depresi, která se pozvolna rozšiřovala hlavně západovýchodním směrem (k Záluží), později také na S (k Oseku a Lomu). Jezero se zaplňovalo splachy zvětralin především z území neovulkanitů v j. sousedství. Převážně se utvářely pelity, jen v podřízené míře se usadily málo mocné vrstvy písků a pískovců. Na ostatních místech pánve, zejména v její z. a j. části, sedimentaci pánevního komplexu nepředpokládáme. Plochu jezera v centrálních částech pánve mezi Libkovicemi, Lomem a Zálužím lze v jeho závěrečné fázi vývoje odhadnout na více než 30 km².

Paleogeografická mapa nejsvrchnějšího egeru (obr. 12) zachycuje časové období vývoje severočeské pánve okolo 23,5 Ma v nejsvrchnějším egeru (spodním aquitanu). Všechny znaky předešlého období nadále přetrvávají, včetně zdroje a směrů přinášeného materiálu. Jezero spodního komplexu se stále rozšiřovalo k Z a SZ a směrem k JZ, méně k SV. Ve své nejstarší části zestárla a pozvolna začalo zarůstat rostlinstvem. V této době ještě nešlo o uhlotvorné močály a rašeliniště, v nichž se vytvářela tzv. jednotná uhelná sloj. Vznikal komplex sedimentů uhelně jílovitých hornin (uhelné lupky, černé uhelnaté pelity s polohami uhlí nebo jílovitého uhlí tzv. spodních nebo podložních slojí;



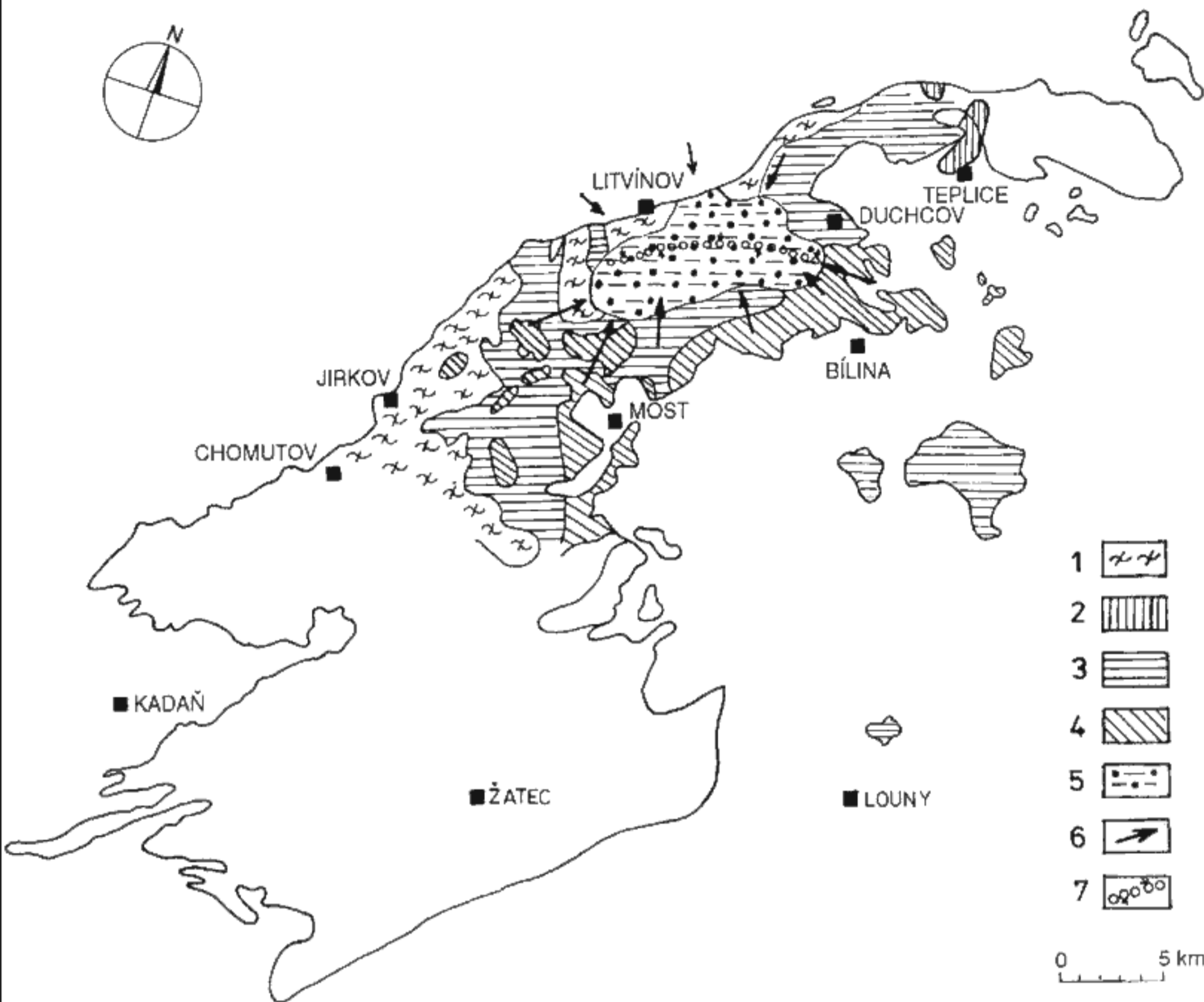
10. Paleogeografická mapa spodního egeru - 27,5 Ma. 1 - krušnohorské metamorfity; 2 - teplický paleoryolit; 3 - sedimenty svrchní křídy a paleogénu; 4 - neovulkanity a pyroklastika Českého středohoří a Doupovských hor; 5 - izoliny mocnosti pyroklastik.

HURNÍK - WILDOVÁ 1964). Po čase se jezero vrátilo do oligotrofního stadia a pokračovala klastická sedimentace převážně pelitů. Místa, např. v okolí Lomu a Mariánských Radčic, se vytvářely i mocnější vstvy psamitů, původem pravděpodobně z areálu hornin svrchní křídy, případně krystalinika. Dosažením prahů krystalinika a neovulkanitů u Dolního Jiřetína a Janova se rozšiřování jezera směrem k Z i ke krušnohorskému okraji pánve dočasně zastavilo. Obdobně k zpomalení rozšiřování až zastavení postupu jezera došlo na jeho opačném sv. konci dosažením prahu člesa paleoryolitu a svrchní křídy u Hrobu a Košfan. Právě v této části pánve (v širším okolí Háje) však v důsledku lokálního intenzivnějšího sekulárního poklesu dna pánve došlo k mohutnější sedimentaci pelitů staršího komplexu. Jezero ve znázorňovaném období mělo rozlohu alespoň 30 km².

Časem se obnovily podmínky pro zarůstání rostlinstvem k postupné přeměně nejméně poloviny rozlohy jezera, až nakonec převládly uhlotvorné pralesy (močálové jehličnaté smíšené lesy).

K vytvoření jezera se sedimentací pelitů spodního komplexu došlo také na plošně omezeném území v z. polovině pánve u Krbic a Kralup, na JZ od Chomutova. Jinak ovšem nadále byly rozsáhlé areály z. poloviny pánve bez jakékoliv sedimentace hornin pánevního komplexu. V území na J od dnešního střezovského hřbetu, tj. na Pětipesku a severním Žatecku byl terén vcelku plochý, budovaný poměrně mohutnou vrstvou převážně pyroklastik neovulkanitů (tufy, tufity, sopečné breccie a tufické jíly povětšinou zcela rozložené). Jejich mocnost okolo 95-100 m na rozsáhlých areálech Pětipeska je výrazně stálá.

Paleogeografická mapa spodního egeru (viz obr. 13) zobrazuje časový horizont vývoje pánve okolo 21,5 Ma ve spodním egeru (nejspodnější burdigal). Je to základní mapa celé série paleogeografických map pánve, je nejlépe fakticky doložena a je nejvíce propracována. Někdy v této době došlo k významné změně ve vývoji pánve jejím napojením na vzdálenější říční systém, kdy dosavadní snos místních a okolních zvětralín byl nahrazen dálkově přinášenými cizími usazeninami odlišného složení



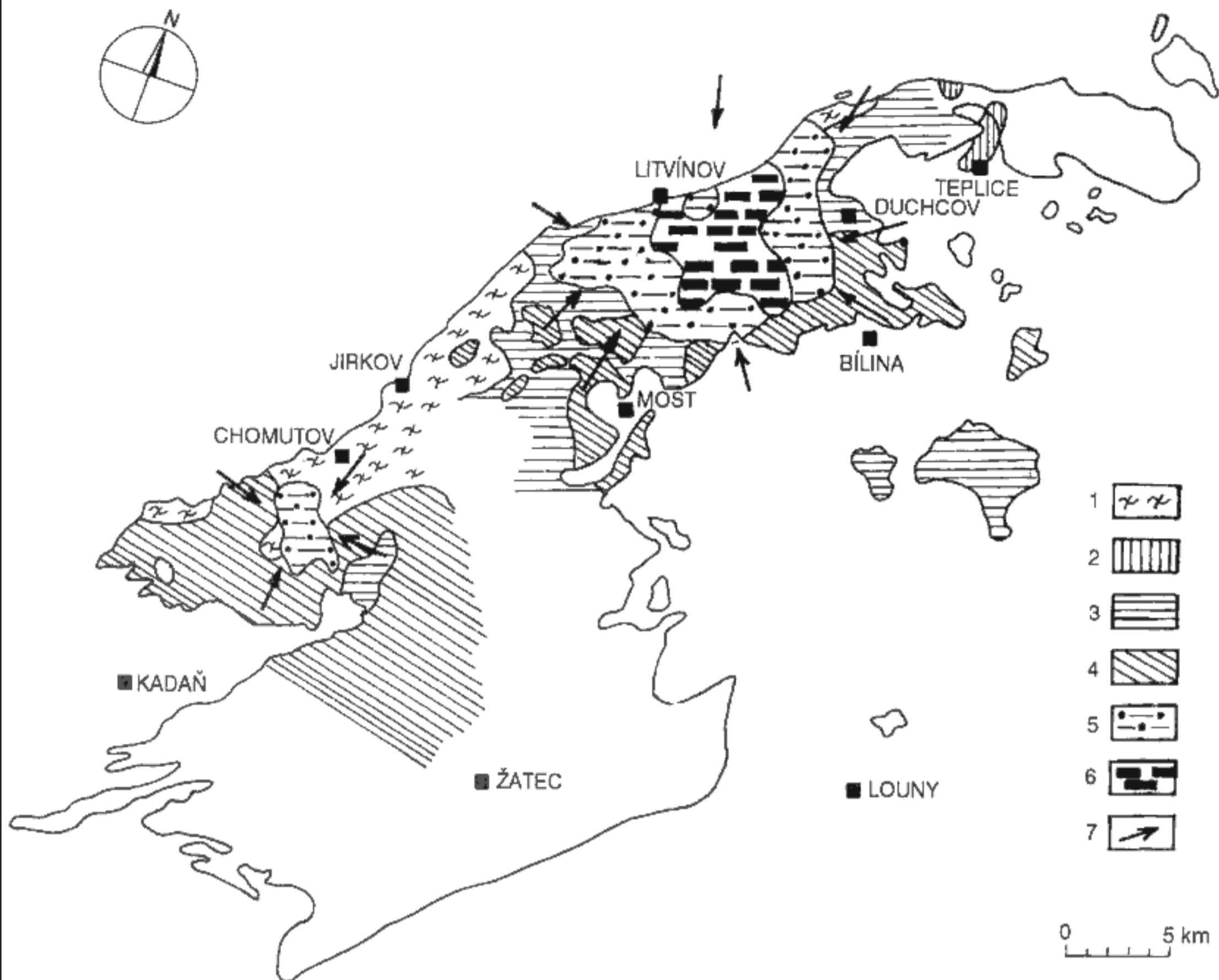
1. Paleogeografická mapa svrchního egeru - 25,5 Ma. 1 - krušnohorské metamorfity; 2 - teplický paleoryolit; 3 - sedimenty svrchní křídy; 4 - neovulkanity a pyroklastika Českého středohoří; 5 - jezerní pelity staršího komplexu; 6 - směr přítlaku; 7 - osa maximální subsidence.

Mapa zachycuje úroveň rozhraní mezi spodním a svrchním komplexem sedimentů. Za období zhruba 2 mil. let od etapy znázorněné na předchozí paleogeografické mapě se sedimentace po území pánve podstatně rozšířila. V centrálních částech pánve na Mostecku, kde pánevní sedimentace započala, pokračovalo hromadění nekromasy pro jednotnou uhelnou sloj. Pánevní jezero se rozšířilo až na Ústecko, kde se vytvořily nejdříve pelity spodního komplexu a po nich vznikala celá uhelná sloj. V nejvýchodnější části Ústecka uhlotvorná rašeliniště zanikla zatopením vodami jezera. V nejspodnějších vrstvách sedimentů jezera se usadilo několik metrů pelitických až prachovitých sedimentů, jejichž zdrojovou oblastí byly nadále okolní, převážně neovulkanické zvětraliny. Časově spadají tyto bazální vrstvy jezera nadložních vrstev na Chabařovicích ještě do období sedimentace spodního komplexu, do období před napojením pánevní oblasti na tehdejší říční systém Českého masivu přinášející klastické sedimenty ze vzdálenějších geologických regionů.

Sedimentace se stále více uplatňovala také v z. polovině pánve následkem pozvolného poklesu území na Z od linie

řeky Chomutovky. Postupně vzniklo jezero se sedimentací pelitů spodního komplexu sahající od Chomutova až na Pětipesko a do území na S od Žatec. Dnes významný hřbet neovulkanitů, táhnoucí se od Doupovských hor ke Střezovu a Březnu, se nijak v sedimentaci jezera neprojevoval. Rozsahem bylo toto jezero spodního komplexu na západě pánve podobné o něco staršímu jezeru v centrálních územích mostecké části pánve. Mocnost sedimentů je však většinou menší než na Mostecku. Ani v centru nepřesahuje 35 m, většinou je nižší. Mimo jiné je to způsobeno pomalejším synsedimentárním poklesem dna, ale také menším morfologickým členěním této části pánve.

Území na V od linie říčky Chomutovky, zejména ve své j. části, zůstávalo nadále souší. Výjimkou je rozlohou menší území v okolí Strupčic, kde se dočasně vytvořil sedimentační prostor, v němž vznikaly pelitické sedimenty spodního komplexu. Propojení tohoto sedimentačního prostoru do mostecké části pánve tehdy zabraňovala příčná elevační struktura ryzelsko-jezeřského hřbetu, jejíž obdobnou funkčnost v pozdějších vývojových etapách pánve oprávněně zpochybňují BRUS a HURNÍK (1987). Další, plošně ome-



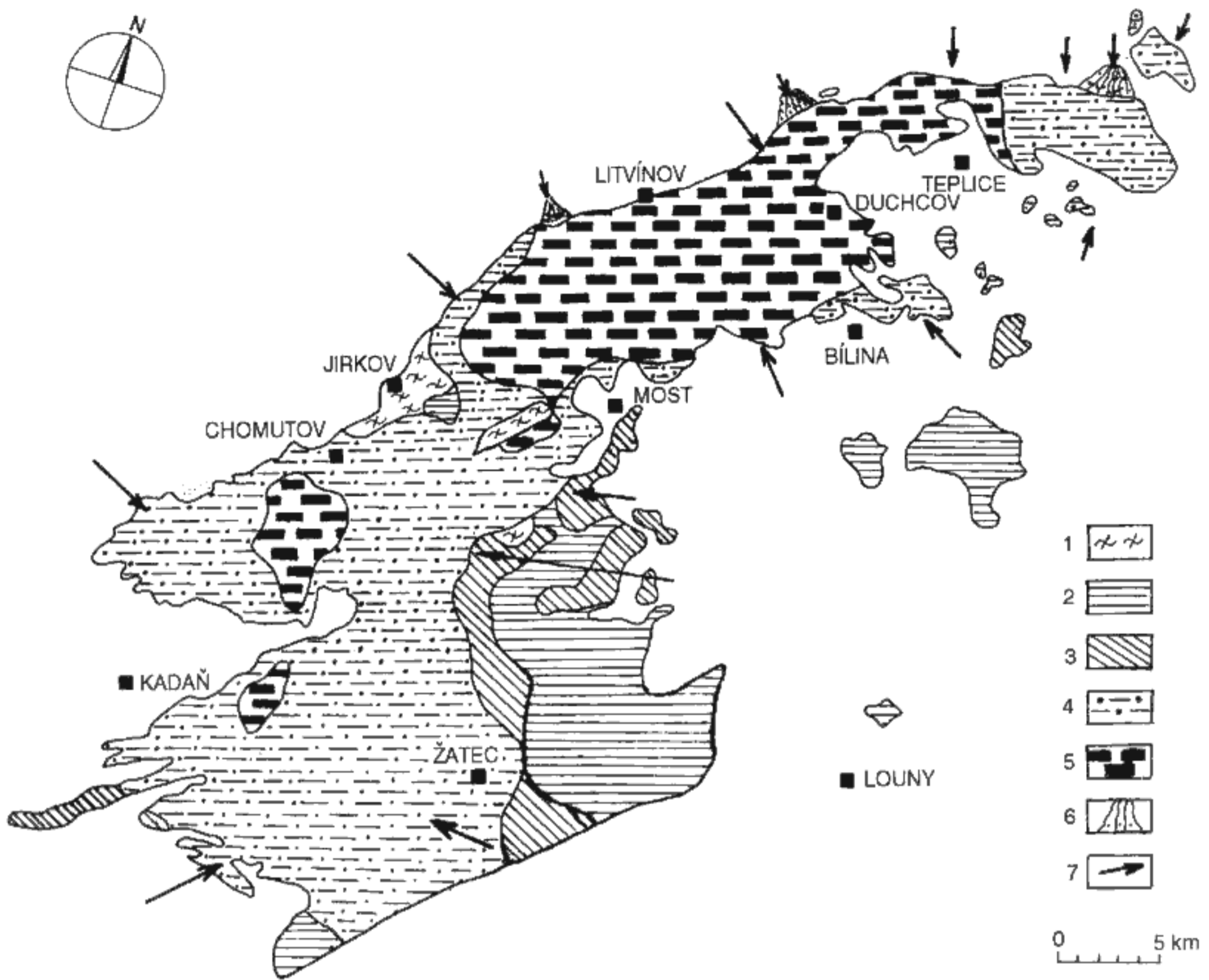
12. Paleogeografická mapa nejsvrchnějšího egeru - 23,5 Ma. 1 - krušnohorské metamorfity; 2 - teplický paleoryolit; 3 - sedimenty svrchní křídý; 4 - neovulkanity a pyroklastika Českého středohoří a Doupovských hor; 5 - jezerní pelity staršího komplexu; 6 - bažinná prostředí a uhlotvorné močály; 7 - směr přínosu.

zené ostrůvky pelitických hornin spodního komplexu sedimentů se soustřeďují do území trojúhelníkovitého tvaru mezi Třebušicemi, Sušany a Vrskmaní. Obsahem stopových prvků jsou zdejší pelitické sedimenty spíše výjimečné pro svůj zvýšený přínos zvětralin hornin krušnohorského krystalinika, patrně původem z nedalekého hřbetu. U Třebušic a hlavně u Hořan, ale také v okolí Mostu jsou známy pelity silně vápnité, které se na první pohled podobají slínovcům turonského stáří. Na příslušnost k horninám spodního komplexu poukazuje příměs stopových prvků vulkanogenního původu, transportem podrcená mikrofauna svrchnokřídového stáří, ale především okolnost, že vápnité pelity spodního komplexu zde nasedají na různá svrchnokřídová souvrství.

Paleogeografická mapa nejsvrchnějšího eggenburgu (obr. 14) zobrazuje časový úsek vývoje začínající změnou nosných oblastí a napojením pánve na dálkový přínos a pokračuje do nejsvrchnějšího eggenburgu (spodního lanžhu), přibližně okolo 19,5 Ma. Změny v rozmístění jednotlivých hlavních sedimentačních prostředí na území pánve pokračovaly. Uhlotvorná sedimentace ve východní polovi-

ně pánve zcela skončila. Centrum tvorby uhelné sloje se přesunovalo z Mostecká na Z a JZ od Mostu. Na Bílinsku a Mostecku je znázorněné mezidobí vyplněno, zejména ve své starší polovině, stykem deltového ústí řeky a jeho ramen a kanálů s uhlotvornými rašeliništi a pralesy. Podrobně je geologický vývoj tohoto dílčího území pánve popsán a graficky znázorněn ve studii ELZNICE (1970). Později se zrychlil pokles dna pánve, poklesalo rovněž území paleoryolitu v širším okolí Teplíc a pozvolna se po celé v. polovině pánve rozšířilo jezero svrchního komplexu sedimentů s pravidelnou, převážně pelitickou sedimentací. Při krušnohorském okraji pánve lze sledovat místní přínos psamiticko-pelitických sedimentů přinášených drobnými toky z oblasti dnešních Krušných hor (např. Přestanov, Unčín, Telnice, Osek, Háj aj.). Koncem eggenburgu doznávaly projevy dlouhodobého působení bílinské delty v širším okolí Mostu a Bílina. Delta svými rameny zprvu bezprostředně pronikala do uhlotvorných močálů, později už jen nanášela do centrálních částí dílčí mostecké pánve mohutné písčito-jílovité vrstvy (některé vrstvy jsou známé jako „kuřavky“).

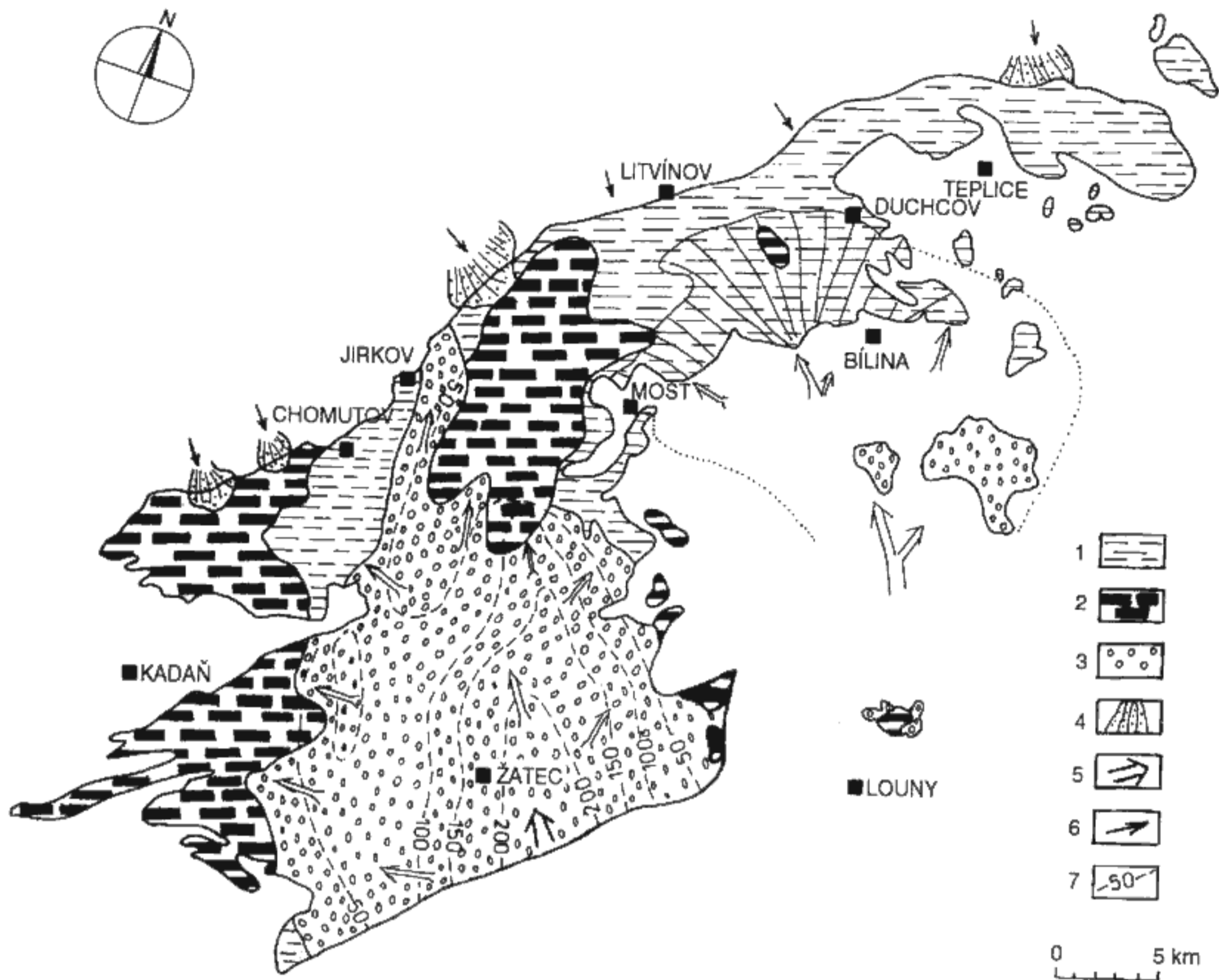
Uhlotvorné bažiny a močály jednotné uhelné sloje setr-



13. Paleogeografická mapa spodního eggenburgu - 21,5 Ma. 1 - krušnohorské metamorfity; 2 - sedimenty svrchní křídly a paleogénu; 3 - neovulkanity a pyroklastika Českého středohoří; 4 - jezerní pelity staršího komplexu; 5 - bažinná prostředí a uhlotvorné močály; 6 - prostředí náplavových kuželů; 7 - směr přínosu.

vávaly v širokém okolí Holešic, Hořan a zasahovaly do okolí Kunderatic. Jejich rozloha na obr. 14 představuje jejich konečnou polohu postupného stěhování směrem na Z a JZ. V tomto místě uhlotvorná sedimentace se dostávala do styku se z. ramenem žatecké delty. Vlivem přínosu klastik byla uhlotvorná rašeliniště dlouhodobě zatlačována zpět k S a SV, a do jejich prostředí byly přinášeny ve větší míře převážně pelitické popeloviny, vytvářející balastní příměsi v uhelné sloji (obr. 7, 8, 9). Z hlavního sz. směru přínosu klastik k Jirkovu se časem k V až SV oddělovalo několik vedlejších ramen, přinášejících psamiticko-pelitický materiál zejména k bývalé obci Slatinice s pokračováním až do okolí Holešic. Podobné poměry spatřujeme na opačném, sz. rameni žatecké delty, kde zvýšené přínosy klastických příměsí ovlivňovaly nebo místy znemožňovaly vývoj uhelné sedimentace na území Pětipeska a v z. části Chomutovska, např. v území táhnoucím se od Velké Vsi na Vitčice, Račtice, Vidolice a Hořenice, na Chomutovsku u Droužkovic, Března a bývalých obcí Naší, Brán a Libouše aj. V mapě jsou izoliniemi znázorněny mocnostní poměry psamiticko-

pelitických usazenin v hlavním směru přínosu ze žatecké delty ve směru od Žatce k Jirkovu. Zde lze někde mezi Drmaly a Jirkovem předpokládat dočasný odtok vod z pánevní oblasti přes území Krušných hor (ČADEK 1966). Ani do konce eggenburgu se v pánevní sedimentaci neuplatňoval dnes výrazný příčný práh neovulkanitů střešovského sedla. Pětipesko s Chomutovskem, zejména S jeho z. a jz. části, vytvářely jeden sedimentační celek, přerušovaný teprve posedimentárním výzdvihem střešovského hřbetu. Vznik střešovského hřbetu je časově shodný s výzdvihem Krušných hor při sz. okraji severočeské pánve. Mezi Březnem u Chomutova a jeho širším z. okolím na jedné straně a Vičicemi a Vinařemi na druhé, j. straně střešovského hřbetu vidíme, jak na sebe jako by navazují všechny významné linie a rozhraní charakterizující pánevní komplex litologicky, jako jsou průběhy linií štěpení uhelné sloje, omezení pruhů převážně psamitických usazenin, které před vznikem střešovského hřbetu měly kontinuální průběh. Teprve v mladší části období (obr. 14) se vytvářely uhelné slojky i v centrální části sz. pruhu mohutných vrstev klastik žatecké delty mezi



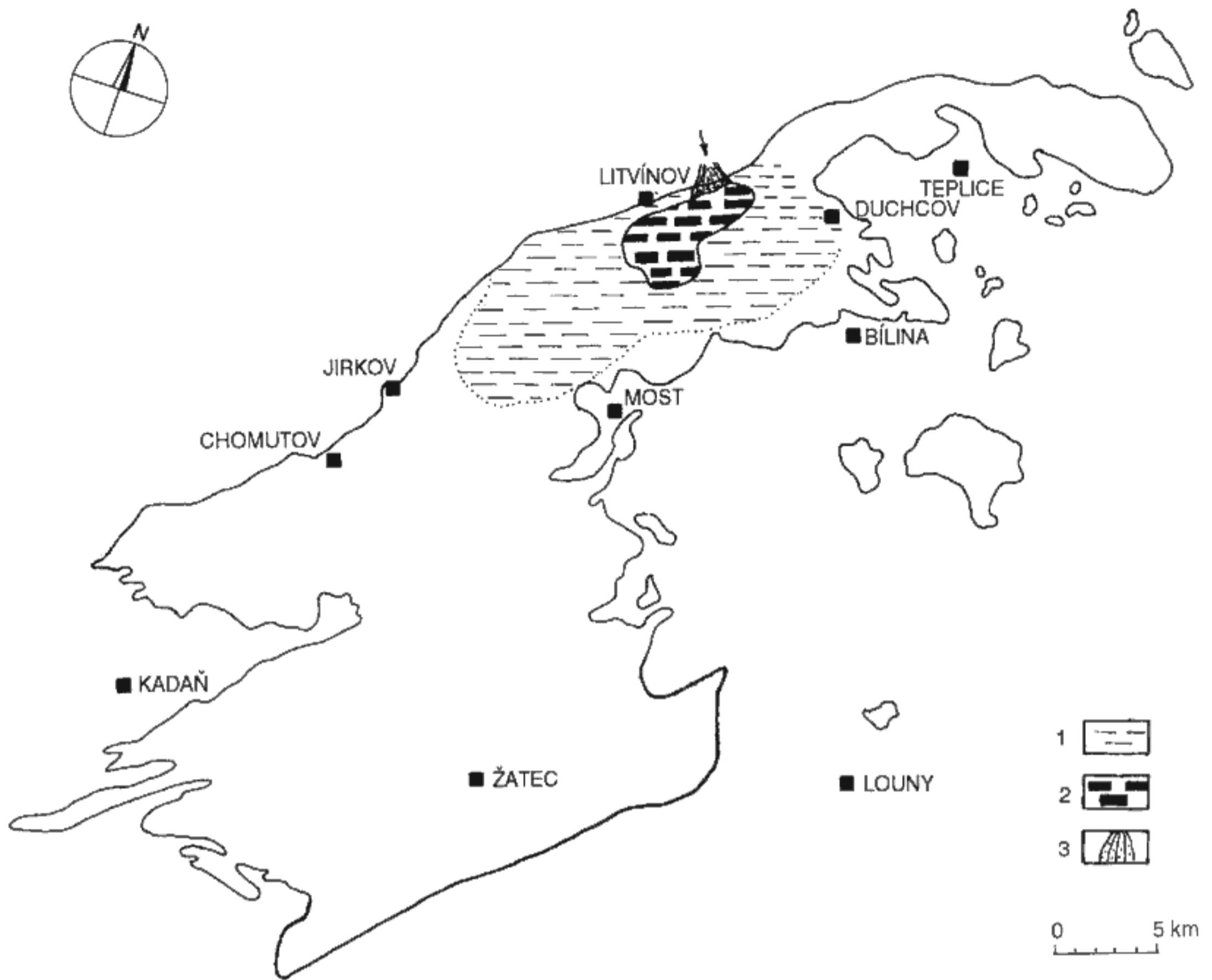
14. Paleogeografická mapa nejvyššího eggenburgu - 19,5 Ma. 1 - jezerní pelity svrchního komplexu; 2 - bažinné prostředí a uhlotvorné močály; 3 - říčně jezerní prostředí mladšího komplexu; 4 - prostředí náplavových kuželů a delt; 5 - hlavní směr přínosu; 6 - směr přínosu; 7 - izolinie mocností v žateckém přínosovém kuželu.

Žatcem a Jirkovem. Nejzápadnější východ severočeské pánve na Ústecku a patrně i na Teplicku byl v té době už úplně uzavřený, a proto zde měl převahu odpar nad odtokem vod z území pánve.

Paleogeografická mapa svrchního karpátu (obr. 15) zobrazuje časový horizont vyššího karpátu (středního langhu) okolo 17 Ma. V časovém mezidobí, tentokrát prodlouženém zhruba o 25 %, se projevila převážně jezerní sedimentace pelitického charakteru, která postupně zatopila všechny uhlotvorné pralesy a močály, které až dosud na území pánve zbyly na V od Mostu, JZ od Chomutova a v západnější části pětipeské pánve. Na mnoha místech, zejména ve v. polovině pánve, se zachovalo až několik set metrů jezerních pelitů svrchního komplexu (nejvíce u Lomu a Hrdlovky). Přesto se jedná jen o denudační zbytek mnohem rozsáhlejšího areálu podobných uloženin, které zřejmě byly ve své době produktem jezera táhnoucího se od krušnohorského okraje pánve až někde do Poohří. Jezero pokrývalo i větší část přilehlého Českého středohoří a zasahovalo místy také do dnešního krušnohorského sva-

hu. Přítok i v tomto závěrečném známém období existence pánve zůstával v okolí Žatce. Změnil se asi tvar ústí a posunul jižněji. Vedlejší přítok, který předtím směřoval přes území dnešního Českého středohoří na Bílinsko, nejspíše zanikl. Koncem období zobrazovaného časovým horizontem mapy se v území na SV od Mostu projevil výzdvih území a v širokém okolí Lomu se znovu uchytila organogenní sedimentace lomské uhelné sloje. Dnes zachovaný zbytek uhlotvorných prostředí o rozloze necelých 20 km² nejspíše představuje denudační zbytek, který měl své pokračování směrem k JZ. Svědčí o tom jak mocnostní poměry, tak zejména litologický vývoj. Sedimentace v pánevním prostoru pokračovala nadále. Po čase se v okolí Lomu obnovilo jezerní prostředí, uhlotvorná prostředí zde byla zatopena jezerem a pokračoval předchozí charakter sedimentace pelitů svrchního souvrství. Pouze v okolí Oseka se v té době uplatňovaly usazeniny psamitických klastik původem z krušnohorského břehu pánevního jezera.

Dobu ukončení sedimentace v severočeské pánvi neznáme, stejně jako úplné mocnosti usazených hornin. Jediný



15. Paleogeografická mapa svrchního karpátu (spodní langh) – 17,0 Ma. 1 – jezerní pelity svrchního komplexu; 2 – bažinné prostředí a uhlotvorné močály; 3 – prostředí náplavových kuželů.

konkrétní údaj pochází z území vývoje lomské uhelné sloje, kde se v osní části tohoto reliktu uhelné sedimentace zachovalo ještě 130 m jezerních pelitů. Jinak zbývá než vzít na vědomí rekonstrukce původních mocností nadložních jíílů, jimiž se v teoretické rovině zabýval HURNÍK (1978). Dospěl při tom k závěru, že v pánvi bylo v průměru denudováno 70–300 m nadložních pelitů. Údaje se shodují do jisté míry s našimi pozorováními u Duchcova a na Bílinsku, kde lze u velkých zlomů na styku pánevních sedimentů s neovulkanity a sedimenty svrchní křídly usuzovat na reálnou míru denudace 150–200 m. Za této situace se lze domnívat, že sedimentace aspoň v centrálních částech pánve na Mostecku trvala ještě zhruba dalších 1–1,5 mil. let po období zobrazeném na obr. 15, tedy nejméně doprostřed badenu (svrchního langhu).

Závěr

Mnoho let trvající mineralogický, chemický a geochemický výzkum sedimentů v severočeské hnědouhelné pánvi po-

skytl nové a závažné výsledky, které umožňují opravit některé dosavadní představy o geologické stavbě pánve, o jejím paleogeografickém vývoji a v menší míře také o litologii sedimentů.

Nejvýznamnější roli sehrál výzkum stopových prvků v pelitických sedimentech, doplněný určováním těžkých minerálů v psamitické části pánevního komplexu. Bylo také přihlédnuto k dalším rozborům a analýzám hornin jako je tavitelnost popelovin uhlí, byly sledovány obsahy alkálií a jílových minerálů, silikátové analýzy popela a popelovin uhelné sloje apod.

Přehled nejdůležitějších závěrů:

1. Neogenní sedimenty severočeské hnědouhelné pánve lze rozdělit do dvou celků, které nazýváme spodním (starším) a svrchním (mladším) komplexem, a to na základě jejich odlišného složení, charakteru a obsahu těžkých minerálů jejich psamitů, zjištěného spektra stopových prvků v pelitech i minerálního a chemického složení.

2. Hranici mezi spodním (starším) a svrchním komplexem lze rozeznávat ve všech hlavních petrografických faciích pánevních sedimentů po celé rozloze pánve. Zkušený

geolog odliší od sebe makroskopicky poměrně spolehlivě pelity obou komplexů. Pro vzájemné odlišení psamitických poloh obou komplexů se nejlépe hodí určení obsahu těžkých minerálů. Je vhodné výsledek ještě doplnit a ověřit zjištěním stopových prvků v propláštěných pelitů uvnitř psamitických vrstev. Nejméně snadné je určení rozhraní mezi oběma komplexy uvnitř uhelné sloje ve východní polovině severočeské pánve. Osvědčilo se kombinovat výsledky silikátových analýz klastických příměsí (popelovin) v uhlí se zjišťováním obsahu stopových prvků v pelitických propláštěcích v uhelné sloji, případně v polohách uhelných jílovitých hornin nebo v klastických jílovitých příměsích uhelné sloje.

3. Spodní komplex zahrnuje beze zbytku všechny typy hornin zařazované do podložních vrstev (podložního souvrství) a tu část jednotné uhelné sloje, jejíž druhotné klastické příměsí (popeloviny) mají rovněž původ ve zvětralých horninách v těsném okolí nebo přímo na území pánve. Spektrum stopových prvků podložního komplexu je ojedinělé, velice pestré, dané především jejich původem z neovulkanitů.

4. Svrchní komplex zahrnuje sedimenty převážně mimo-pánevního původu. V pelitických typech sedimentů se to projevuje jednak nápadným potlačením vulkanogenních prvků (Ti, Nb, Zr, Sr a Ba) a naopak zvýšeným obsahem K, Rb, Cs a Mg. Výjimečností svrchního komplexu je neobvyklá homogenita chemického složení, které se projevuje především ve stabilním obsahu Rb. Pro polohy psamitů mladšího (svrchního) komplexu je typická přítomnost andaluzitu, těžkého minerálu, který se v žádných současných geologických útvarech na území pánve, ani v jejím okolí nevyskytuje.

5. Změna charakteru sedimentace byla způsobena přenesením zdrojových oblastí z dosavadních v okolí pánve do vzdálenějších oblastí v okrajových částech Českého masivu.

6. Klastický materiál pro sedimenty svrchního komplexu (včetně části uhelné sloje) se na území severočeské pánve dostával větším vodním tokem, jehož ústí leželo kdesi na Žatecku, s pobočným přínosem poněkud východněji na Bílinsku, event. v okolí Mostu. Klastické materiály usazované v deltovitých ústí při vstupu toku do pánve postupně progradovaly dále do pánve a vytvářely se mocné a rozlehlé areály klastických sedimentů zejména u žateckého ústí. Pobočná ramena deltovitých ústí pronikala do uhlotvorných prostředí jak na Chomutovsku a Pětipesku z žatecké delty, tak na Bílinsku a Mostecku z pobočné bílinské delty. Obě delty ve svrchním komplexu ovlivňovaly v dobách povodní vzdálená rašeliniště a uhlotvorné pralesy přínosem klastických příměsí.

7. Představy o paleogeografickém vývoji území severočeské pánve podáváme v šesti paleogeografických mapách. Základní mapa představuje situaci v době, kdy došlo k přenesení zdrojových oblastí do vzdálenějších území. Na základě paleomagnetického výzkumu bylo možno datovat tuto událost do středního eggenburgu (nejspodnějšího burdigalu). K sestavení této základní paleogeografické mapy, která znázorňuje geologickou situaci na rozhraní mezi svrchním (mladším) a spodním (starším) komplexem sedimentů jsme měli dostatek poznatků regionálního geochemického a mineralogického výzkumu. Další odvozené pa-

leogeografické mapy (z toho dvě pro starší komplex a dvě pro mladší komplex) zobrazují v pravidelných časových intervalech vývoj sedimentace v pánvi, který podle posledních odhadů (BUCHA et al. 1987) trval více než 10 mil. let.

8. Z paleogeografických map je zřejmé, že na území severočeské pánve docházelo během neogénu k časté laterální migraci sedimentačních prostředí. Stěhování bylo způsobováno rozdílným diferencovaným synsedimentárním poklesem dílčích území pánve, ale také vývojem sedimentace v deltách. Vývoj a regionální změny v rozmístění jednotlivých sedimentačních prostředí je většinou možno charakterizovat jako dlouhodobé pozvolné přemísťování, i když čas od času docházelo i k náhlým zánikům některých sedimentačních prostředí.

9. Ve východní polovině pánve začala sedimentace staršího komplexu dříve než v polovině západnější. Rovněž uhelná sedimentace na Mostecku a Teplicku začala, ale také skončila dříve než na Žatecku, Pětipesku, v části Chomutovska, ale také na Havraňsku a v blízkém jz. okolí Mostu. Začátek sedimentace svrchního komplexu se projevoval většinou náhle, zejména v z. polovině severočeské pánve. Do vzdálenějších areálů pánve, kde v době změny zdrojových oblastí byla rozsáhlá rašeliniště a uhlotvorné pralesy, se odlišné klastické sedimenty svrchního komplexu dostávaly mnohem pomaleji a většinou v několika nárazech.

10. Nejmladší část pánevního komplexu sedimentů je denudována. Z rekonstrukcí původních mocností a dalších nepřímých pozorování lze odhadnout, že bylo odneseno asi 100 až 250 m většinou pelitů, v podřízené míře též uhelných sedimentů (lomské sloje).

K tisku doporučil S. Hurník

Literatura

- BRUS, Z. (1982): Hlavní rysy sedimentace v prostoru štěpení hnědouhelné sloje mezi Mostem a Jirkovem. – Sbor. 4 uhel. geol. konf. Přírodověd. fak. Univ. Karlovy, 3–9. Praha.
- BRUS, Z. - HURNÍK, S. (1987): Geologické rozhraní mezi chomutovskou, mosteckou a ústeckou částí severočeské hnědouhelné pánve. – Čas. Mineral. Geol., 32, 4, 393–410. Praha.
- BRUS, Z. - ELZNIC, A. - HURNÍK, S. - ZELENKA, O. (1987): Geologie oblasti. – XXVI. celostátní konf. ČSMG, 82–141. Most.
- BUCHA, V. - ELZNIC, A. - HORÁČEK, J. - PAZDERKOVÁ, J. (1987): Paleomagnetic Timing of the Tertiary of the North Bohemian Brown-Coal-Basin. – Věst. Ústř. Úst. geol., 62, 2, 83–95. Praha.
- ČADEK, J. (1964): Nové poznatky o paleogeografii miocenních pánví severních Čech. – MS Geofond. Praha.
- (1966): K paleogeografii chomutovsko-mostecko-teplické pánve (na základě studia těžkých minerálů). – Sbor. geol. Věd, Geol., 11, 77–114. Praha.
- (1967): A contribution to the application of geochemical criteria to the stratigraphic correlation of sediments. – Geochemie v Československu, 141–152. Vys. škola báň. Ostrava.
- (1987): Geochemie sedimentů severočeské pánve. – MS Čes. geol. úst. Praha.
- ČADKOVÁ, Z. - KUREDOVÁ, J. - PLZÁK, V. - ŠMEJKAL, V. (1985): Geochemie miocenních sedimentů. In: M. Malkovský: Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí. – Ústř. úst. geol. Praha.

- ČTYROKÝ, P. - FEJFAR, O. - HOLÝ, F. (1964): Neue paläontologische Funde in Untermiozän des nordböhmischen Braunkohlenbeckens. – Neu. Jb. Geol., Paläont., Abh., 119, 2, 134–156. Stuttgart.
- DOMÁČÍ, L. (1977): Litostratigrafie třetihorních sedimentů v hnědouhelné severočeské pánvi. – Acta Univ. Carol., Geol., 1, 75–80. Praha.
- ELZNIC, A. et al. (1964): Výsledky litostratigrafického studia miocenních sedimentů chomutovsko-mostecko-teplické pánve. – Geol. výzkum v SHD, 1–21. Most.
- (1970): Litofaciální vývoj a paleogeografie terciéru na Mostecku, Teplicku a Ústecku. – Zpr. Stud. Obl. vlastiv. Muz., přír. Vědy, 6, 3–19. Teplice.
- (1973): Sedimenty neogénu a vývoj uhelné sloje v mostecké části severočeské pánve. – Sbor. geol. Věd, Geol., 24, 175–204. Praha.
- ELZNIC, A. - FIŠERA, E. - HURNÍK, S. - MALKOVSKÝ, M. - VÁCL, J. (1986): Návrh neformálního litostratigrafického členění terciéru severočeské hnědouhelné pánve. – MS Čes. geol. úst. Praha.
- HOKR, Z. (1985): Změny složení popela v závislosti na vývoji sloje v severočeské hnědouhelné pánvi. – Sbor. 2. uhel. konf. přírodověd. fak. Univ. Karlovy, 5–6. Praha.
- HURNÍK, S. (1961): Paleofloristické oblasti nadložní série v severočeském terciéru a jejich vztah k litofaciálnímu vývoji. – Čas. Mineral. Geol., 6, 4, 419–428. Praha.
- (1978): Rekonstrukce mocnosti nadložního souvrství v severočeské hnědouhelné pánvi. – Čas. Mineral. Geol., 23, 3, 265–276. Praha.
- HURNÍK, S. - MAREK, D. (1962): Ke stratigrafii severočeského terciéru na východ od Doupovských hor. – Čas. Mineral. Geol., 7, 1, 35–41. Praha.
- HURNÍK, S. - WILDOVÁ, J. (1964): Současný stav podložních slojí v centrální části severočeské hnědouhelné pánve. – Čas. Mineral. Geol., 9, 4, 403–412. Praha.
- CHLUPÁČ, I. - ŠTORCH, P. - TYRÁČEK, J. (1990): Současný stav základního chronostratigrafického dělení. – Čas. Mineral. Geol. 35, 3, 323–332. Praha.
- KURENDOVÁ, J. (1980): Geochemická charakteristika uhlí severočeské pánve. In: Severočeská pánve (geologicko-geochemická studie). – MS Čes. geol. úst. Praha.
- KVAČEK, Z. - BŮŽEK, Č. (1982): Třetihorní rostlinná společenstva severočeské hnědouhelné pánve ve vztahu k litofaciálnímu vývoji. – MS Úst. geol. a geotech. AV ČR. Praha.
- MALKOVSKÝ, M. et al. (1985): Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí. – Ústř. úst. geol. Praha.
- MALKOVSKÝ, M. - BUCHA, V. - HORÁČEK, J. (1989): Rychlost sedimentace terciéru v mostecké části severočeské hnědouhelné pánve. – Geol. Průzk., 31, 1, 2–5. Praha.
- PROCHÁZKA, M. (1954): Paleontologický výzkum chomutovské a pětipeské pánve. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1953, 144–147. Praha.
- ŠMEJKA, V. (1984): Isotopic composition of carbonates and differences in deposition environment during the Miocene lacustrine sedimentation in the Krušné Hory graben. – Mitt. Gesell. Erdkde Leipzig, 85, 372–379. Leipzig.
- TAYLOR, S. R. (1964): Abundance of chemical elements in the continental crust. – Geochim. cosmochim. Acta, 28, 1273–1285. Oxford.
- VÁCL, J. - MALKOVSKÝ, M. (1962): Geologie Žatecka. – Sbor. Ústř. Úst. geol., Odd. geol., 27, 291–330. Praha.
- VALIN, F. (1969): Petrografické zpracování vrtu HK 127 Hrdlovka. – MS Čes. geol. úst. Praha.
- VÁNĚ, M. (1957): O geologických poměrech Chomutovska. – Věst. Ústř. Úst. geol., 32, 3, 192–203. Praha.
- (1972): Současný stav a problematika stratigrafie severočeského terciéru. – Sbor. 1. uhel. geol. konf. Přírodověd. fak. Univ. Karlovy, 327–331. Praha.
- ZELENKA, O. (1988): Báňsko-geologické vyhodnocení prostoru VČSA – Kohinoor. – MS Báňské projekty. Teplice.

Palaeogeography of the Tertiary sediments of the North Bohemian Basin (Czech Republic)

(Summary of the Czech text)

ANTONÍN ELZNIC - ZDENA ČADKOVÁ - PAVEL DUŠEK

Received September 3, 1993

Long lasting open pit mining of brown coal in the North Bohemian Tertiary Basin yielded enormous amount of geological data of all types. That is why geologists, and specially economic geologists, could reconstruct the detailed image of this basin. On the other hand, however, stratigraphical scheme of this basin is comparatively vague and that is why all the attempts of palaeogeographic reconstructions are affected by this imperfect chronostratigraphical column.

These limiting factors are caused by the fact that only continental depositional sequence is present, facial changes are extremely fast and synsedimentary erosion caused gaps in sedimentation. Direct correlation with Tertiary marine, properly biostratigraphically characterized, sequences is not possible. Index fossils are not defined in the Tertiary of the North Bohemia. That is why its stratigraphy is based only on the whole assemblages of microflora and pollen. Thus these sediments are traditionally subdivided only into three stratigraphical units. Palaeomagnetic research of Tertiary lacustrine sequences is only in the initial stage and isotope data are available only from neovolcanites.

Presented study is based on the evaluation of mineralogical and chemical composition of a sedimentary complex. Regional geochemical research proved to be most successful, mainly analysis of contents of trace elements in clayey sediment. These data were completed by a reevaluation of older data on the content of heavy minerals in coarser elastic

sediments. The above mentioned methods led to the subdivision of the whole complex into two subcomplexes which can be called "Lower and Upper complexes of basinal sediments".

The Lower Complex can be characterized from the geochemical view as very special one having trace elements derived from neovolcanites. The composition of its claystones often corresponds to the composition of neovolcanites with lesser contents of immobile elements. Locally, the volcanogenic compounds are masked by the increased input of clastic material from the adjacent Krušné hory Mts crystalline rocks, Upper Cretaceous and/or Late Palaeozoic sediments. The Upper Complex can be characterized by increased contents of potassium, rubidium, caesium and magnesium which correspond to source rocks of intermedial character. Its claystones are surprisingly homogeneous and the amount of volcanic elements drops to the level of common argillites.

The boundary between these two complexes can be found in all the types of basinal sediments. In the claystones it can be identified even macroscopically, but in the aggregate coal seam only by means of silicate analyses of clastic admixtures, as coal ashes.

The boundary between the Lower and Upper complexes reflects sudden change in the source areas of clastic material and changes in the river system of the whole Bohemian Massif.

Two hundred drillings, regularly distributed through the North Bohemian Basin offered voluminous material for a geochemical research and also the possibility to fix the boundary between the two complexes on regional scale. The age of the boundary beds could be recently determined by a palaeomagnetic method. For the central part of the Most region this boundary was dated for 2.31 Ma, i.e. into the Lower Eggenburg (respectively to the lowermost Burdigalian).

The reference palaeogeographic map served as a basis for the set of derived maps which show the palaeogeographic situation in 2 Ma intervals. Two maps represent time interval before the boundaries between the Lower and Upper complexes and two maps the interval above the boundaries. Even though some speculations in the construction of palaeogeographic maps was inevitable, the main interpretation is based on the new palaeomagnetic researches and on the calculation of depositional rates of sediments.

The presented palaeogeographic maps present complex reconstruction of gradual changes of sedimentary environments in the North Bohemian coal Basin during the Miocene. They are not in contradiction with the modern palaeontological investigations but, to some extent, our concept might differ from the traditional views about isochronic character of the main Coal seam in the whole basinal area.

Přeložil Z. Kukul

Explanation of tables

1. Chemical composition of rocks in the borehole HK 127 Hrdlovka (after Valín 1969).

1 – 13.8 m: claystone, grey, with irregular disintegration; 2 – 17.0 m: claystone, clay, brownish in places; 3 – 107.4 m: claystone, greybrown, sandy; 4 – 206.3 m: claystone, greybrown, with mica admixture; 5 – 237.2 m: claystone, light browngrey; 6 – 237.8 m: claystone, browngrey with coalified plant detritus; 7 – 252.4 m: claystone, grey, sandy, with siderite ooids; 8 – 316.0 m: claystone, yellowbrown; 9 – 318.3 m: claystone, greenish, calcitic. Samples 1 up to 4 belong to the Upper Complex, samples 5 to 7 to the Lower Complex and samples 8 and 9 to the clayey sediments of the Middle Turonian.

2. Average contents (in ppm) and standard deviation (s_g) of selected elements in the sediments of the North Bohemian Coal Basin (Čadková et al. 1985).

Explanation of text-figures

1. The isopachs of the sediments of the Lower Complex (neglecting the coal seam). 1 – isopachs; 2 – geochemically studied boreholes; 3 – palaeomagnetically studied boreholes.

2. The differences in the sediment composition of the Lower and Upper complexes.

3. Geochemically investigated borehole KP 89 – Kopisty in the central part of the basin.

4. Geochemically investigated drilling HK 173 Hrdlovka in the Bílina part of the Basin.

5. The contour of the surface of the Lower Complex. 1 – without the Lower Complex; 2 – contour of the surface of the Lower Complex (without coal seam); 3 – important faults.

6. The scheme of the areal distribution of depositional environments in the North Bohemian Basin. 1 – lacustrine sediments of the Lower Complex; 2 – fluviolacustrine claystones of the Upper Complex; 3 – lacustrine claystones of the Upper Complex; 4 – paludal environment and coaly swamps.

7. Regional distribution of a coal sedimentation in the Upper and Lower (II) Complexes in the eastern parts of the basin. 1 – claystone; 2 – organic claystone; 3 – coal.

8. Regional distribution of a coal sedimentation in the Upper (II) and Lower (I) Complexes in the southeastern part of the Chomutov basin. 1 – claystone; 2 – organic claystone; 3 – coal.

9. Regional distribution of a coal sedimentation in the Upper (II) and Lower (I) sediment complexes in the Chomutov and Žatec areas. 1 – claystone; 2 – organic claystone; 3 – coal.

10. Palaeogeographic map of the Lower Eger – 27.5 Ma. 1 – metamorphites of the Krušné hory Mts; 2 – Teplice palaeorhyolite; 3 – Upper Cretaceous and Paleogene sediments; 4 – neovolcanites and pyroclasts of the České středohoří Mts and Doupovské hory Mts; 5 – isopachs of neovolcanites and pyroclasts.

11. Palaeogeographic map of the Upper Eger – 25.5 Ma. 1 – metamorphites of the Krušné hory Mts; 2 – Teplice palaeorhyolite; 3 – Upper Cretaceous sediments; 4 – neovolcanites and pyroclasts of the České středohoří Mts and Doupovské hory Mts; 5 – lacustrine claystones of the Lower Complex; 6 – paludal environment and swamps with coal formation; 7 – direction of sediment input.

12. Palaeogeographic map of the uppermost Eger – 23.5 Ma. 1 – metamorphites of the Krušné hory Mts; 2 – Teplice palaeorhyolite; 3 – Upper Cretaceous sediments; 4 – neovolcanites and pyroclasts of the České středohoří Mts and Doupovské hory Mts; 5 – lacustrine claystones of the Lower Complex; 6 – paludal environments and swamps with coal formation; 7 – direction of sediment input.

13. Palaeogeographic map of the Lower Eggenburg – 21.5 Ma. 1 – metamorphites of the Krušné hory Mts; 2 – Upper Cretaceous and

Paleogene sediments; 3 – neovolcanites and pyroclasts of the České středohoří Mts and Doupovské hory Mts; 4 – lacustrine claystones of the Lower Complex; 5 – paludal environment and swamps with coal formation; 6 – alluvial fans; 7 – direction of sediment input.

14. Palaeogeographic map of the uppermost Eggenburg – 19.5 Ma. 1 – lacustrine claystones of the Upper Complex; 2 – paludal environment and swamps with coal formation; 3 – fluviolacustrine environment in the Upper Complex; 4 – alluvial fans; 5 – main direction of sediment input; 6 – supposed direction of sediment input; 7 – isopachs of fluviolacustrine clastic sediments.

15. Palaeogeographic map of the Upper Carpathian – 17.0 Ma. 1 – lacustrine claystones of the Upper Complex; 2 – paludal environment and swamps with coal formation; 3 – alluvial fans.



SBORNÍK GEOLOGICKÝCH VĚD
JOURNAL OF GEOLOGICAL SCIENCES

GEOLOGIE • GEOLOGY

48

Vydal Český geologický ústav

Praha 1998

Vědecký redaktor doc. RNDr. Zdeněk Kukač, DrSc.

Odpočdná redaktorka Vlasta Čechová

Technická redaktorka Jitka Pavlíková

Sazba Jana Kušková

Tisk Český geologický ústav, Klárov 3, Praha 1

Vydání 1., 48 stran, 4 přílohy

Náklad 300 výtisků

03/9 446-402-98

ISBN 80-7075-256-4

ISSN 0581-9172