

Sborník geologických věd	Geologie 49	Str. 33–72	32 obr.	1 tab.	4 příl.	ČGÚ Praha 1999	ISBN 80-7075-350-1 ISSN 0581-9172
-----------------------------	----------------	---------------	------------	-----------	------------	-------------------	--------------------------------------

Klastické žíly

Clastic dikes

STANISLAV HURNÍK

Předloženo 1. září 1998

Key words: Sedimentary structures, Clastic dikes, Permo-Carboniferous, Tertiary, Coal basins

HURNÍK, S. (1999): Klastické žíly. – Sbor. geol. Věd, Geol., 49, 33–72. Praha.

Výťah: Klastické žíly představují jednu z nejvariabilnějších sedimentárních textur jak co do tvaru, tak i petrografického složení výplně. Jsou to nejen více či méně deskovitá tělesa tvarově shodná s plutonickými či rudními žilami, ale i cizorodá tělesa nejrozmanitějších tvarů i velikostí v usazených, vyvřelých i přeměněných horninových souborech a tělesech. Jejich vůdčím znakem je klastická, resp. sedimentární výplň a ostré ohraničení vůči okolním horninám. Toto negenetické kritérium umožňuje zahrnout pod tuto texturu výsledné tvary nejrozmanitějších geologických procesů.

Pro vznik klastických žil je zapotřebí dvou podmínek. Je to vznik puklin či jiných volných prostorů a jejich následné zaplnění klastickým či jiným sedimentárním materiálem buď shora nebo zdola. Vznik puklin má nejrozmanitější příčiny, a to jak endogenní, tak exogenní. Z endogenních to je seismická, zlomová i vrássová tektonika, vulkanismus. Při exogenním vzniku puklin se uplatňují nejrozmanitější gravitační procesy jako jsou skluzy, deformace vyvolané geostatickým gradientem nebo obráceným hustotním gradientem, přímými i nepřímými klimatickými faktory (vysoušení, kryogenní procesy) apod. Nechybějí ani doklady o vzniku puklin při diagenézi a odvodňování sedimentů, při posunu ledovce a zejména v souvislosti s bahenním vulkanismem. Někdy jsou výsledkem několika současně se uplatňujících činitelů.

Studium klastických žil může v mnoha případech přispět k řešení genetických otázek sedimentárních souborů, a to jak v lokálním, tak i regionálním měřítku. V prvním případě se uplatňují zejména při řešení nejrozmanitějších deformačních struktur v různých sedimentárních prostředích. Podle povahy žil (např. tvaru, velikosti a petrografické skladby výplně, příp. deformace žil) je možno upřesnit nebo alespoň dokreslit nejen charakter a příčiny deformace sedimentární sekvence, ale i průběh. Dále mohou žíly indikovat úroveň vodní hladiny, krátkodobé či dlouhodobé přerušení sedimentace, stupeň diagenéze (zejména fyzikální) okolních sedimentů a s ní související procesy, průběh a stupeň prouhelnění. V regionálním měřítku někdy indikují seismickou, tektonickou nebo vulkanickou aktivitu v určitém časovém intervalu. Kromě toho mohou svědčit o fosilním zkrasovatění horninových masivů, o existenci denudovaných sedimentárních jednotek a dokonce i ropných pastí.

Obecně lze klastické žíly považovat za doprovodnou texturu mnohých ložisek plyných, kapalných i tuhých uhlovodíků. Vznikají ovšem i za zcela extrémních podmínek, např. při pohybu kontinentálního ledovce nebo naopak v pouštích.

¹Gen. Svobody 162, 435 43 Horní Jiřetín

1. ÚVOD

Výzkum klastických žil jako specifického geologického jevu má relativně dlouhou historii. Dnes o nich existuje dosti obsáhlá literatura, čítající na 300 titulů. Jsou známy z nejrozmanitějších částí světa, ze sedimentárních formací, metamorfitů i plutonických těles. Společným znakem je sedimentární klastická výplň, která pronikla do trhlin za specifických fyzikálních podmínek shora či zdola. Tvarově, petrograficky i geneticky jsou jedním z nejpestřejších a nejproměnlivějších geologických fenoménů.

Za klasické území výzkumu klastických žil lze považovat USA, kde byly popsány z několika států. Objevují se zde jak v nejrozmanitějších sedimentárních komplexech, včetně černouhelných pánví, tak i ve vyvřelinách. Neméně častými jsou i v některých oblastech bývalého Sovětského svazu. Za unikátní lze označit rozsáhlou oblast severně od Aralského jezera v Kazachstánu, kde se jejich počet odhaduje na tisíce. Zde, na rozsáhlém území

bez vegetačního pokryvu, jsou jedinečně obnaženy v podobě více či méně rozpadlých hradeb, vyčnívajících do výšky až 1,5 m. Dobře sledovatelné jsou v délce mnoha set metrů, výjimečně i kilometrů. Z Velké Británie jich bylo značné množství popsáno zejména v minulém století. Ve střední Evropě jsou z literatury nejznámější klastické žíly z döhlenské černouhelné pánve u Drážďan v Sasku.

V odborných kruzích se o klastických žilách objevují zprávy již od dvacátých let minulého století. Mezi první, kdo je zaznamenali, patří přírodovědci a geologové takových zvučných jmen jako Brongniart a Cuvier, Murchison, Darwin, Dana, Lyell či Buckland. Priorita je přisuzována Strangwaysovi, který o nich prvně referoval již v roce 1819 na zasedání Mineralogické společnosti v Londýně.

Na našem území byly donedávna zprávy o jejich existenci dosti skromné. Dlouho byly uváděny pouze z Plzeňska (karbon u Zbůchu), resp. v bývalém Československu ještě z flyše centrálních Karpat. Dnes jsou zná-

my též ze severočeského terciéru, paleozoika Barrandien-
nu a z řady dalších míst.

Kromě klastických žil, popsaných pod tímto termí-
nem (nebo jemu blízkým označením), je v literatuře
podchyceno značné množství dalších výskytů žil, po-
psaných pod nejrůznějším označením. Proto jsem se po-
kusil zachytit z dostupné literatury i tyto výskyty a tak
rozšířit dosavadní znalosti o tomto geologickém feno-
ménu. Jsem se vědom toho, že se mi to nepodařilo vy-
čerpávajícím způsobem a že v některých případech ne-
jsou naše znalosti úplné. Doufám však, že to jednak
alespoň přispěje k oživení zájmu, jednak že se klastické
žíly dostanou do povědomí širší geologické veřejnosti.

2. TERMINOLOGIE A KLASIFIKACE

Podle encyklopedického slovníku geologických věd
(sv. 1, str. 654 – J. VACHTL 1983) je za klastickou žílu
považována výplň pukliny klastickým sedimentárním
materiálem, připomínající tvarem pravou žílu. Vzniká
buď vplavením klastického materiálu do rozevřených
trhlin z povrchu nebo injekcemi klastik z podloží. Kro-
mě dovětku o tvaru připomínajícím žílu, charakterizují
takto „pískovcovou žílu“ PETTJOHN a POTTER (1964).
Podle amerického geologického slovníku (1976) je
klastická žíla sedimentární žilou tvořenou rozmanitým
klastickým materiálem, pocházejícím z podložních ne-
bo nadložních vrstev, přičemž převládají pískovcové a
valounové žíly. Takto je definována i ve druhém a třetím
vydání geologického slovníku BATESE a JACKSONA
(1980, 1987). Obě edice však obsahují ještě čtyři další
hesla odpovídající klastickým žilám, aniž by byla vý-
slovná zmínka o synonymech. Je to injekční žíla (injec-
tion dike), neptunická žíla (neptunian dike), sedimentár-
ní žíla (sedimentary dike), sedimentární žíla (sedimenta-
ry vein). Kromě sedimentární žíly (dike) však všechny
definice začínají „A sedimentary dike formed“ nebo
„consisting“, tedy „sedimentární žíla tvořená (vzniklá)“
nebo „složená“. Pro možnost porovnání jsou v následu-
jícím textu uvedeny všechny definice vyjmenovaných
hesel s vypuštěním již zmíněné úvodní formulace:

- klastická žíla – je složena z různorodých materiálů,
odvozených z podložních nebo nadložních vrstev;
zejména pískovcová nebo valounová žíla,
- injekční žíla – vznikla za abnormálního tlaku injekcí
zdola, shora či ze strany; cf. neptunická žíla,
- neptunická žíla – vznikla vyplněním podmořské puk-
liny nebo dutiny sedimentem, většinou pískem; cf.
injekční žíla,
- sedimentární žíla (vein) – vznikla vyplněním trhliny
sedimentárním materiálem shora,
- sedimentární žíla (dike) – deskovité těleso sedimen-
tárního materiálu, prorážející napříč strukturami a
vrstevnatostmi preexistující horniny na způsob rudních
žil. Vzniká vyplněním trhlin nebo puklin injekcí nebo

intruzí sedimentů za abnormálního tlaku zdola, shora
nebo ze strany (buď pod tlakem plynů nebo vahou
nadložních hornin, nebo při zemětřesení), nebo shora
prostým vyplňováním; zejména klastická žíla. Viz
také sedimentární žíla (vein).

Z podrobné charakteristiky pouze hesla „sedimentární
žíla“ (dike), s přihlédnutím k závěrečným poznámkám,
jakož i k začátkům definic ostatních hesel, lze odvodit
nadřazenost tohoto termínu vůči ostatním. To by zna-
menalo, že se dává tomuto termínu přednost před termí-
nem klastická žíla. Termín „neptunická žíla“ je zúžen
pouze na pukliny a dutiny vyplňované shora při sedi-
mentaci pod vodní hladinou na mořském dnu. Z literatu-
ry však vyplývá, že zde není dominantní výplň písek,
ale vápenec. Podle citovaných definic by uvedená žíla
byla jen specifickým typem „sedimentární žíly“ (vein).

Zpravidla jsou tedy za klastické žíly považována více-
méně deskovitá tělesa, protínající napříč vrstevnatost
okolních hornin (KUKAL 1986). V širším slova smyslu
jsou však pod tento termín zahrnována i válcovitá tělesa
(trubky), římsy, jakož i tělesa zcela nepravidelných tva-
rů (výplně krasových a abrazních dutin apod.). Naproti
tomu nejsou s tímto termínem spojovány kryogenní tex-
tury, u nichž vznik puklin i s jejich výplní je vázán na
specifické procesy v podmínkách periglaciálního klima-
tu (mrazové klíny a pukliny).

Z dosavadní literatury zabývající se podobnými textu-
rami vyplývá určitá nejednotnost jak v označení, tak i
v obsahovém významu pojmu. Do určité míry to nazna-
čuje, že pojem „klastická žíla“ jednak dosud není vše-
obecně používaným termínem, jednak pro jeho někdy
vyhraněné chápání volí autoři raději opisná označení či
jiné termíny. Obsahová náplň ostatně doznává časem
určitých obměn. V minulém století byly jako žíly (pře-
vážně pískovcové a jílové) popisovány vesměs textury
tvarově připomínající magmatické či rudní žíly. Válcov-
ité textury se zpravidla označovaly jako trubky (pipes).
Teprve NEWSOM (1903) v přehledu dosavadních výskytů
je zahrnul mezi klastické žíly. Naproti tomu SHROCK
(1948) rozlišuje jak klastické žíly, tak římsy i trubky.
PETTJOHN a POTTER (1964) označení „clastic dike“ uvá-
dění v podstatě jako synonymum. K pískovcovým žilám
vztahují pískovcové římsy, zatímco trubky (sandstone
pipes) vyčleňují samostatně jako cylindrické textury
(cylindrical structures). Zde nutno upřesnit, že cylin-
drickými texturami jsou myšleny výplně odvodňova-
cích kanálů, které popsali HAWLEY a HART (1934) a
GABELMAN (1955). Neptunické žíly uvádějí jako proti-
klad k plutonickým žilám, které jsou vyplněny vulka-
nickým materiálem. O geneticky podobných texturách
se v rámci klastických žil zmiňuje GARECKI (1956). Jde
o žíly, které jsou výsledkem odvodňování, resp. vytěs-
ňování vody ze sedimentu při jeho kompakci (PRICE -
LACKSE 1942, EARDLEY 1938). V téže souvislosti KUKAL
(osobní sdělení) upozorňuje na textury vzniklé únikem
vody (water escape structures), kterými se obsáhle zabý-

val LOWE (1975, 1982). Jak ukazují experimenty polských sedimentologů (např. DZULIŃSKI 1966, ANKETELL - CEGLA - DZULIŃSKI 1970), mohou podobné textury vznikat i v systémech s obráceným hustotním gradientem.

Někdy je těžké rozhodnout, zda příslušný jev přiřadit ke klastickým žilám či k jiným texturám nejrůznějšího původu. Existují totiž případy, které morfologicky vykazují znaky klastických žil, zatímco geneticky jde o jiné a jednoznačně definované textury. Týká se to zejména dalších vysoušecích textur, jakými jsou bahenní praskliny. Ve zkamenělém stavu totiž v mnoha případech rovněž splňují kritéria klastických žil. Např. neobvyklé bahenní praskliny ze svrchního karbonu ve východním Ohio (desiccation cracks – FAGERSTROM 1955). Podle Kukala (osobní sdělení) je nejméně jedna třetina popisovaných klastických žil ve skutečnosti výplní bahenních prasklin. Podobně uvažuje o bioglyfech. Mnohé totiž mají charakter trubkových, resp. cylindrických klastických žil. Domnívá se proto, že pokud si nejsme jisti, že jde o bioglyfy, tak je lze v deskriptivním pojetí nazvat klastickou žilou. Totéž vztahuje Kukal na plápolavé textury, odškracené vtisky a některé skluzové textury. Z tohoto pohledu je logický i jeho názor na kryogenní textury. Leckdy je totiž těžko rozeznáme od jiných textur a s přibývajícím stářím sedimentů těžkosti narůstají. Takže jím uvažované klastické žíly kryogenního vzniku jsou opodstatněné.

Jindy zase textury, řazené ke klastickým žilám, tvarově vůbec neodpovídají pravým žilám. Na to upozorňuje PRUVOST (1943) v souvislosti s krasovými a jinými vyluhovacími dutinami (včetně rozsedlin v karbonu belgicko-francouzské pánve, vyplněných křídovými písky s kosterními zbytky iguanodontů u Bernissartu, jakož i fosforitových kapes a zátek u Picardie v severní Francii). Všechny tyto fenomény pokládá PRUVOST za klastické žíly, neboť jde o výplně dutin sedimentem, třebaže se celkovým vzhledem nepodobají pravým žilám.

Poprvé klastické žíly podrobněji (morfologicky) definoval GRESLEY (1898), který ovšem použil termínu „jílová žíla“ (clay vein). Považoval za ně obecně „více či méně vertikální, zohýbané, zklíčené, často rozvětvené, potrhane, úzké stěny nebo žíly, protínající uhelnou sloj. Tvořeny jsou nezpevněným či ztvrdlým materiálem nebo směsí úlomků hornin, tvořících brekcii či slepencovou hmotu. Šířka je proměnlivá, od pouhých žilek nebo jílového filmu až po 15 stop (tedy 4,5 m), průměrně okolo 10 palců“ (zhruba 25 cm). V další charakteristice GRESLEY (l. c.) uvádí, že v horizontále může mít směr žil jakoukoliv orientaci. Mohou se táhnout až několik yardů, výjimečně mílí, nebo (což je častější) se vytrácejí. Jsou náchylné k větvení nebo rozdvojení jak vertikálně, tak horizontálně a dokonce se naopak opět spojují. Objevuje se lokální naduřování i náhlá svírání. Žíly mohou být propletené (zkroucené), porušené, popř. posunuté. Jednotlivé žíly bývají často propojeny s jednou či několika dalšími žilami a takto vytvářejí členy buď

rozvětveného systému nebo mocných „síťových“ žil, probíhajících napříč možná celým uhelným polem, sahají dolů pod uhlí, právě tak jako vzhůru skrze strop, neznámo jak vysoko. Poznamenává rovněž, že v jím studovaném území se vyskytují jílové žíly maximálně do hloubky okolo 400 stop, ale pravděpodobně se mohou objevovat i ve větších hloubkách. Pro úplnost detailně popsal různé tvarové formy klastických žil v pittsburské sloji v západní Virginii včetně jevů, které je doprovázejí.

Již z uvedeného je patrné, že rozměry žil jsou značně variabilní. Tloušťka se pohybuje od milimetrových povlaků až po desítky metrů. Jsou dokonce uváděny stometrové hodnoty. Délka se pohybuje od centimetrů až po kilometry právě tak jako hloubkový dosah. Mohou vznikat v nejrůznějších stadiích diagenese okolních vrstevních souborů od synsedimentárních až po postdiagenetická, popřípadě i po dlouhém stratigrafickém hiátu, resp. s dlouhým časovým odstupem od vzniku okolních hornin. Vyskytují se jak v sedimentárních formacích, tak i v tělesech vyvřelin a neopomíjejí ani metamorfity. Také geologické časové rozpětí nejen vzniku, ale i formací, v nichž se vyskytují, je od starohor (resp. prahor) po recent.

Z historického hlediska existuje v odborné literatuře pro klastické žíly řada označení, která mají většinou společné podstatné jméno – žíla. To se objevuje již v nejstarších pracích jak Strangwayse (vein, dyke, žíla), tak Darwina (dike). Specifičnost je pouze v užívaných výrazech. Například v anglicky psané literatuře se většinou nepoužívá termínu „vein“ či „seam“, ale „dike“ (dyke – skotský výraz pro zídky či valy z kamene nebo drnu). Podobně v rusky psaných textech se vesměs setkáváme s výrazem „dajka“ a nikoliv „žíla“. Ve francouzštině je užíván termín „filon“, v italštině „dicchi“ či „filoni“, v němčině „Gang“, ve španělštině „dique“. Výjimkou je pouze několik výrazů jako Kamm (REICHEL 1970 a další) v němčině, či „kobyly“ (horses, horsebacks), „bidla“ (spars), mourové trhliny (slacks, soot-veins) v angličtině (GRESLEY 1898, CRANE 1898), což jsou výrazy převzaté z hornické praxe. Dále to jsou „puklinové výplně či vyplněné trhliny, injekce, rozsedliny“ (treščiny vypolněnija – GERASIMOV 1918, elastic crevice filling – FACKLER 1941, amagmatičeskiye injekcii – BRONGULEJEV 1947, fissure infills, cavern infills – SMART et al. 1988, podobně Sedimentare Spaltenfüllungen – WENDT 1971 převádí do angličtiny jako sedimentary fissure-fillings, zatímco SCHÖLL a WENDT 1971 jako sedimentary dykes). Existuje i opisné označení „žilám podobné masy pískovců“ (dyke-like masses – WHITNEY 1895). V německé literatuře bývaly popisovány také pouze jako „pukliny“ – spalten (SCHULTE 1954 aj.). Specifický termín – sills – pro horizontální klastické žíly „římsy“ použili např. DZULIŃSKI a WALTON (1965). SHROCK (1948) je vyčlenil víceméně samostatně, právě tak jako cylindrické struktury. Mezi klastické žíly zahr-

nul cylindrické struktury jako trubky či pískovcové trubky již NEWSOM (1903 pipes, sandstone pipes). K nim lze přiřadit novější výrazy jako jsou „struktury vyplněných kanálů“ (filled sink structures – BRETZ 1950), kolapsové zazátkované trubky (collapse plug pipes – GABELMAN 1957), zkřemenělé sopouchy (silica plugs – BARRINGTON – KERN 1963), brekciové trubky (breccia pipes – HIPERT – MOENCH 1960). FERM (1984) řadí ke klastickým žilám oblé protruze nadložních hornin do sloje (rounded protrusions of roof material), popsané KRAUSEM et al. (1979). Do téhož okruhu patří i pískovcové a slepencové až brekciové trubky a žíly (sandstone and conglomerate-breccia pipes and dikes – HANNUM 1980).

Značná rozmanitost je v užívání přídavného jména. Třebaže by jím mělo být dominantně přídavné jméno „klastická“, dodnes se v literatuře setkáváme s nejrůznějšími významovými výrazy. Nejčastěji jimi autoři charakterizovali petrografickou povahu výplně. Jindy se snažili odlišit klastické žíly od magmatických či rudních žil a nechybí ani deskriptivní přívlastky žil.

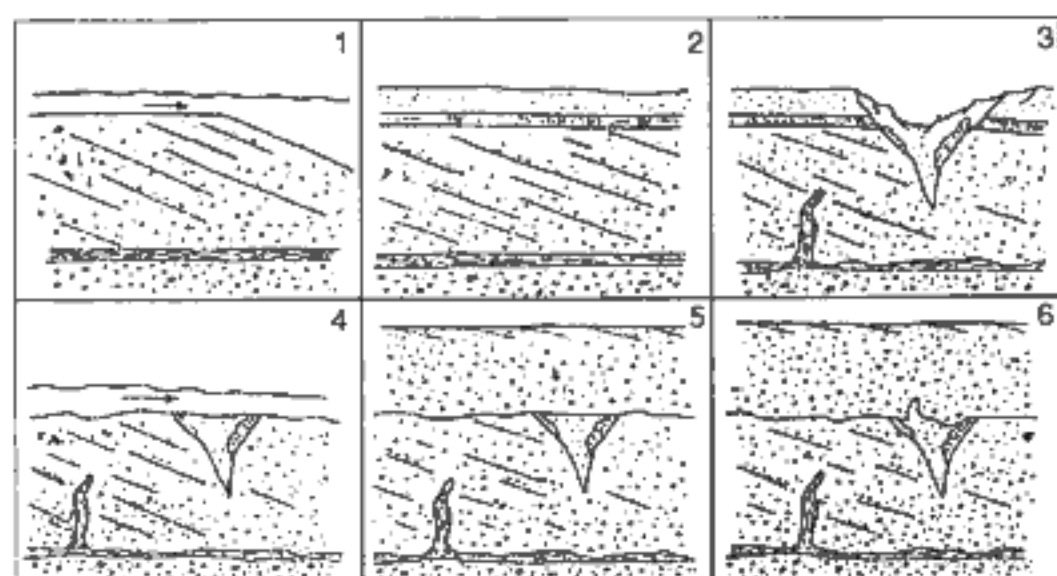
Nejrozšířenějším je přídavné jméno vyjadřující petrografickou povahu žilné výplně. Nejdéle se používá označení „jílová“ žíla (clay vein, glinistaja žila – STRANGWAYS 1821, 1830, clay vein – GRESLEY 1898, ROE 1934, clay dike – PRICE 1933). Dále je uváděna konglomerátová (conglomerate dike – CAMPBELL 1904, STEWART 1911), valounová (pebble dike – FARMIN 1934), dolomitová (KRAMER 1934) apod. Avšak zcela dominuje (zejména ke konci minulého století a v první polovině 20. stol.) termín „pískovcová“ (písková) žíla (sandstone dike). Prvně jej použil DANA (1841), v jehož textu nalezneme rovněž opisné označení „pseudo-dikes of sandstones“. Tentýž termín byl užit i v našem prvním geologickém slovníku (1961), kde „klastické“ je uvedeno pouze jako synonymum u obrázku. Dokonce ještě v moderním atlase sedimentárních textur (PETTJOHN – POTTER 1964) je heslo „sandstone dike“ a „clastic dike“ v podstatě jako synonymum (viz výše), právě tak jako v práci těchže autorů z r. 1977. Příčina spočívá v tom, že většina žil popsaných na přelomu století z neuhelných formací měla pískovou, resp. pískovcovou výplň. Podle KUKALA (1986) je to dokonce v 90 % případů. Nepřekvapí proto, když v jednom z nejnovějších sedimentologických kompendií (FÜCHTBAUER et al. 1988) nalezneme opět jen termíny „Sandgänge, Sand-Lagergänge“ (tedy pískové žíly a pískové ložní žíly), odpovídající podle autorů anglickým termínům dikes a sills. Na rozdíl od KUKALA (1986) není v citované práci klastickým žilám věnována ani samostatná stať. Jsou zmíněny v podkapitole odvodňovacích (vysoušecích) struktur v kategorii B („Injektionsstrukturen, Sandgänge und Sand-Lagergänge“). Podobně JAROŠ a VACHTL (1992) se o nich zmiňují pouze v odstavci, věnovaném elastické expanzi.

Jiní autoři dávali přednost genetické stránce a tak se objevují termíny charakteru „neptunická, injekční“. Sám DARWIN (1851) použil výrazu „vertical dike“. PAV-

LOW (1896), aby je odlišil od magmatických (plutonic-kých) žil, je nazval „neptunickými“ (neptuničeskije dajky). S tímtož termínem se setkáváme u RUŽENCEVA (1932), STRACHANA, TEMPLEHO a WILLIAMSE (1948 – neptuninen dike) a nejnověji u SMARTA et al. (1988) či CHLUPÁČE (1996). Chlupáč tohoto názvu použil po diskusi s Kukalem. Podle Kukala (ústní sdělení) byl u žil v koněpruském devonu vhodnější proto, že zdůrazňuje vznik za normálních teplot a že jde mnohde o vápence. Jelikož Pavlow svůj termín podložil důkazem vyplňování žil shora (na mořském dně), navrhl BRONGULEJEV (1947) pro injekce zdola označení „amagmaticeskije injekcii“, tedy nemagmatické injekce. Nechybí ani kombinované označení jako „intruzivní pískovcová žíla“ (CROSS 1894 – intrusive sandstone dike). V literatuře, zejména německé, méně americké, se setkáváme také s výrazem „sedimentární žíla“ (KAYSER 1921, KRAMER 1934, SMITH – RAST 1958, COLACICCHI 1959).

Objevil se ještě jeden termín, zahrnující jak způsob vzniku, tak charakter materiálu výplně – „intruklasty“. Navrhl jej JENKINS (1930), avšak právě tak jako většina jiných termínů nedoznal širšího uplatnění. Výraz „klastická žíla“ (resp. „neobvyklá“ – peculiar clastic dike) se poprvé objevil v práci RANSOMA (1900). Zevšeobecněl až po jeho použití NEWSOMEM (1903), aniž by byl blíže zdůvodněn. Opodstatněnost tohoto termínu a jeho přednosti před ostatními výrazy diskutoval až GARECKI (1956). Pavlovovy neptunické žíly a Brongulejevovy amagmatické injekce posuzuje jako názvy zahrnující pouze určité typy žil. Proti Gerasimovu výrazu „treščiny vypolněníja“ namítá, že v něm mizí podstata těchto žil, tj. vyplnění klastickým materiálem. Takže by mohl být právě tak použit pro eruptivní či hydrotermální žíly. Zamítá rovněž Kramerovy sedimentární žíly. Jestliže se totiž k tomuto výrazu přistupuje nikoliv vzhledem ke způsobu zaplnění pukliny (tj. sedimentární cestou), nýbrž jako k termínu vyjadřujícímu zaplnění puklin sedimentárním materiálem, pak lze toto označení akceptovat. V opačném případě by vyhovoval pouze případu popsanému Kramerem (vypadáváním chemické látky z mořské vody do otevřené pukliny). Považuje proto za nejzdařilejší výraz „klastická žíla“, který plně odpovídá hodnocenému jevu a odlišuje jej od žil magmatického původu. Výjimku představují podle Gareckého ještě málo prozkoumané dolomitové, bauxitové, uhelné a rovněž asfaltové žíly, které mohou mít podle něho jiný původ.

Víceméně samostatnou kapitolou jsou tzv. klastické klíny (clastic wedges). Termín použil DZULIŃSKI (1965) a TEISSEYRE (1967 – spodní karbon v jižním Polsku), viz obr. 1. V následujícím období jim byl dáván specifický význam, vztažený na intruze tilu do trhlin pod ledovcem (DREIMANIS 1969 – till wedges). S tímto typem klastických žil souvisí diskuse mezi MÖRNEREM (1972, 1973) a WORSLEYM (1973), do níž se zapojil i DREIMANIS (1973). Termín lze považovat nejen za zbytečný, ale především



1. Schéma vzniku „klastických klínů“ podle TEISSEYRA (1967). 1 – ukládání šikmo zvrstvené lavice slepence; 2 – lavice je z části erodována a následně překryta jemnozrnnou vrstvou drobového pískovce a polohou hrubozrnného písku s hojnou rostlinnou drtí; 3 – vytvoření klastického klínu, doprovázené intruzí ztekuceného písku; 4 – struktura je seříznuta silným proudem a následně překryta další slepencovou vrstvou; 5–6 – erozní povrch mezi strukturou klínu a nadložními slepenci je deformován propadáním slepence do výplně klínu. Proces bývá doprovázen drobnými intruzemi tekutého písku.

za matoucí, neboť, jak upozorňují DIONE a SHILTS (1974), výraz „klastický klín“ použil již PETTJOHN (1957) v podstatě pro aluviální kužele (viz DE JONG 1971) a jejich smysl upřesnili z tektonické pozice GARY et al. (1972). Za zbytečný lze považovat i výraz „subglacial intrusive clastic sheets“ (podledovcové intruzivní klastické desky), kterého použili pro klínovité žilné útvary BRUNN a TALBOT (1986).

Jeden z prvních pokusů o členění klastických žil nacházíme u PRUVOSTA (1943). Podle doby vzniku rozlišil posthumní a intraformační klastické žíly, podle směru vyplňování trhlin a jiných volných prostor klastickým materiálem, sedimentací shora a injekcí zdola.

Klasifikací klastických žil se blíže zabýval GARECKII (1956). Rozlišil dva typy podle směru proniku klastické výplně do puklin:

1. injekční – injekce klastického materiálu zdola,
2. neptunické – pronik klastického materiálu shora dolů.

U obou typů rozeznával ještě dva podtypy podle toho, zda k proniku materiálu došlo při povrchu či hlouběji pod povrchem. Povrchové neptunické žíly dělí ještě na ty, které vznikaly pod vodní hladinou, a ty, které vznikaly na souši (viz tab. 1).

Dva typy, tj. žíly vzniklé intruzí z podloží a žíly zaplněné materiálem z povrchu, rozeznával před ním již SHROCK (1948). Podobně SMITH a RAST (1958) rozlišovali žíly injikující jednak dolů, jednak nahoru. Dolů injiku-

Tabulka 1. Členění klastických žil podle GARECKÉHO (1956)

klastické žíly	injekční	povrchové	
		hlubinné	
	neptunické	povrchové	na souši
		hlubinné	pod vodou

jící žíly (downward injected dykes) však neztotožnili s Pavlovovými neptunickými žilami, neboť ty byly vyplněny běžnou sedimentací, zatímco jimi popsané žíly mohutnou injekcí. V této souvislosti nutno upozornit, že v osmdesátých letech dokonce někteří autoři zužovali termín „neptunická žíla“ pouze na žíly vyplňované sedimentací v mořském prostředí, aniž byly zahrnovány mezi klastické žíly (viz BATES - JACKSON 1980, 1987). Tato tendence vyvrcholila prací SMARTA, PALMERA, WHITAKERA a WRIGHTA (1988), kteří studovali recentní vznik uvedeného typu žil na Bahamách. Ve schématu vztahu mezi počátkem vzniku volných prostor, jejich vývojem a vyplňováním sedimenty rozlišili jmenovaní autoři:

- výplně trhlin – vyplňování v subaerickém prostředí,
- výplně kaveren – vyplňování ve freatickém a brakickém prostředí,
- neptunické žíly – vyplňování v mořském prostředí.

Podle velikosti rozeznával MARSCHALCO (1965) ve flyši dva typy, odlišující se podle něho též vznikem. Rozměrné žíly vztahoval k tektonice a malé k podvodním skluzům (v obou případech byl ovšem bezprostřední příčinou zemětřesný šok).

Poměrně široce rozpracoval klasifikaci klastických žil HAYASHI (1966). Podle něho lze na klastické žíly aplikovat mimo jiné členění používané pro rudní žíly. Má tím na mysli:

1. prosté (jednoduché) klastické žíly (simple clastic dikes) – jednoduché výplně v jediné trhlíně,
2. zmnožené klastické žíly (multiple clastic dikes) – dvě nebo více prasklin s výplní téže povahy,
3. složené klastické žíly (composite clastic dikes) – s dvojí výplní, či s různorodým materiálem v jedné trhlíně,
4. stupňovité klastické žíly (echelon clastic dikes) – škála stupňovitě uspořádaných žil, vyplněná stejnorodým materiálem,
5. roje klastických žil (clastic dikes swarm) – řada četných, paralelně uspořádaných žil.

Další tvarové klasifikaci předchází rozdělení na primární a sekundární klastické žíly. Primární neboli syngenetické vykazují následující tvary:

- rovnostěnné klastické žíly (straight-wall clastic dikes) – vyznačují se rovnými a zřetelnými stěnami,
- nerovnostěnné klastické žíly (rugged-wall clastic dikes) – mají nepravidelný průběh subparalelních stěn, výplň zpravidla z hrubozrnného materiálu,
- s nezřetelnými stěnami (obscurely-walled clastic dikes) – nezřetelné ohraničení, i když materiál žíly je odlišný od okolní horniny,
- rozvětvené klastické žíly (branching clastic dikes) – podle směru větvení rozlišuje a) větví se nahoru, b) větví se dolů, c) rozvětřující se nepravidelně v rozličných směrech,
- kónické klastické žíly (tapering clastic dikes) – rozlišuje a) s kónickým sbíháním dolů, b) s kónickým sbíháním nahoru, c) s čoučkovitým zakončením.

Druhotné či epigenetické tvary mají původní tvar pozměněn diagenézí nebo pohybem, který nastal po vzniku klastických žil. HAYASHI je podle doby vzniku deformace dělí na dvě podskupiny:

1. synsedimentárně deformované,
2. pozdně deformované.

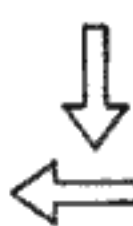
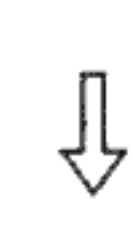
První podskupina zahrnuje klastické žíly a) ptygmatické, b) budinažové, c) svíravé a naduřující (přiškrcované). Ve druhé podskupině rozlišuje a) žíly porušené při mezivrstevním skluzu, b) žíly rozsekané do bloků drobnými zlomy v nahodilém směru, c) žíly dislokované paralelními či subparalelními zlomy.

V rámci genetické klasifikace rozděluje klastické žíly na:

- I. intruzivní – související s vulkanickou činností, obsahující slepence, brekcie, solfatárová bahna a často pyrit,
- II. injekční – injekce tekutých písků do puklin; žilná výplň občas vykazuje laminy, probíhající rovnoběžně se stěnami,
- III. výplňové (infilling) – hromadění klastického materiálu v puklinách působením gravitace (časté horizontální zvrstvení),
- IV. vtačené (squeezed-in) – nezpevněné nebo semi-konsolidované plastické vrstvy jsou pod tlakem vtačeny do puklin ze sousedních hornin nahoře či dole, bez porušení jejich vnitřní struktury. Materiál často vykazuje symetrické uspořádání zvrstvených struktur paralelně se stěnami žíly,
- V. diagenetické – diagenetickými procesy pozměněná žilná výplň (chalcedonové žíly, produkty diagenetické metasomatózy).

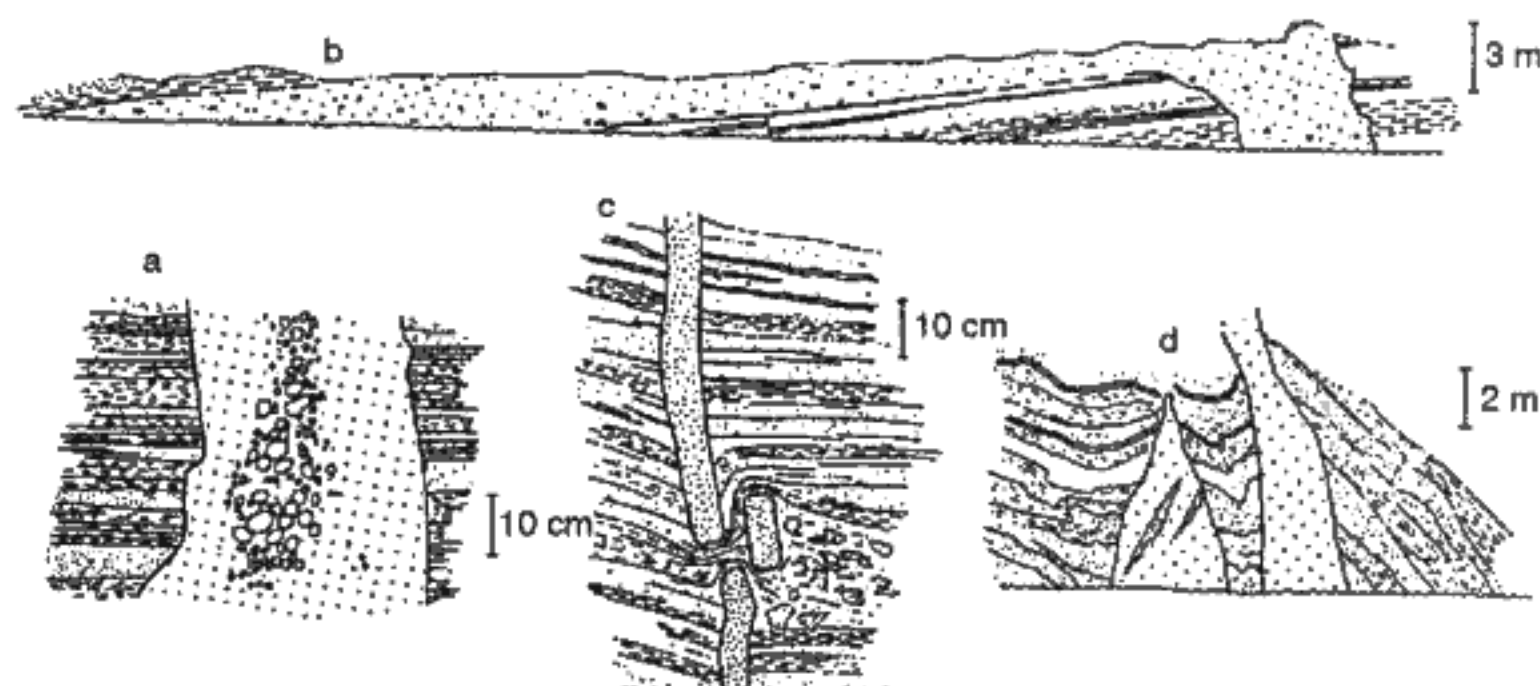
Hayashiho klasifikaci lze považovat především za vhodné vodítko při dokumentaci a popisu žil.

Bez vysloveného členění rozeznává REICHEL (1970) v döhlenské pánvi podle obsahu a textur žilné výplně žíly jílové, pískovcové, arkóзовé či konglomerátové, nebo masivní, zvrstvené, s brekciovitou výplní. Podobně HANNUM (1980) rozlišuje u trubek a žil, prorážejících jurské vrstevní soubory v Utahu, pískovcové trubky, trubky se slepencovou a brekciovou výplní, rozměrné (mocné) žíly, tenké žíly. Podle tvaru vyčlenil HURNÍK (1990) v lomu Most šest typů žil (obr. 2):

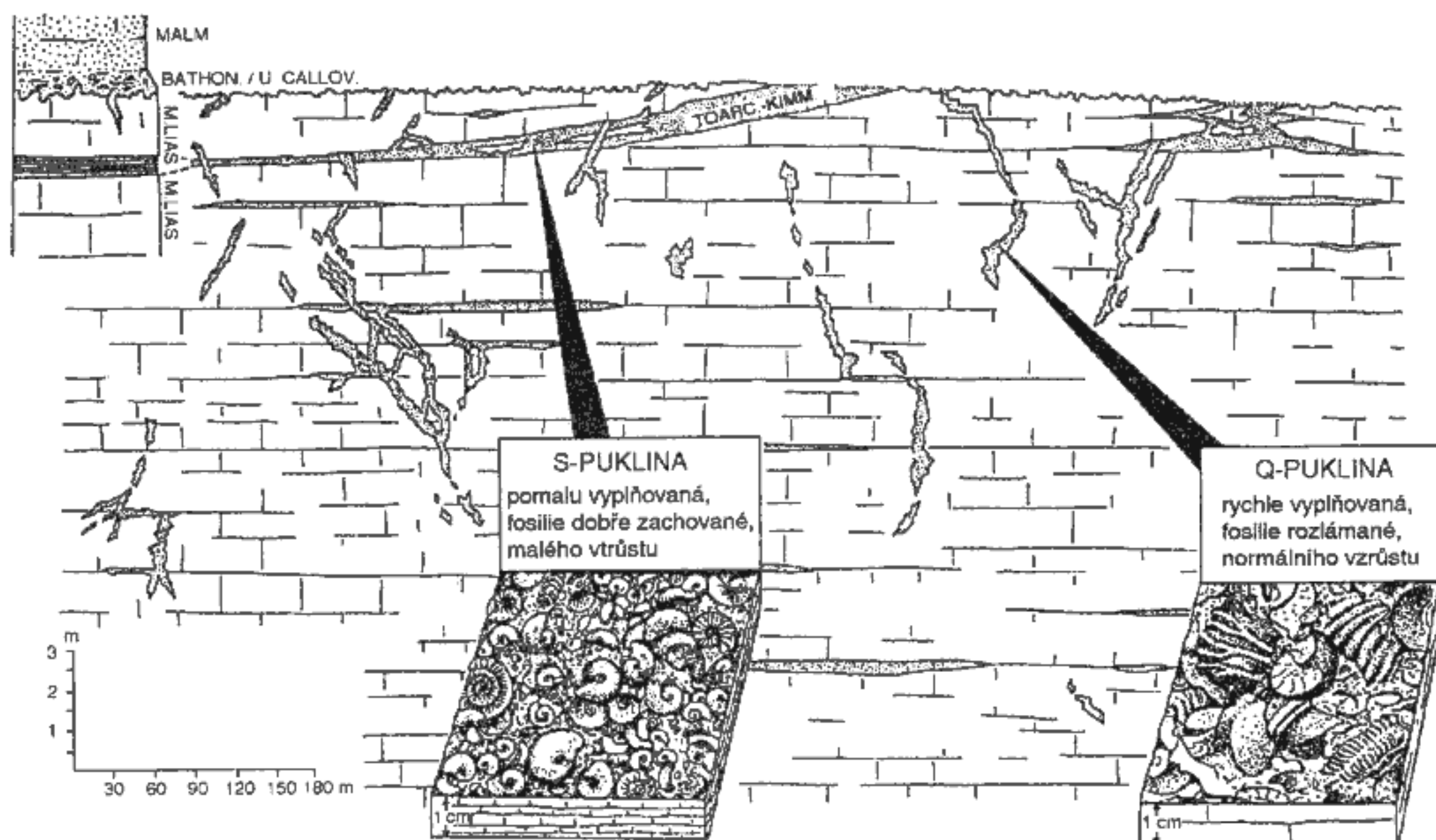
Typ	Hlavní směr intruze
1 	
2 	
3 	
4 	
5 	
6 	

2. Tvarové typy klastických žil v uhelné sloji na lomu Most (HURNÍK 1990). Vysvětlivky viz text.

1. převážně vertikálně probíhající, zklíčené, tenké:
a) jednoduché, mocnost milimetry až centimetry,
b) změť vlasových intruzí, proměnlivá mocnost v jednotkách decimetrů. Intruze zdola či ze strany;
2. typ ložních žil, tenké, mocnost milimetry až centimetry, výjimečně decimetry. Intruze ze strany či zdola;



3. Čtyři typy klastických žil v dolo-mitech a jílových huronské jednotky Española u kanadských jezer. a – vnitřně tříděné (u jezera Clear), b – vnitřně netříděné (jezero Quirke), c – tenké pískové a pískovcové žíly, d – diskordantní masy pískovce s nahodilým výskytem valounů křemene (EISBACHER 1970).



4. Submarinní výplně dvou typů puklin reprezentují neptunické klastické žíly v jurských vápencích Rocca Busambra na Sicílii (WENDT 1976).

3. čočkovitá tělesa, nepravidelně zklikacená, naduřující a přiškrcovaná (přechodný typ mezi 2. a 4. typem). Intruze ze strany či zdola;
4. tlustě čočkovitá, zprohýbaná tělesa. Intruze shora či ze strany;
5. na příčném řezu trychtýřovitá trhlina ve sloji o šířce několika metrů, dlouhá desítky metrů, vyplněná silně prohnětenými jílovci, stěny zazubené směrem dolů. Intruze shora;
6. uhelná brekcie tmelená jílovci, mocnost v jednotkách metrů. Intruze z boku či zdola.

Pro úplnost, EISBACHER (1970) rozlišil ve starohorní huronské formaci Española u ontarijských jezer v Kanadě čtyři typy klastických žil. Jsou to (viz obr. 3):

1. vnitřně tříděné konglomerátové žíly (internally sorted conglomerate dikes),
2. vnitřně netříděné konglomerátové žíly (internally unsorted conglomerate dikes),
3. slabé (tenké) pískovcové a prachovcové žíly (thin sand-and siltstone dikes),
4. diskordantní masy pískovců s roztroušenými valouny křemene (discordant sandstone masses with occasional quartz pebbles).

Podle směru rozeznává WENDT (1971) S-pukliny a Q-pukliny (obr. 4). Vzhledem k rozdílnému vzniku se jejich výplň liší obsahem a charakterem zachovaných fosilií.

Z praktického hlediska lze sotva některou z uvede-

ných klasifikací vybrat jako univerzální. Jsou totiž buď příliš detailní a deskriptivní, nebo mají regionální význam či nepokrývají celou škálu hodnocené textury. Vzhledem k mnohotvárnosti je z nomenklatorického hlediska postačující termín „klastická žíla“, popř. při snaze o vyjádření směru vyplňování puklin „neptunická“ a „injekční“ (nebo „amagmatická“) klastická žíla. Podle tvaru těles by bylo možno rozlišovat tři základní skupiny:

1. klastické žíly s.s., tj. více či méně deskovitá tělesa, probíhající napříč komplexy sedimentárních i vyvřelých hornin, včetně různotvarých, vesměs ostře ohraničených cizorodých sedimentárních těles v horninových souborech,
2. římsy, tj. vesměs horizontální, resp. konkordantní deskovitá tělesa (sills),
3. cylindrické struktury, tj. tělesa o okrouhlém průřezu podobná sopouchům či trubkám (pipes, plugs).

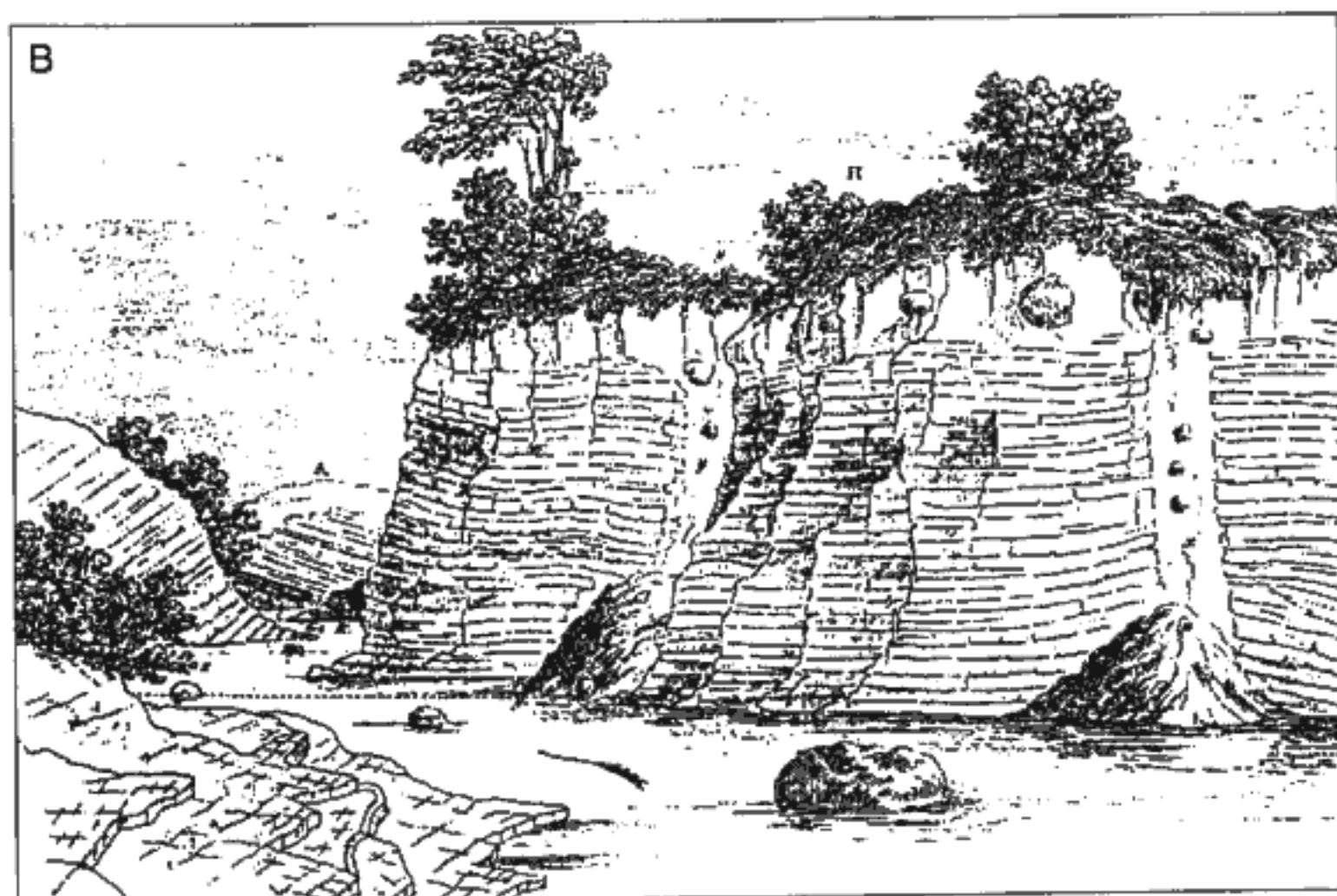
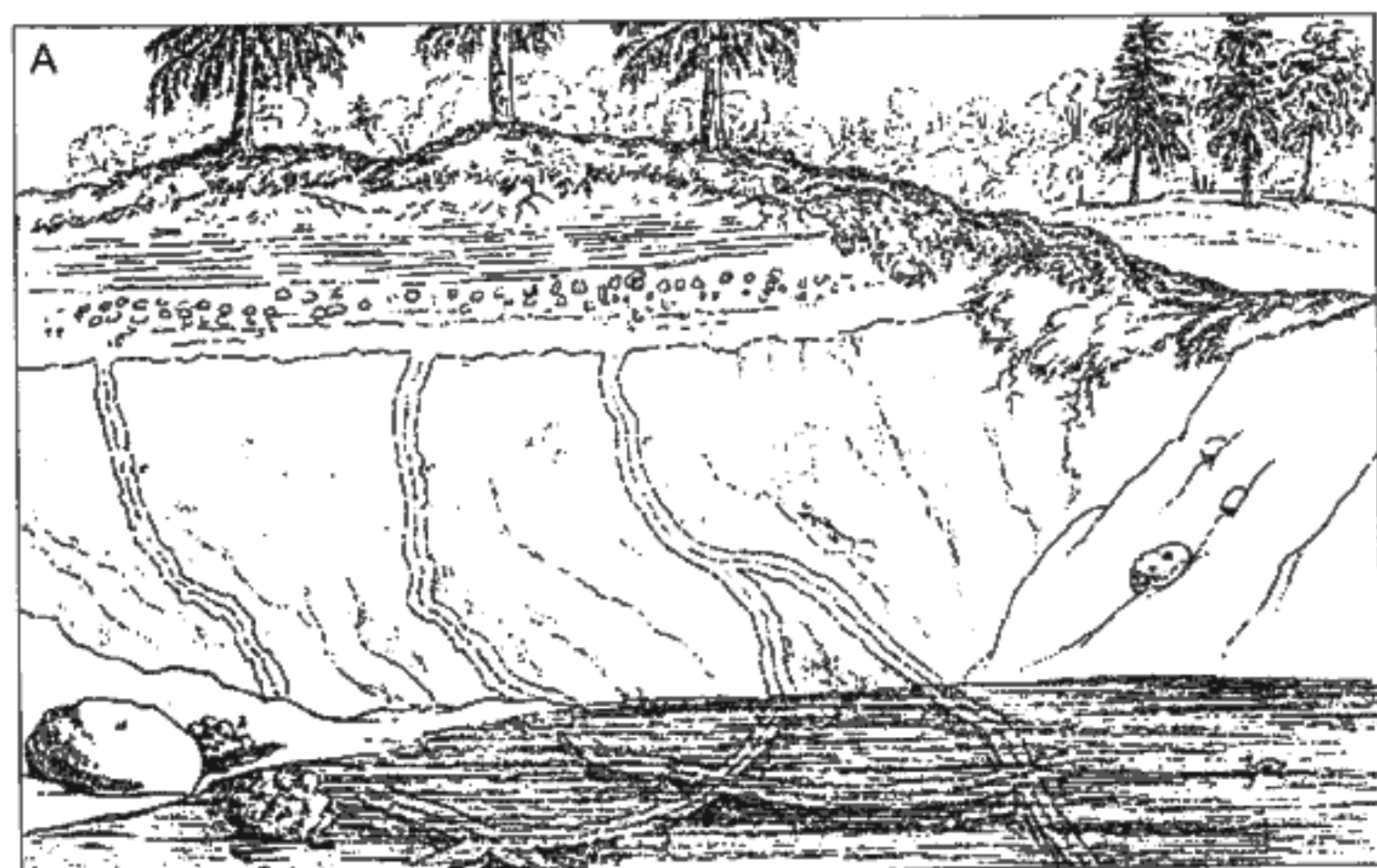
V podstatě je to tedy modifikace POTTEROVÝCH a PETTIOHNOVÝCH (1977) „klastických žil a příbuzných struktur“, resp. produktů ztekucení („liquefaction“), tj. pískovcových žil a říms, pískových sopek, pískovcových cylindrů a bahenních sopek (jen pro úplnost, mezi příbuzné struktury řadí i bahenní ostrůvky), doplněná o žíly vzniklé vyplněním shora, tedy o neptunické žíly.

3. Z HISTORIE VÝZKUMŮ KLASTICKÝCH ŽIL

Počátky historie výzkumů klastických žil sahají, jak bylo uvedeno, do dvacátých let minulého století. Za nejstarší publikaci s popisem klastické žíly je považována práce STRANGWAYSE z roku 1821 o geologických poměrech v okolí ruského Petrohradu. STRANGWAYS (l. c.) popsal z blízkosti obce Velká Pulcovka a Coirovka několik „jílových žil“. Podle ruského přetisku, vydaného v Petrohradě r. 1830, pozoroval žíly o šířce do 15 cm a rozsedliny o mocnosti do 60 cm. Žíly přetínaly vápence a modré jíly (obr. 5). V prvním případě byly vyplněny „diluvialním štěrkem“, shodným se štěrky na povrchu, na které přímo navazovaly. Vznik trhlin přisuzoval STRANGWAYS zemětřesení. S ohledem na dnešní znalosti kryopedologie se však naskytá otázka, zda spíše nejde o fosilní mrazové pukliny či mrazové klíny. Vyobrazení (obr.

5B) tomu nasvědčuje. Ve druhém případě jde o jílové výplně puklin v modrém jílu (obr. 5A).

Z dvacátých let minulého století pocházejí i první zprávy o pískovcových trubkách ve společné práci Cuviera a Brongniarta o geologických poměrech okolí Paříže. Další zpráva je údajně od MURCHISONA (1827). Když popisuje horniny u Kintradwellu v Somersetshiru, poznamenává, že zdejší štěrky jsou přelaty žilou 2,5 stopy širokou, podobnou křemenné hornině s lasturnatým lomem. NEWSOM (1903) usuzuje podle popisu Stricklanda na žílu tvrdého pískovce. STRICKLAND (1840) popsal množství žil vápnitého hrubozrnného pískovce od Ethie v anglickém Rossshiru. Žíly prorážejí triasové břidlice a jsou tvořeny velmi tvrdým pískovcem. Nejdelší žíla byla 3 stopy mocná a nejméně 200 yardů dlouhá. Dvě z těchto žil byly rovnoběžné s tělesem břidlic, zatímco ostatní probíhaly více či méně kolmo k vrstevnatosti břidlic.



5. Původní Strangwaysovo vyobrazení „jílových žil“ od Petrohradu z roku 1821. A – od Coirovky; B – od Pulcovky.

DILLER (1889) a další uvádějí Darwina jako jednoho z prvních, kteří popsali klastické žíly. Cituje z jeho práce o geologických pozorováních na sopečných ostrovech a v části Jižní Ameriky, která uskutečnil při své cestě na lodi Beagle v letech 1833–1834. Šlo jednak o tři žíly na východní straně Patagonie nad přístavem Point Desire, jednak o výskyt žil na Galapágách. V obou případech to byly žíly tufů (bohatých na živec a slídu). DILLER (l. c.) je kvalifikoval jako klastické (resp. pískovcové) žíly zřejmě na základě Darwinova líčení jejich vzniku a konstatování, že „struktura jedné z žil poukazuje na to, že má mechanický a sedimentární původ“. Třebaže žíla směrem vzhůru vyklínila, uvažoval Darwin o možnosti, že v určité části mohla trhlina komunikovat s povrchem, odkud se do ní bahno natlačilo. U další žíly nevylučuje, že by mohlo jít o „nastříknutou pravou živcovou žílu“.

Další zprávy o klastických žilách jsou podle NEWSOMA (1903) z Anglie a týkají se vesměs pískových trubek. Mezi nálezce patří další geologové zvučných jmen. Tak např. BUCKLAND (1839) popsal pískové trubky z vápenců v okolí Londýna a domníval se, že procezováním vody se tvořily dutiny, do nichž se vsouval písek z nadloží. Množství pískovcových trubek ve vápencích u Nordwiche popsal LEVEL (1839). Předpokládal, že jejich vyhloubení a zaplnění bylo výsledkem pozvolného kontinuálního procesu. Další trubky uvádí TRIMMER (1840, 1842) z Kentu a Norfolk. Trubky byly vyplněny pískem a štěrčíkem. Pukliny podle něho vznikly jako úzké štěrbinové vyznívající činností vln. NEWSOM (l. c.) k tomu poznamenává, že jiní angličtí badatelé s tímto názorem nesusouhlasí. Jako další nálezci jsou uváděni PRESTWICH (1855 – terciér v okolí Londýna), KIRKBY (1860), FORET-TOPLEY (1865), MOORE (1867 – karbonské vápence u Mendip Hills v Somersetshiru s žilnou výplní fosiliferních liasových vápenců, 1880 – fosiliferní žíly od Bristolu), ABBOTT (1894 – Dent), GREENLY (1900 – opět pískovcové trubky z Walesu), ARNOLD-BEMROSE (1904 – pískovcové žíly ve vápencích od Dentu). Mladší jsou např. práce z Irska a Skotska MCCALLIENA (1935), SMITHA a RASTA (1958), WOODA a SMITHA (1959), BURNEHO (1970) či z devonského hrabství RICHTERA (1966). Ve Francii popsali podle NEWSOMA (1903) z okolí Paříže pískovcové trubky LEBLANC (1842) a MELVILL (1842) a z jihu Francie uvádí pískovcové žíly RUTTEN a SCHÖNBERGER (1957).

Také v Severní Americe je objevení klastických žil poměrně starého data. Jako první o nich informuje DANA (1841). Popsal pískovcové žíly od ústí řeky Columbia poblíž Astorie v Oregonu. Žíly „granitového pískovce“ prorážely terciérní břidlice. Vznik trhlín spatřoval v ořesech, které dával do souvislosti s proniky čedičů.

Od šedesátých let nastupuje éra objevů klastických žil v nejrozličnějších státech USA. Po zmíněném Oregonu to je Kalifornie (WHITNEY 1865, DILLER 1889, BRANNER-NEWSOM 1901, ARNOLD 1902, NEWSOM 1903, DUNCAN 1964, PETERSON 1966 a další). Nejznámější žíly jsou od Santa Cruz a z údolí Sacramento. Z tohoto státu byly

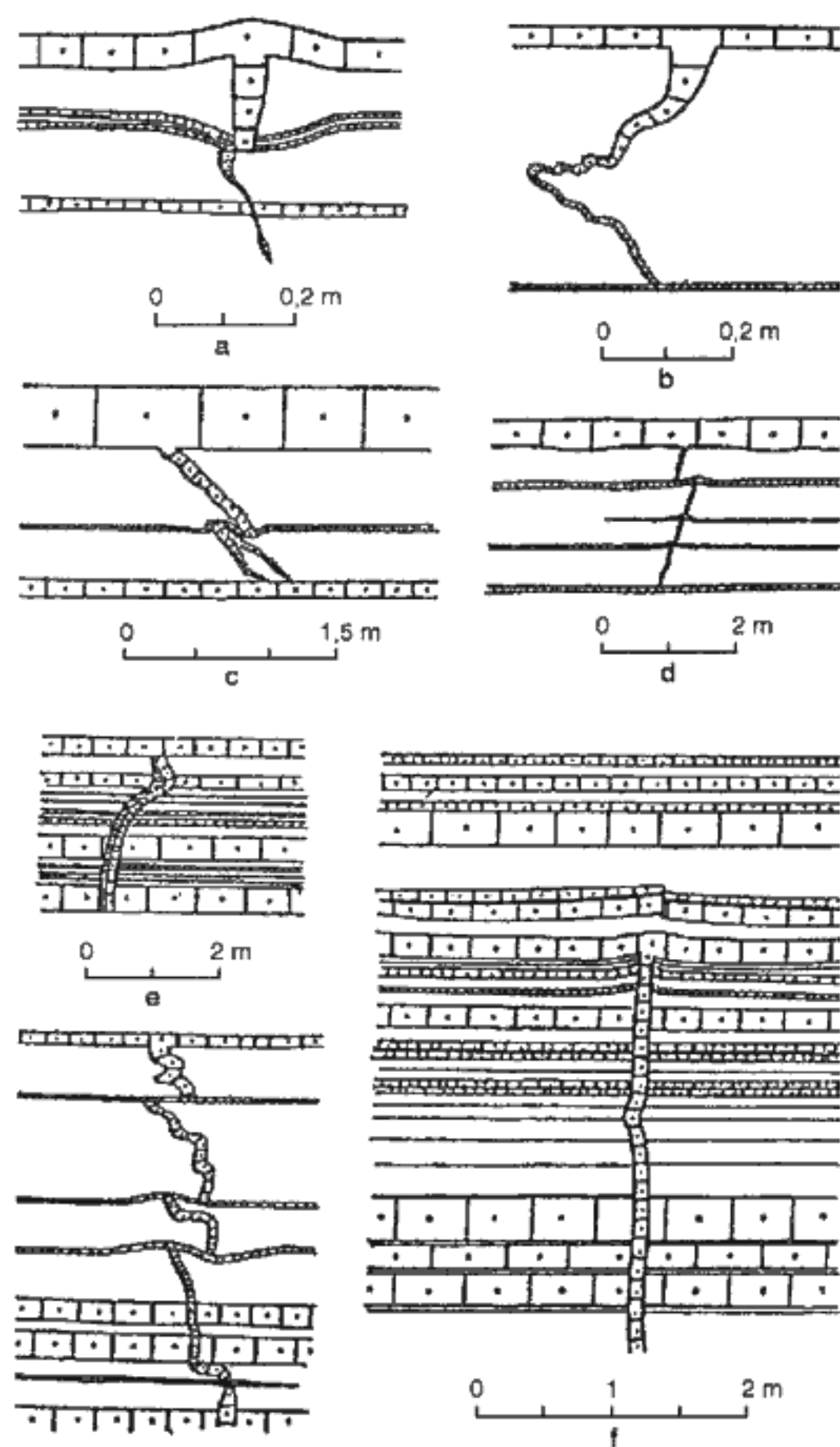
rovněž popsány „asfaltové“ žíly od San Buena Ventury (HILGARD 1890 a ELDRIDGE 1901). Četné výskyty klastických žil jsou uváděny z Colorada (STONE 1893 – pískovcové žíly v žulorule, CROSS 1894, CROSBY 1897, RANSOME 1900, HAFF 1944, VITANAGE 1954, HARMS 1965). Zajímavé jsou žíly zemního vosku – grahamitu, popsané nejprve z Virginie (WURTZ 1869, WHITE 1898), později i z jiných oblastí. Z pittsburgské černouhelné pánve uvádí jílové žíly CROSS (1952). Množství většinou jílových žil bylo popsáno z černouhelných revírů Pensylvánie (WALL 1884, GRESLEY 1898), Indiany (ASHLY 1898, WHITEN 1897, SUNDERMAN - MATHEWS 1975) či Illinoisu (WANLESS 1952, DAMBERGER 1970, 1973). Zprávy o žilách nechybějí ani z dalších států. Například z Utahu jsou uváděny gilsonitové (asfaltitové) žíly (ELDRIDGE 1896) a valounové žíly (FARMIN 1934), z Arizony slepenco-brekciové (HANNUM 1980) a konglomerátové žíly (CAMPBELL 1904). Další nálezy byly publikovány ze státu New York (GRABAU 1900, CLARK 1900), Georgia (MCCALLIE 1903), Tennessee (GLENN 1904), Dakota (RUSSELL 1927), Arkansas (CRONIES 1930), Kansas (CRANE 1898, MCMILLAN 1931), Iowa (STEINBROOK 1945), Washington (JENKINS 1925), Connecticut (SCHAFER 1969), Texas (KRAMER 1934), Minnesota (FLACKLER 1941), Mississippi (MONROE 1932) a New Mexico (PARKER 1930, PRAY 1965). Odtud jsou uváděny též klastické trubky (nověji např. MEGRUE - KERR 1965). Dále z obou Karolín (HERON et al. 1971), Michiganu (POWELL 1969) a Nebrasky (HAY 1892), nejnověji i z rozhraní karbonu a permu v jihovýchodním Wyomingu (AHLBRANDT - HARRIS 1975). Nechybí ani v sousední Kanadě (RICHARDSON 1877, BARLOW 1897, DIONNE-SHILTS 1974).

V teritoriu bývalého Sovětského svazu jsou nejznámější výskyty klastických žil ve středním Povolží a v severním Přiarálí. Kromě již zmíněné zprávy o žilách u Petrohradu je nejstarší podrobná studie o klastických žilách na území Ruska z r. 1896 od Pavlova. Zpracoval tehdy několik žil z oblasti Altyru ve středním Povolží. Nato IVANOV (1901) popsal žílu jílového konglomerátu na ostrově Čeleken v Turkestánu (vznik vztahoval k bahennímu vulkanismu). Z Kazachstánu (Mugodraž) uvádí kvarcitové žíly ZAMJATIN (1915), ze s. svahu Hlavního hřebene Kavkazu GERASIMOV (1918), ze severozápadního Kavkazu (JANUŠEVIČ 1972), z oblasti Černých hor na Kavkaze ŠATSKIJ et al. (1929) a RUŽENCEV (1932). BRONGULEJEV (1947) a SAMSONOV (1952, 1953) se zabývali žilami z Povolží, RUBINŠTEJN (1949) z okolí Tbilisi. ZAVARICKIJ (1950) v překladu Shrocka upozorňuje na četné výskyty křemencových žil na jižním Uralu. O pískovcových žilách z povodí Angary se zmiňuje OBRUČEV (1932), IVANOV (1947) a LJACHOVIČ (1953).

Jednu z nejucelenějších prací představuje studie GARECKÉHO (1956). Kromě obecných statí, v nichž podává přehled o dosavadních výzkumech, se vyjadřuje k některým nomenklatorickým či genetickým otázkám

(viz výše). Podrobně popisuje „neptunické“ žíly v oblasti s. od Aralského jezera na území dnešního Kazachstánu. Podle něho je zde první našel SEVERCOV (1860), který je zaznamenal jako „vertikální trhliny ze zaschlé šedé sopečné hlíny“. Dále jsou mimo jiné uváděni ZAMJATIN (1915) a JANŠIN (1940, 1953). Klastické žíly se zde objevují v sedimentech od albu až po paleogén, zejména však v eocenní tarasanské sérii.

Klastické žíly byly zaznamenávány též ve flyšových sekvencích (BIRKENMAJER 1959). Z centrálních Karpat (z krosněnského flyše) popsali drobné klastické žíly DZULIŃSKI a RADOMSKI (1956) a KSIAŹKIEWICZ (1958). Ve slovenských centrálních Karpatech je studoval MAR-SCHALCO (1965). Z apeninského flyše je uvádí TEN HAAFF (1959), z Dolomitů FUGANTI a ULCIGRAI (1967), z flyše Sicílie TRUILLET (1968), WENDT (1971 – jura) a COLACICCHI (1959 – oligomiocén). Zaznamenány byly i v magal-lanské geosyklinále v Chile (ZEIL 1958) a v Tunisu je zpracoval GOTTIS (1953, obr. 6).



6. Příklad „intraformačních“ klastických žil v tuniském flyši (GOTTIS 1953).

Za zmínku dále stojí grahamitové žíly od Huasteca v Mexiku (KIMBALL 1876) nebo v Kanadě pískovcové žíly z uhelných polí Nanimo a Comax (RICHARDSON 1877), z pleistocenních sekvencí (DIONNE 1971, DIONNE - SHILTS 1974) či od jezer v Ontariu (BARLOW 1897, QUIRKE 1917, COLLINS 1925, EISBACHER 1970, YOUNG 1972). Jiných kanadských výskytů se týkají práce WILLIAMSE (1927 – Alberta), CLARKA (1907 – východní Quebec) a nověji GROTZINGERA (1986 – proterozoikum v Jihozápadním teritoriu).

Klastické žíly byly rovněž popsány z ropných polí na Sinajském poloostrově (BEETS 1954), z žuly rapakiwi na Alandských ostrovech a nechybějí ani na Islandu (STRAUCH 1966). V Africe jsou známy z jihovýchodního Transvaalu (VAN BILJOU - SMITTER 1956 – pískovcové žíly v doleritech Karroo), na východním pobřeží Jižní Afriky u Coffey Bay (TRANSWELL 1972), ze severního Natalu (BRUNN - TALBOT 1986) či z Maroka (ANDRIEUX 1967). Zprávy o jejich výskytu jsou i z Jižní Ameriky v Peru (ANDERSON 1944, BORSELLO 1962, DORREEN 1951), z Barbadosu (GORTNER - LAURE (1986), Austrálie (HILLS 1963 – Victoria, BRITTEN - TAYLOR 1979 – Nový Jižní Wales), Nového Zélandu (LEWIS 1973, COOMBS 1965 – pobřeží Oamaru, Jižní ostrov, GAGE 1957 – bioklastické žíly) a dokonce i z Antarktidy (PÉWÉ 1951 – polygony pískových klínů – Mc Murdo Sound region). Nelze opomenout ani Japonsko (ARIA 1957, HAYASHI 1957, IMAMURA 1935, KOTANI 1936, MII 1953, NAGABUCHI 1952, SAITO 1954).

Mezi nejstarší jak co do vzniku, tak zejména hornin, jimiž prorážejí, patří žíly zaznamenané HÖGBOMEM (1912) ze Švédska. Pískovcové žíly, které obsahují kambrické zkameněliny, zde prorážejí archaické horniny.

Zajímavé jsou známé žíly ze senonské formace San Antonio ve Venezuele (HEDBERG 1937, 1974, LAUBSCHER 1961) či žíly živcových pískovců z ostrova Trinidad (KUGLER 1938).

Ve střední Evropě lze označit za klasickou lokalitu spodnopermskou döhlenskou pánev u Drážďan. První zde podrobněji zpracoval klastické žíly (pod německým názvem Rücken, Kamme) HAUSSE (1882), nověji je detailně prostudoval REICHEL (1970, 1985). První informace o klastických žilách, resp. o žilách se sedimentární výplní v Sasku je ovšem mnohem staršího data (WEISENBACH 1850).

Z třetihorních hnědouhelných pánví Německa jsou známy gelinitové klastické žíly, tj. žíly vyplněné lesklým černým a bezstrukturním hnědým uhlím. Prvně je popsal BERGER (1958a) a SCHRÖDER a TEICHMÜLLEROVÁ (1958) z dolnorýnské pánve (Humusgel-Gang, dopple-ritische Spaltenfüllung). Z lipské kotliny (lom Espenhe-in) je uvádí BELLMANN a SEIFERT (1978). Ve všech případech šlo o proniky gelifikované uhelné hmoty do puklin v podložních sedimentech. Z dolnorýnské pánve jsou známy též pískové injekce (BERGER 1958). Z belgického namuru uvádí klastické žíly Lambrecht a THOREZ



7. „Velká žíla“ (Great dike) dokumentovaná v křídových břidlicích údolí Sacramento v Kalifornii DILLEREM (1890).

(1966), z ruhrské pánve SCHAUB (1954) a SCHULTE (1964), ze spodního aptu v jižní Francii RUTTEN a SCHÖNBERGER (1957), z hnědouhelných vrstev PRUVOST (1943), z rakouských vápencových Alp SCHÖLL a WENDT (1971), z jižního Polska možno připomenout práce BIRKENMAJERA (1962, 1963) a RONIOWICZE (1962).

Za základní práci o klastických, resp. pískovcových žilách bývá považována studie DILLERA (1890) v níž popsal značný počet žil prorážejících křídové pískovce a břidlice v okolí prameniště potoka Cottonwood, z. od Red Bluff v údolí Sacramento v Kalifornii. Největší z nich, nazvaná „Great dike“ (obr. 7), tvořená slídnatým pískovcem, byla víceméně souvisle sledovatelná na vzdálenost 9 1/3 míle (tj. 15 km). Žíly měly generelně průběh SZ-JZ a zapadaly vesměs strmě do hloubky. Podle DILLERA pronikal pískovcový materiál do trhlin zdola a klastické žíly dokumentují seizmicitu během terciéru.

Dalšími pískovcovými žilami v Kalifornii se podrobně zabýval NEWSOM (1903). Od San Luis Obispo popsal pískovcové žíly, které prorážejí miocenní diatomity. Písek pravděpodobně pocházel z křídvy v podloží. Podobně tomu bylo na pobřeží Tichého oceánu sv. od Santa Cruz

s tím, že v podloží diatomitů byly bituminózní písky, nejspíše miocenního stáří. Klastické žíly zde vystupovaly na den jednak ve stěnách útesů mořského pobřeží, jednak v opuštěných asfaltových lomech. Jejich rozměry byly značně variabilní a existovaly zde žíly enormních rozměrů. Jednou z největších byla pískovcová intruze obnažená v délce přes 200 m na mořském útesu, který byl vysoký přes 16 m. Byla východním ukončením téměř horizontální žíly, která se na závěr otáčela ve formě komínu vzhůru k povrchu útesu. Komín měl v průřezu 13 m. Výplň tvořily měkké žlutohnědé až hnědé pískovce, v daném případě zbavené bituminózních látek. V pískovcích bylo patrné nepravidelně zvlněné proužkování, což považoval NEWSOM (l. c.) za indikaci proudových textur. Příčiny intruzí spatřoval ve vysokém hydrostatickém tlaku ropy, popř. vody obsažené v píscích blízko hřbetu vrásové antiklinály. Zcela jiného charakteru byly žíly, které zjistil poblíž Stanfordské univerzity. Zde pronikly hrubozrnné písky shora do puklin v čediči, přičemž původ puklin je hledán ve zvětřování a erozi. Jen pro úplnost, Newsom navštívil též černouhelný důl s klastickými žilami v saské Zaukerodě u Drážďan. Zde zjištěné žíly břidlic a pískovců, prorážející uhelné sloje, považoval za nepochybně výplně většinou z nadloží.

Celkový přehled o klastických žilách a příslušné literatuře podává ve své sedimentologické publikaci SHROCK (1948). S odvoláním na citovanou bibliografii zdůrazňuje velikou variabilitu v povaze klastických žil.

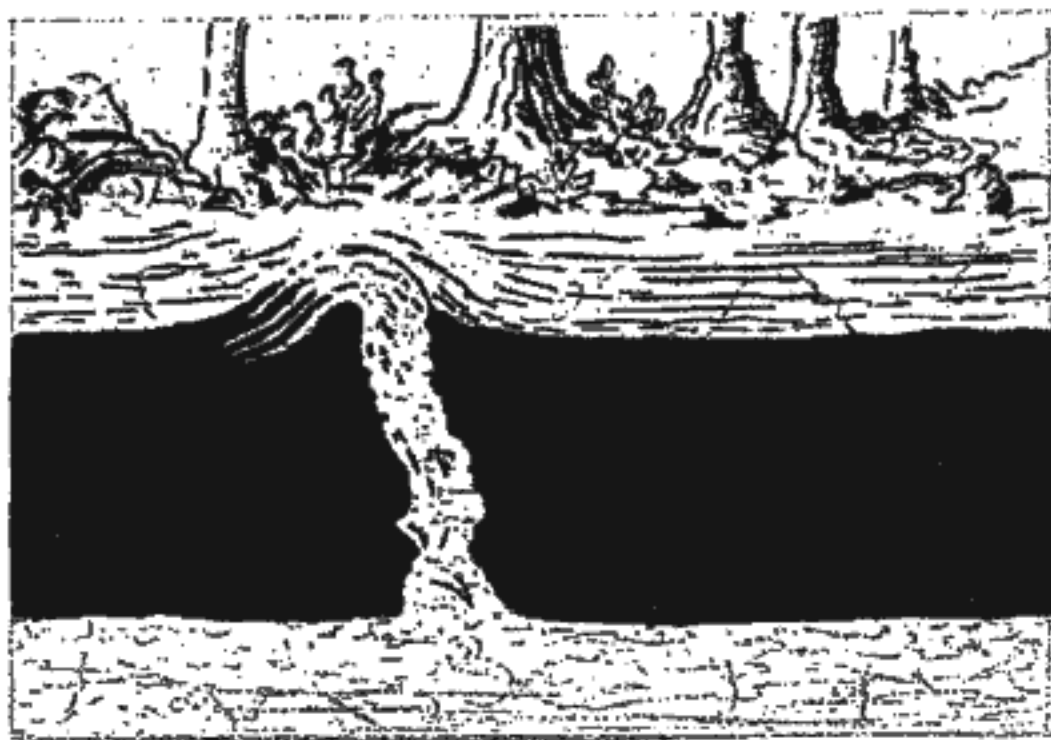
4. VZNIK KLASTICKÝCH ŽIL

Při genetickém hodnocení klastických žil je nutné rozlišovat dva okruhy základních otázek. Jedním je původ klastického materiálu včetně směru proniku do trhlin, druhým příčiny vzniku trhlin. Vzájemným pojátkem jsou energetické zdroje pohybu klastického materiálu do trhlin.

4.1. Původ a pohyb klastického materiálu

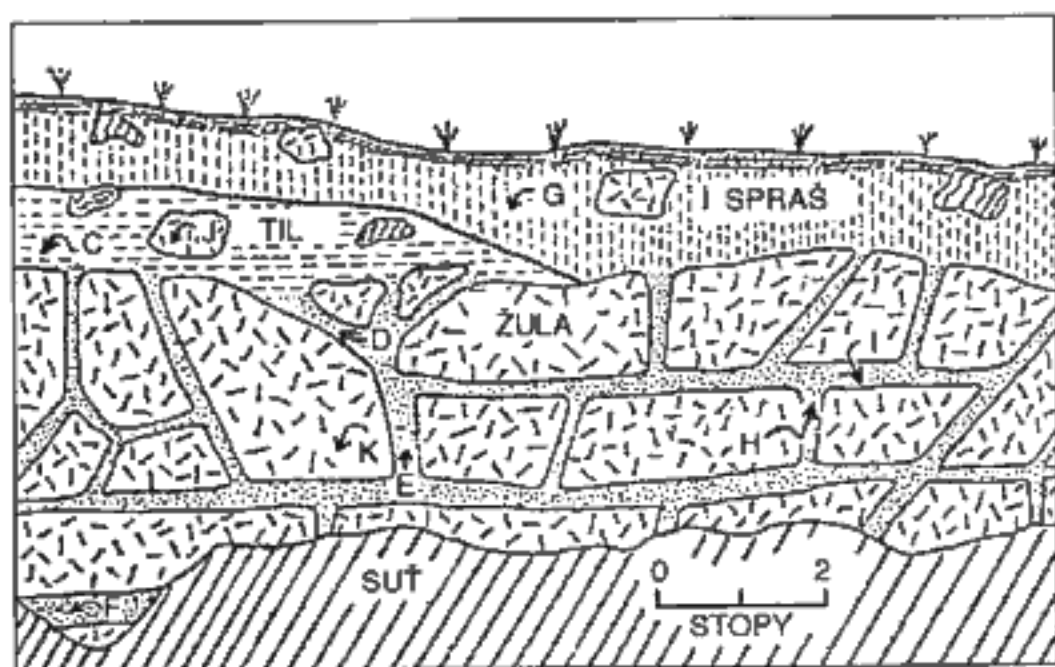
Jak je patrné z předchozích statí, jsou vesměs rozlišovány dva typy žil podle směru průniku klastického materiálu do puklin.

Podle SHROCKA (1948) jeden typ vzniká intruzí zdola z hlouběji uložených vrstev klastického materiálu v plastickém až tekutém stavu, a to v důsledku abnormálních tlaků. Aby mohl klastický materiál injikovat zespodu do rozlámáných formací v nadloží, musí být dostatečně zvodněný či nasycený ropou. Důležitý je náležitý tlak ve zvodněné vrstvě. Shrock v této souvislosti uvádí působení tlaku nadložních vrstev (tedy geostatický tlak), hydrostatický tlak či tlak plynů. V literatuře se rovněž poukazuje na součinnost s vulkanismem a dokonce i s vrásněním.



8. Vznik klastické žíly v živém uhlotvorném močálu podle GRESLEYHO (1898).

Hloubka zdrojové vrstvy může být velmi různá, právě tak jako výška průniku intrudujícího materiálu. Jsou známy příklady, kdy hornina, která překročila mez tekutosti, je uložena mělce pod povrchem, právě tak jako příklady, kdy intrudující hornina pochází ze stametrových či kilometrových hloubek. Někdy pronikne až na povrch, jindy „zkamení“ uvnitř horninového masivu. Tak GRESLEY (1898) zachycuje (podle fotodokumentace) pronik podložních jílu uhelnou slojí, který na jejím povrchu vytvořil oblý výčnělek (obr. 8). Zvláštností této žíly bylo, že vlevo od „výlevu“ pronikaly jíly zpět do nejsvrchnějších partií sloje a způsobily jejich zkadeření, resp. zdánlivé rozštěpení. Naproti tomu KUGLER (1938) uvádí z Trinidadu pískovcové žíly nasycené ropou, v nichž se vyskytují ostrohranné úlomky fosiliferních hornin, pocházející ze stratigraficky starších vrstev, uložených několik set stop hluboko. Zmiňuje se rovněž o jílových a siltových žilách, v nichž zjistil foraminifery, pocházející z vrstev ležících dokonce o více než 5000 stop (1650 m) hlouběji. Kombinovaný případ, tj. zkamenění uvnitř sedimentárních sekvencí a další průnik na povrch z hloubky až 7000 stop (cca 2300 m), uvádí BOWER (1951) rovněž z Trinidadu.



9. Ledovcem zatlačený til do puklin v rozvolněné žule na Rhode Islandu (BIRMAN 1952).

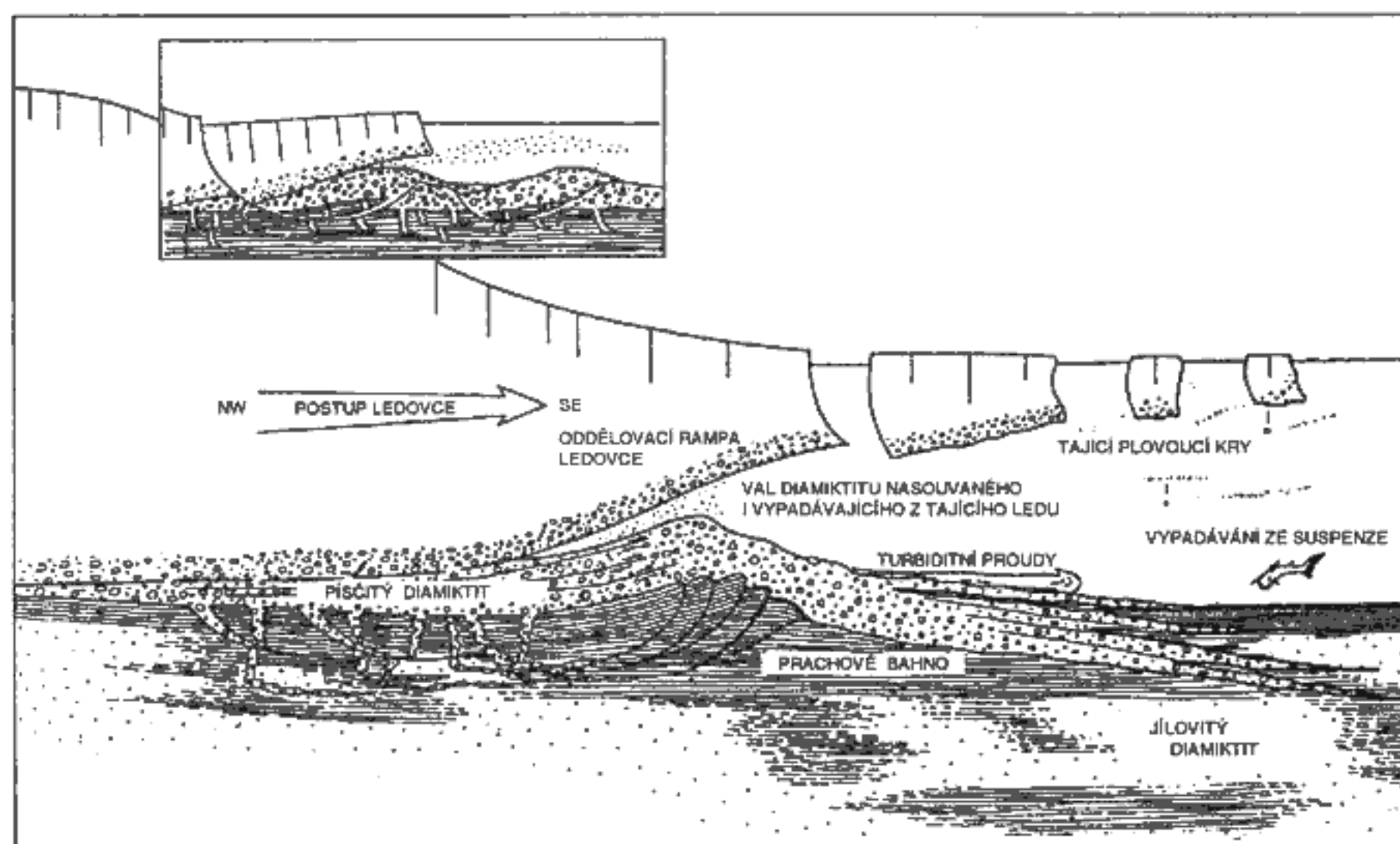
Při intruzích zdola pronikají stratigraficky starší horniny do mladších. Existují ovšem výjimky. Např. BLOOMER (1947) popsal klastické žíly ze zvrásněných ordovických sedimentů ve Virginii, kde v překocené vráse intrudovaly během vrásnění mladší břidlice do starších vápenců.

Vedle mikrofosilií použili někteří autoři k dokázání injekce zdola těžkých minerálů (MEEK 1928, KELSEY - DENTON 1932). Častěji je spatřován důkaz pro intruzi zdola v proudových texturách výplně žil či v druhotné vrstevnatosti výplně, rovnoběžné se stěnami žil. Tyto jevy jsou totiž vesměs považovány za produkt pohybu sedimentu pod abnormálním tlakem.

Při výplni puklin shora se uvažuje buď o vplavování klastického materiálu do puklin, o vtlačování nebo vypadávání z roztoku či suspenze. První případ je zjevně nejčastější s tím, že by se takové klastické žíly neměly zaměňovat za erozní rýhy, vyplněné sedimenty následujícího sedimentačního cyklu. LAUBSCHER (1961) proto zdůrazňuje, že by i zde měl být rozhodující určitý tlak, byť by se mělo jednat pouze o tlak vodního sloupce v nádrži. Podle toho by se neměly zaměňovat klastické žíly za mrazové klíny či mrazové trhliny. Naproti tomu bezprostředně kryogenní nejsou takové žilné útvary, jejichž vznik je spojován s činností ledovce. Např. KRUGER (1938) uvádí z New Hampshire (poblíže Keeneu) diagonálně i horizontálně rozvětvenou žílu v žule, jejíž výplň tvořil jílovo-siltový materiál s valouny či úlomky křemenců, amfibolitu a svorů do velikosti 8 cm. Podle složení se materiál výplně podobal tilu, překrývajcímu žulu. KRUGER vysvětloval vznik žíly tím, že vodou nasycené tilové bahno bylo pohybem ledovce vsouváno do otevřených puklin v navětralé žule. Podobné žíly popisuje z Rhode Islandu BIRMAN (1952, viz obr. 9), jiný případ uvádějí BRUNN a TALBOT (1986) ze spodní části Karroo formace v Jižní Africe (obr. 10). Popisují žíly z permokarbonských glacigenních sedimentů, pro které použili termínu „subglaciální intruzivní klastické desky“ (viz výše). Jde o intruze pískových diamiktitů do prachových jílovců v podloží, které mívají buď zprvu vertikální průběh a hlouběji se skobovitě ohýbají do mezivrstevních spár, nebo mají mírně obloukovitý až srpovitý průběh ve tvaru úzkých plynule ohnutých klínů. Příčina intruze shora je spatřována v tlaku ledovce, posouvajícího se do moře. V zóně, kde ledovec odtává, vytlačuje před sebou jak materiál z něho vypadávající (pískové diamiktity), tak i pod ním ležící jílové a prachové bahno (argillaceous diamicton). V odlučné zóně posouváných jílovců jsou potom do vznikajících trhlin vtlačovány pískové diamiktity jak v důsledku hydrostatického a litostatického tlaku, tak i tlaku ledovce.

Podle SHROCKA (1948) může být materiál vpravován do preexistujících puklin či štěrbin buď pod tlakem nebo prostým vyplňováním (vplavován, zaváván nebo různým způsobem zanesen). První případ představují např. žíly injikující dolů ve skluzových akumulacích okraje

10. Vznik podle-
dovcových klastic-
kých žil v permo-
karbonu Natalu po-
dle představy BRUN-
NA a TALBOTA
(1986).



starohorní geosynklinály ve Skotsku (SMITH - RAST 1958), druhý neptunické žíly z Povolží (PAVLOW 1896). Všechny tyto procesy zanechávají určité texturní znaky. Například stěny takových žil nevykazují podle SHROCKA deformace, které jsou obvykle pozorovány podél stěn žil injikovaných zdola. Dále zde bývá vnitřní stratifikace a cizorodý materiál.

Pokud jsou trhliny nahoře ostře zakončeny, resp. seříznuty, může jít o záznam jistého intervalu geologického období, kdy původní povrch byl rozrušen (denudován) ještě před tím, než se usadily další nadložní vrstvy, byť litologicky shodné s oněmi, v nichž se žíly vyskytují. Takové případy uvádí GRABAU (1900 – pískovcové žíly ve vápencích s diskordancí na rozhraní siluru a devonu, východní Quebec). V Rusku jsou podobným způsobem zachovány pískovcové klastické žíly v oblasti Alatyru ve středním Povolží, odkud je popsal PAVLOW (1896). Horizontálně stratifikované žíly zde prorážely neokomské jíly. Spodnooligocenní stáří žil určil podle hojné mořské makrofauny v pískovcích. V prostoru výskytu žil byly spodnokřídové jíly překryty aluviálními písky, odlišnými od písků v žilách. Pískovce podobné žilným se zachovaly až 12 mil, tedy 19 km, dále od výskytu žil jako denudační zbytky. Podobné poměry jsou známy i z Kazachstánu (severní Příarál podle GARECKÉHO 1956). Stejný mechanismus dnešního vystupování klastických žil jako hřbetů ze silně zvětralé žuly přisuzuje MARINOV (1971) žilám z štěrcíkopískovcové brekcie, tmelené zjřlovělým tufem, u obce Barutin v Bulharsku. Dnes se dochovaly příslušné svrchnooligocenní sedimenty severně od tohoto území. Unikátní v tomto směru jsou klastické žíly, popsané již MOOREM (1867) z Anglie (Mendip hill, Somersetshire). Šlo totiž o vápencové žíly ve vápencích. Žíly byly podle obsahu fosilů liasové, okolní vápence karbonské. Moore vysvětlo-

val jejich vznik tím, že karbonský vápenec tvořil příbojový útes liasového moře, a že jeho kaverny byly následně vyplněny liasovými vápenci. Rozsáhlé vápencové žíly (rozsedliny) ve vápencích jsou známy z Dachsteinu, kde liasové vápence pronikají až několik set metrů hluboko do svrchnotriasových dachsteinských vápenců (HLAUSCHEK 1922, GANSS 1938, SCHÖLL - WENDT 1971). Klastické žíly zde vznikaly opakovaně v rozmezí spodní lias až spodní dogger. SCHÖLL a WENDT (1971) zjistili 10 generací svědčících o vyklenování prahu v raném stadiu geosynklinálního vývoje. Podobné případy byly popsány z vysokotatranské série (KOTAŇSKI 1961) a některých bradel (BIRKENMAJER 1963) z jižního Polska nebo z jury v západní Sicílii (WENDT 1971, 1976). Za obecný jev v devonských útesových vápencích střední Evropy považuje vápencové klastické žíly KREBS (1974) a nechybějí ani v koněpruských vápencích Barrandienu (KUKAL 1986, CHLUPÁČ 1994, 1996). Podle CHLUPÁČE (1996a,b) používá termínu neptunické žíly, čímž předznamenává směr vyplňování shora) jsou na Berounsku známy již od 50. let, zejména v severní části synklinoria j. od Koneprus. Rozsedliny, jakožto produkt krasování, byly v submarinním prostředí opakovaně shora vyplňovány sedimenty s bohatou, převážně parautochtonní faunou. Typické jsou polyfázové výplně a rychlé diagenetické zpevňování sedimentů. Podle CHLUPÁČE jsou tři, resp. čtyři hlavní generace:

1. raná, při růstu koněpruského rifu (vyplňování koněpruskými vápenci pragu),
2. střední (hlavní), rozsedliny ve zlíchovu a dáleji, výplň suchomastské vápence (nejrozsáhlejší žíly),
3. mladší, vznik rozsedlin při sedimentaci akantopygových vápenců v eifelu,
4. pozdní, polyfázová, zčásti reaktivovaná v givetu (srbské souvrství).

Velikost žil s výplní shora je značně variabilní. Patří

sem nejmocnější klastické žíly, jejich mocnost se pohybuje od vlasových žilek až po 20 m široké výplně rozsedlin či rozmanitých otvorů. CHLUPÁČ (1996a) uvádí až několik set metrů).

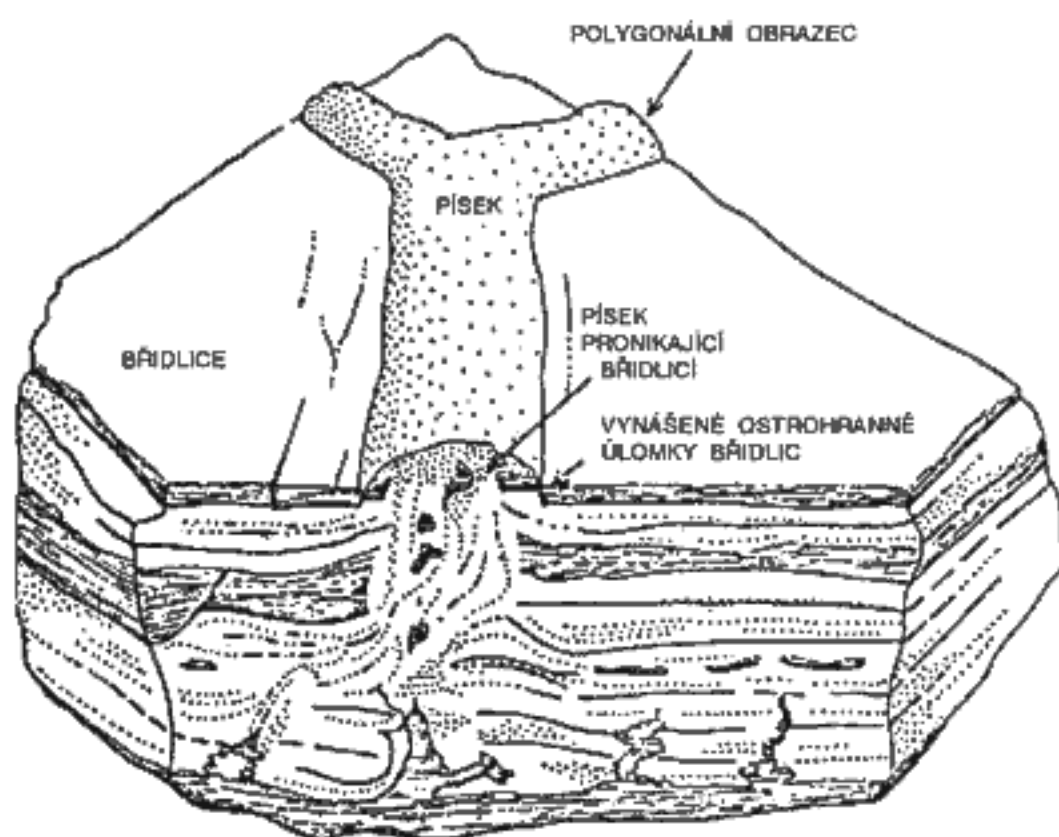
Jedny z nejmocnějších klastických žil popisuje CROSS (1894). Jsou to více než 300 m široké pískovcové výplně trhliny v žule v oblasti Pikes Peak v Coloradu. Písek byl do nich podle CROSSE zatlačen shora pod velkým tlakem. Tato lokalita tedy markantně ilustruje variabilitu mocnosti žil, která se právě zde pohybuje od zmíněných filmových povlaků až po stovky metrů.

K zaplnění puklin klastickým materiálem shora může docházet jak na povrchu, tak i uvnitř horninového masivu. Podle GARECKÉHO (1956) k druhému typu žil náleží většina neptunických žil. V tomto případě se materiál nedostává do puklin prostým vplavováním, resp. gravitací, ale pomocí dalších exogenních sil, jako je hydrostatický tlak či hmotnost nadložních sedimentů. Zřejmě oba procesy se uplatňovaly podle GARECKÉHO při vzniku klastických žil, popsáných JENKINSEM (1925) a LUPHEREM (1944) z pleistocénu kolumbijské pánve ve východním Washingtonu a Idahu. Část vznikala na dně rozsáhlých jezer, část na souši, avšak část se formovala v hloubce a klastický materiál se do puklin dostával z vrstev v nadloží. Sám LUPHER (l. c.) uvažoval o několika způsobech, jako je zanášení trhlin povrchovými toky, proudy a vlněním v jezeře, částečně i větrem. Avšak část materiálu se podle něho oddrolila ze stěn trhlin a ještě menší množství bylo přineseno podzemní vodou.

Podle celkového charakteru mnohých fosilních bahenních prasklin a zejména jejich sedimentární výplně by je bylo možno ve „zkameněném“ stavu kvalifikovat jako klastické žíly (viz kap. 2). PRUVOST (1943) je dokonce vyčleňuje jako jednu ze čtyř hlavních příčin vzniku puklin klastických žil. Má na mysli „solární vysoušecí bahenní praskliny“ („sun-cracks“). Za klastické žíly mohou být považovány nejen vyplněné desikační, ale i synerezní praskliny a tzv. megapolygony (viz KUKAL 1986).

Zvláštním případem tohoto typu jsou pískové žíly, které z ubariské deprese v jihozápadní Libyi popsal OOMKENS (1966). Domníval se, že tyto jevy mohou nejlépe vznikat v oblastech s vlhkými a suchými sezonami v subaerickém prostředí, jaké poskytují zejména sebachy. Písek zde proniká většinou směrem nahoru, a to několika možnými způsoby:

1. jestliže tvrdá nepropustná jílová kůra je smršťováním rozlámána, může pískový kal pronikat až nad jílu v důsledku rozdílné hmotnosti mezi suchým a zvodněným sedimentem;
2. hmotnost jednotlivých migrujících dunových těles lokálně zatěžuje natolik povrchovou kůru, že vyvolá zvýšení pórového tlaku v mobilním podložním sedimentu. Při prolomení kůry mobilní sediment proniká vzhůru;
3. zvýšení tlaku v mobilních sedimentech pod kůrou



11. Klastická žíla, resp. polygonální písková žíla ve spodnopermské „waderšské skupině“ Falce (OOMKENS 1966).

mohou vyvolat i pomalé sestupné proudy, postupující k centru deprese;

4. vývěry bahna a písku z trhlin při zemětřesení (Hobbs 1907, Reimnitz - MARSHALL 1965); proto často bývají fosilní klastické žíly spojovány se seizmickou aktivitou;
5. výron tekutého písku z trhliny mohou ve výjimečných případech vyvolat mimořádné změny atmosférického tlaku při bouřích (pozoroval BUHSE 1892).

Za nejčastější příčinu považuje Oomkens první možnost. Tímto způsobem podle něho vznikaly nejen klastické žíly v Libyi, ale i polygonálně uspořádané pískové žíly v červené jalovině Falce v SRN (obr. 11).

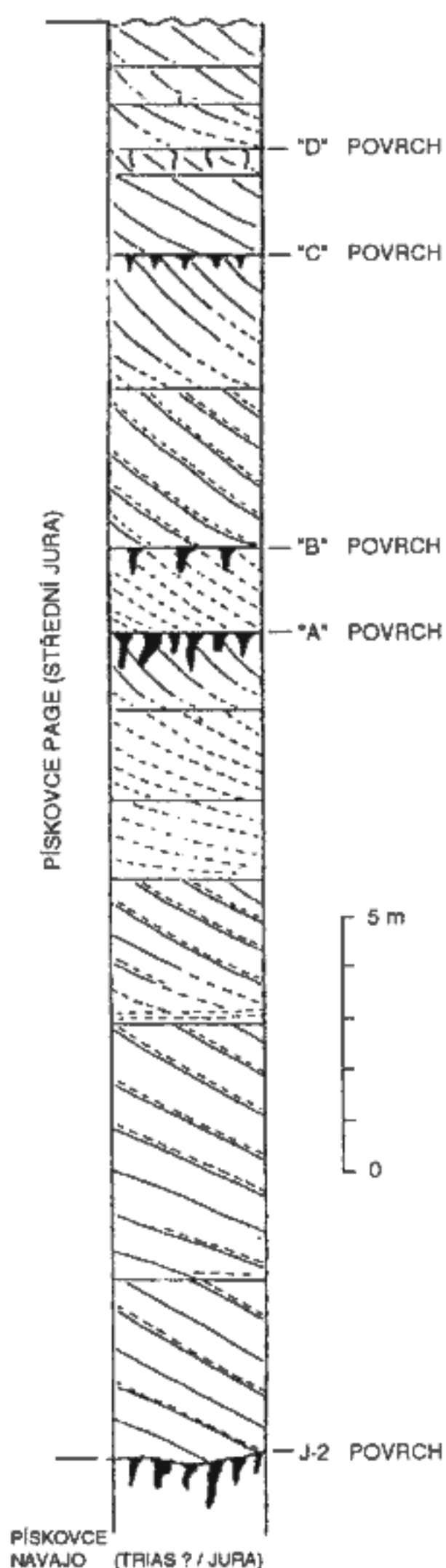
Podobné výsledky výzkumu rozsáhlé přímořské sebachy na pobřeží Perského zálivu u Abu Zabi ve Spojených emirátech aplikoval KOGAN (1972) na miniaturní vysoušecí textury v permských halogenních sedimentech v Donbasu a Příkaspické proláklíně.

Do téže kategorie lze zařadit „polygonální praskliny“ (polygonal fractures) v eolických pískovcích v Arizoně. KOCUREK a HUNTER (1986) zde identifikovali uvnitř pískovců Page (jura) několik fosilních povrchů podle horizontů s polygonálními prasklinami, hlubokými až 1,5 m (obr. 12). Autoři je interpretují jako kontrakční rozpraskání povrchu inkrustovaného evapority po způsobu ledových klínů. Nepravidelnosti v jejich vývoji přisuzují větrné či vodní erozi.

Někdy není snadné rozhodnout, zda došlo k proniku zdola či shora. Ilustrují to jílové a pískové žíly z oligocenního pískovce White River. CASE a ITHACA (1895) se domnívali, že intrudovaly pod hydrostatickým tlakem zdola, zatímco LAWLER (1923) později dokázal, že materiál pochází z mladší formace.

Rovněž tak nelze vyloučit možnost výplně puklin shora i zdola. Zvláštním případem v tomto směru jsou klastické žíly doprovázející deformační struktury bahenních ostrůvků (mudlumps). Třebaže k proniku, resp. zabořování písku do podložních, dosud nezpevněných sedimentů

12. Několik fosilních povrchů, identifikovaných podle existence horizontů s klastickými žilami („kontrakční polygonální praskliny“) v jurských pískovcích u Page v Arizoně (KOCUREK - HUNTER 1986).



tárních sekvencí dochází z povrchu, vytlačované podložní sedimenty vesměs intrudují zdola nahoru. Podle FREEMANA (1968) však tyto struktury klastické žíly neobsahují, a proto s nimi neanalogizuje bahenní diapirismus, který popsal z jižního Texasu. Prozatím byly výše zmíněné jevy ve spojení s klastickými žilami podrobněji popsány pouze ze severočeské pánve (HURNÍK 1990), kde deformace typu bahenních ostrůvků postihly i uhelnou sloj. Písečné sedimenty se zde v určitém prostoru zabořovaly do jílu v podloží a do dosud ne zcela ulehle uhlé sloje. Místy se dokonce dostaly pod sloj, vyzdvihly ji a přesunuly přes sebe, popř. potrhaly do nepravidelných ker. Do takto porušené sloje docházelo k intruzím jak plastických jílu, tak zvodněných písků sice převážně zdola, ovšem nechybějí ani průniky z boku či shora.

Energetickými zdroji transportu klastického materiálu do trhlin se téměř vyčerpávajícím způsobem zabýval v obsáhlé práci LAUBSCHER (1961). Rozlišuje šest energetických zdrojů. Je to *energie chemická, seismická, tektonická, vulkanická, potenciální energie* v tíhovém poli a *kosmická energie*. Kromě nich existují ještě jiné energetické zdroje, o nichž již byla vesměs zmínka.

Za *chemickou* energii považuje LAUBSCHER (l. c.) vznik plynů, které se uvolňují z nahromaděného organického materiálu buď pomocí bakterií nebo anorganickou cestou. Při tomto procesu se dále přeměňuje chemická energie v energii tlakovou. Chemický původ může mít částečně též energie vulkanická. Nejnapadnějšími fenomény, které jsou podmíněny organochemickým energetickým zdrojem, jsou bahenní sopky. Jejich produktem bývají právě masové výskyty klastických žil. LAUBSCHER připomíná trinidadské bahenní sopky (viz KUGLER 1933, 1953), které mají matečné vrstvy v hloubkách i více než 3 km. Jejich přerušovaná činnost a zejména nové průniky mohou disponovat značnou energií i kvanty bahna vytlačeného na povrch. Jen pro ilustraci, je znám případ, kdy během 20 minut bylo vyvrženo 500 000 m³ bahna, které pokácelo 10 ha lesa. K tomu možno připomenout, že zhruba dvě třetiny bahenních sopek se nacházejí v prostoru Kaspického moře, zejména v Ázerbájdžánu. Zde je také jedna z největších bahenních sopek Lokbakan (LANDA - ĎURICA 1987), ležící na stejnojmenném ložisku ropy. Je vázána na asymetrickou brachyantiklinální vrásu. Nad okolním terénem se vypíná do výše 86 m s tím, že mocnost bahnotokové brekcie dosahuje až 150 m. Na povrchu je pole činných bahenních vývěrů, které pokrývá plochu 425 ha. Při velké erupci v listopadu 1977 došlo k výronu 30 mil. m³ přírodního plynu a více než 140 000 m³ bahnotokových brekcií. V brekcií byly nalezeny úlomky nejen paleogenních, ale i křídových sedimentů, což ukazuje na hloubku kořenové zóny okolo 10 km. O něco menší bahenní sopka Dasgil je asi 60 km od Baku na tektonické poruše. Zaujímá plochu 470 ha, okolní terén převyšuje o 55 m a poloměr kráteru je 200 m.

LAUBSCHER uvádí, že bahenní sopky vznikají v sepětí s diapírovým vrásněním (zde nikoliv ve smyslu solných pňů) a mohou i nemusejí být nápomocny tektonické síly. Podle ŠICHALIBELIHO, jak uvádějí LANDA a ĎURICA (l. c.), který studoval již zmíněnou klasickou oblast bahenních sopek (Ázerbájdžán), musejí být pro jejich vznik splněny dokonce následující podmínky: antiklinální struktura, disjunktivní tektonika, plasticita jílových sedimentů, přítomnost fosilních vod, akumulace plynů a existence abnormálně vysokých geostatických tlaků, převyšujících hydrostatický tlak. Ukazuje se však, že tektonika zdaleka nemusí být rozhodující podmínkou. Bez podílu tektoniky dochází k plyným erupcím i ve velmi mladých rezervoárech. Příkladem může posloužit venezuelské pobřeží v zálivu Chichiriviche. Zde při podzimních změnách směru větrů vyraží se hřmotem

velké množství bahenního plynu z recentního pohřbeného mangrovového močálu v důsledku lokálního odvětví pokryvného písku.

Pro četné fosilní pískové žíly se někdy uvádí genetická asociace hnilokal-skluzy-pískovcové žíly (bez projevu bahenních sopek). Tohoto typu jsou žíly v Peru (DORREEN 1951) a neptunické žíly z Dagestánu (KUGLER 1939). Již zmiňované pískovcové žíly z Kalifornie od Santa Cruz intrudovaly podle LAUBSCHERA (1961) očividně bez přispění skluzů.

Seizmickou energií dochází k deformaci plně nasycených porézních sedimentů povrchovými vlnami v oblasti epicentra. Jako příklad uvádí LAUBSCHER extruze „vody, písku a uhlí“ při novomadriském zemětřesení v roce 1811 v údolí Mississippi a v roce 1897 u Assamu, kde se vytvořilo nemálo pískových vulkánů. Bahenní vulkanismus iniciovaný seizmicky při ašchábádském zemětřesení v roce 1948 popsal MIROŠNIČENKO (1951). Výhradně seizmický původ neptunickým žilám v křídě Fergany připisuje VERZILIN (1963). Při sledování jejich výskytu zjistil, že jsou-li klastické žíly v jednom stratigrafickém horizontu s akumulací gravitačních skluzů, pak faktor sklonu dna se podílel na vzniku skluzů, nikoliv žil. Tam, kde byly malé úklony dna, způsobila zvýšená seizmicita vznik klastických žil, zatímco při větším sklonu docházelo ke skluzům. V sesutých uloženinách se klastické žíly nevyskytovaly.

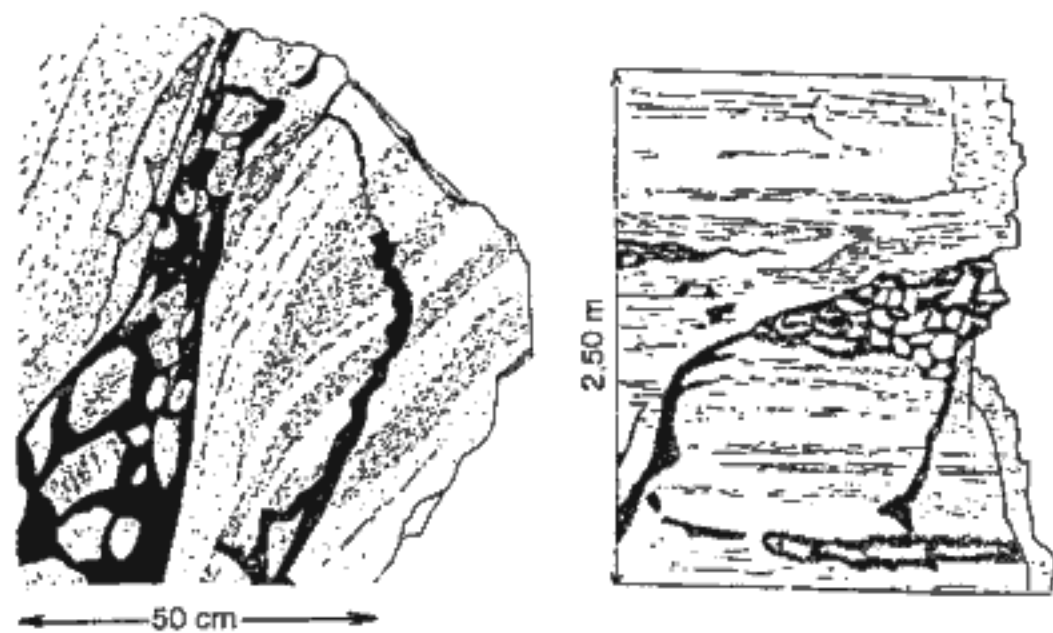
Podstata tektonické energie je podle Laubschera (l. c.) následující. Tíhová energie pevných částic je skoro výhradně podmíněna tektonicky. Spočívá v kompresi plně nasycených porézních sedimentů. Pohyb s následným tíhovým skluzem vede ke vzniku geostatického přetlaku. Ovšem to již lze sotva považovat za produkt tektoniky. Jako příklad uvádí LAUBSCHER liasové žíly v hlavním dolomitu u Arzo (VONDERSMITT 1953). Tekutý kal zde intrudoval shora do puklin a pozdějšími tlakovými procesy byl zatlačován dále do vedlejších i slabších puklin. Dále LAUBSCHER rozebírá pískovcové žíly od Pikes Peak-Granit v Coloradu (HARMS 1958). Podle něho se uplatňovaly tektonické pohyby v podobě nasunutí žuly na sedimenty. V téže souvislosti připomíná žilné mylo-

nity příkrovu Silvretta, které BEARTH (1933) vztahuje geneticky k mylonitům zóny nasunutí. Obsah žil není z intrudovaného cizího materiálu, ale z jemně rozmělněné matečné horniny. Místy vytvářejí i pseudoeruptivní brekcie (obr. 13). Vyskytují se až do 300 m nad bazální plochu nasunutí příkrovu, avšak jen v určité partii na okraji spodnoengadinského okna. Silvretta poukazuje na to, že rozdrčení hornin bylo odrazem deformací až při vyklenování. Podle některých naftových geologů připomíná spodnoengadinské okno past pro plyn a ropu.

Obsáhle se LAUBSCHER rovněž zabývá pseudotachylity v oblasti Vredefortu v jižní Africe, které nověji zpracovala REYNOLDSOVÁ (1954). Pseudotachylity protínají jako žíly především žulu od Parys (Orange Free State). Žilná hmota je fragmentovaná matečná hornina (jako v Silvrettě) a zčásti je přetavená. Podle SHANDA (1916) připomíná sedimentární slepence. REYNOLDSOVÁ se domnívá, že k zaoblení klastů nedošlo tektonicky, ale v abrazním prostředí (mechanismus porovnávala s procesem ve fluidizační komoře). Předpokládala abrazi v proudu plynů, suspendujících pevné částice. Během tohoto procesu se mohla původní síť jen málo rozevřených puklin rozevřít postupnou abrazí natolik, že v ní odlomené části horniny nemusejí být již abrazí dotčeny. Dochází tak k závěru, že k „rozemletí“ matečné horniny na základní jemnou hmotu pseudotachylitů nemusí být zapotřebí tektonika. Někteří autoři vredefortskou strukturu interpretují jako impaktní a pseudotachylity jako produkt přeměny šokem (FRENCH 1968). Naproti tomu LAUBSCHER (1961) předpokládá, že pseudotachylity, resp. fragmentace matečné horniny, jsou produktem pohybů nasunutí.

Vulkanická energie se projevuje tím, že v důsledku tlakové energie intruze (třeba jen plynů) se v porézních horninách zvyšuje pórový tlak. Pórové tlaky zvyšuje rovněž tepelná energie a přehřátím pórové vody může dojít i k freatické erupci (viz REYNOLDSOVÁ 1954). Rovněž tak prudké přitížení vylitými horninami může vyvolat geostatický přetlak. K fluidizaci klastických horninových partií může dojít také proudovým tlakem unikajících plynů (rozpracovala opět REYNOLDSOVÁ, viz výše). LAUBSCHER (l. c.) k tomu dodává, že tato představa se v mnoha bodech kryje s jeho náhledem na mechanismus vzniku intruzí žil ve formaci San Antonio. Jako příklad pro vulkanickou energii udává úzkou žílu konglomerátových arkóz triasového stáří, prorážející zdola dolerit u New Havenu v Connecticutu (WALTON - O'SULLIVAN 1950). Dolerit při vzniku žíly musel být ještě značně horký, neboť žilná výplň obsahuje novotvořené minerály (křemen, chlorit, sfén, epidot, pyrit, granát, kalcit).

S vulkanickou energií jsou rovněž spojovány klastické žíly v Karroo-doleritech v jižní Africe. Podle WALKERA a POLDERVAARTA (1949) je jejich nápadnou vlastností schopnost mobilizace a metasomatické přeměny. K tvorbě žil přispívají nejen sedimenty série Karroo, ale i starší sedimenty. Specifičností těchto žil je, že jejich



13. Žilné mylonity v amfibolitu příkrovu Silvretta vytvářejí místy pseudovulkanické brekcie (BEARTH 1933).

materiál je zčásti přeměněn ve sklovitou hmotu, zčásti na „granofyry a mikrogranity“ zcela magmatického vzhledu.

K *potenciální* energii v tíhovém poli přiřazuje LAUBSCHER artéský (tedy hydrostatický) přetlak, který je obecnou příčinou pro ztekucení písků, a přetlak geostatický. Geostatický přetlak může nastat rychlým zatížením zvodněných sedimentů, obzvláště takových, které mají nestabilní zrnitostní skladbu, či čerstvě uložených nebo sesutých mas. Do téže kategorie lze zařadit i blíže nerozvedenou představu EISBACHERA (1970) o procesech, probíhajících ve zvodněných horninách subpermafrostové zóny. Chemickou energii vylučuje prostou úvahou o nedostatku organických látek v proterozoických sedimentech.

Možnost působení *kosmické* energie je v podstatě jen teoretická. Uvažuje s pádem a explozí meteoritů. Laubscher tuto představu odvozuje z analogie s účinky letectvého bombardování. Dokumentuje to případy, kdy tlaková vlna v sedimentech s pórovou vodou, vyvolaná explozí bomb, vedla až k erupci bahenní sopky. Klastické žíly tohoto původu nejsou prozatím v literatuře uváděny. Pokud by se obecně akceptoval impaktní původ některých kráterů, pak by byly klastickými žilami i některé doprovodné trhliny, žíly a hnízda vyplněná brekcii, srovnávanou s pseudotachylity (DENCE 1968, FRENCH 1968, STEARNS et al. 1968). O extruzích vody s pískem při pokusných jaderných a chemických výbuších v USA a Kanadě se zmiňuje RODDY (1968).

4.2. Původ puklin

Nejožehavější otázkou při řešení genetické problematiky klastických žil je vznik puklin. V mnoha směrech již byla rozvedena v předchozí stati při diskusi energetických zdrojů, ovšem zdaleka ne v takové šíři, jakou si vzhledem ke své závažnosti zasluhuje.

S ohledem na časové relace mezi vznikem puklin v horninovém komplexu a jejich zaplněním klastickým materiálem lze rozlišit dvě skupiny. Převážně v nezpevněných sedimentech musejí oba tyto procesy probíhat souběžně, nebo jen s velmi krátkým časovým odstupem. Naproti tomu u zpevněných hornin může být mezi vznikem puklin a jejich vyplněním dlouhý časový interval.

Vznik samotných puklin, trhlin, prasklin či jiných volných prostorů může mít nejrůznější příčiny. Sledujeme-li příslušnou literaturu, zjišťujeme, že v určitých obdobích nabýval na převaze názor, že vznik puklin je buď přímo, nebo alespoň nepřímo vztahován k seizmické aktivitě či tektonice. Je to ostatně nejjednodušší vysvětlení, které není příliš náročné na důkazy. Z předchozích kapitol však vyplývá, že příčiny mohou být nejen endogenní, ale i exogenní a skutečně velmi rozmanité. Existuje dokonce celá plejáda výskytu klastických žil, které poukazují s mnohem větší pravděpodobností na jiný původ puklin, nebo mu alespoň při hlubším rozboru celkové si-

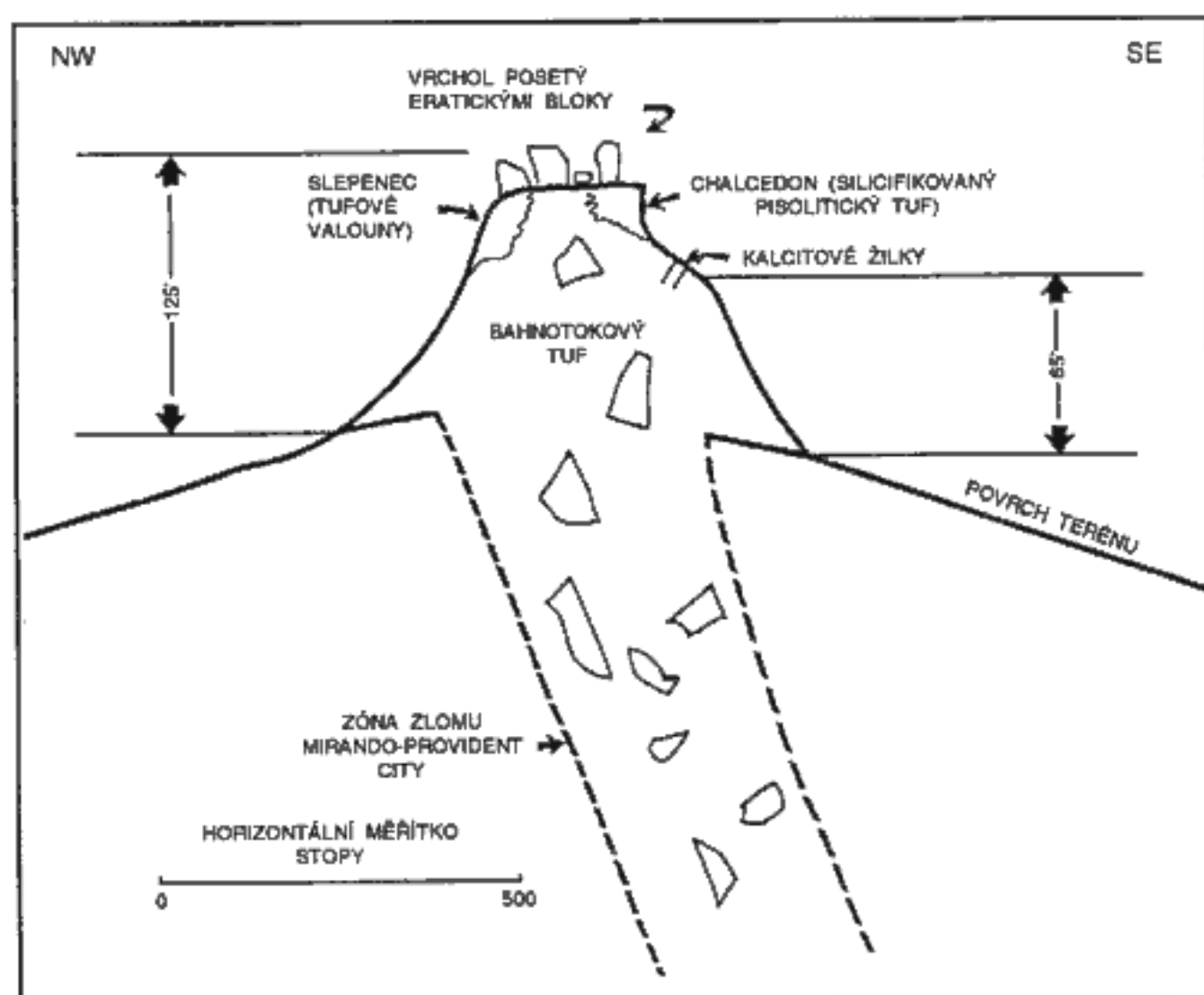
tuace dávají přednost před seizmicitou. Podle DIONNEHO a SHILTSE (1974) mohou trhliny vzniknout následujícím způsobem (pořadí je převzato od citovaných autorů):

1. smršťováním při působení mrazu nebo při vysušování,
2. při masovém pohybu horninových hmot, jako jsou skluzy, sesuvy a soliflukce,
3. při subsidenci, jako důsledek kompakce a odvodňování podložních sedimentů přitížením nadložními horninami v sedimentárních komplexech s obráceným hustotním gradientem,
4. jako kolapsové výplně při vyluhování vápencového podloží nebo důlní činností (MEGRUE - KERR 1965 – trubky),
5. seizmickou činností,
6. při vrásnění, vztahujícím se k orogenezi (výzdvihu),
7. tlakem ledovce, když se přesouvá přes zmrzlé či neztvrdlé sedimenty.

Těchto sedm uvedených způsobů ovšem nevyčerpává všechny možnosti a hlavně zdaleka nepostihuje rozmanitost procesů, zachycených jen rámcově v uvedených skupinách. Zcela např. chybí vulkanická aktivita (LAUBSCHER 1961), která by sice mohla být v širším slova smyslu zahrnuta do páté skupiny, avšak v daném případě by měla být nadřazena seizmicitě. Podobně tomu je s diapirismem, jehož podstata je sice dána obráceným hustotním gradientem (tedy třetí skupinou možností), avšak tento jev je natolik specifický a masový, že je účelné jej vyčlenit jako další možnost. Do téže (třetí) skupiny možností vzniku trhlin by se při dobré vůli daly zařadit žíly, které vznikaly v důsledku hydrostatického přetlaku (viz opět LAUBSCHER 1961), ovšem opět s ohledem na jejich četnost; specifické fyzikální i geologické podmínky mají nárok na samostatné vyčlenění. Zcela opomenuty jsou zde systémy dutin v krasových oblastech a jim podobné prostory v nekrasových horninách (viz např. ve vápencích – KREBS 1974, v diatomitech – NEWSOM 1903).

Při vzniku klastických žil, resp. puklin, leckdy spolupůsobilo několik faktorů, aniž by se mohlo říci, který z nich byl rozhodující. Při tvorbě tohoto pozoruhodného geologického fenoménu se zřejmě nejvíce uplatňovala náhoda, resp. nahodilá souhra několika činitelů, vzájemně působících nebo se uplatňujících v daném místě a čase. A jednalo se jak o činitele endogenní, tak i exogenní.

Pro ilustraci jeden méně známý příklad. Jak bylo již uvedeno, na ostrově Trinidad jsou dodnes činné bahenní sopky. V literatuře je zaznamenán případ, kdy k tomuto jevu docházelo již během miocenní sedimentace na mořském dně. BOWER (1951) popsal tlusté deskovité těleso o ploše 300 akrů (cca 121 ha) a s maximální zjištěnou mocností 2000 stop (660 m). Celková kubatura tělesa je odhadována na 500 milionů kubických yardů (tzn. 450 mil. m³). Výplň tvoří oligocenní sedimenty z hloubky okolo 7000 stop (tedy 2300 m), které jsou pod tlakem plynů, ropy a vody. Miocenní těleso bahnotoku je s nimi



14. „Martinský suk“ v jižním Texasu, interpretovaný jako pozůstatek bahenního vulkanismu (FREEMAN 1968).

spojeno sopouchem, resp. podle BOWERA (l. c.) žilou. BOWER spatřuje hlavní příčinu vzniku komunikace i efúze v tektonice, neboť slabá tektonická aktivita byla evidována ve středním miocénu v širším okolí. Tektonickým pohybem se vytvořila oslabená plocha, předurčená pro únik plynů, ropy a vody z oligocenního rezervoáru v podloží miocénu. Přitížením nadložními vrstvami mohlo dojít k erupci ztekucené směsi kolektorské horniny s plyny a kapalinami kumulativním způsobem. Průnik do nadložních vrstev přirovnává BOWER ke vzniku solných dómů. Pro úplnost, bahenní erupce se obnovily i v pozdějších geologických obdobích, neboť mezivrstevní miocenní bahenní těleso je propojeno sopouchem (podle BOWERA opět žilou) s dnešním povrchem. Tedy predispozice lokalizace byla předurčena tektonicky, avšak vlastní vznik trhliny a souběžný proces jejího vyplňování bahnotokovým materiálem byly produktem exogenních procesů.

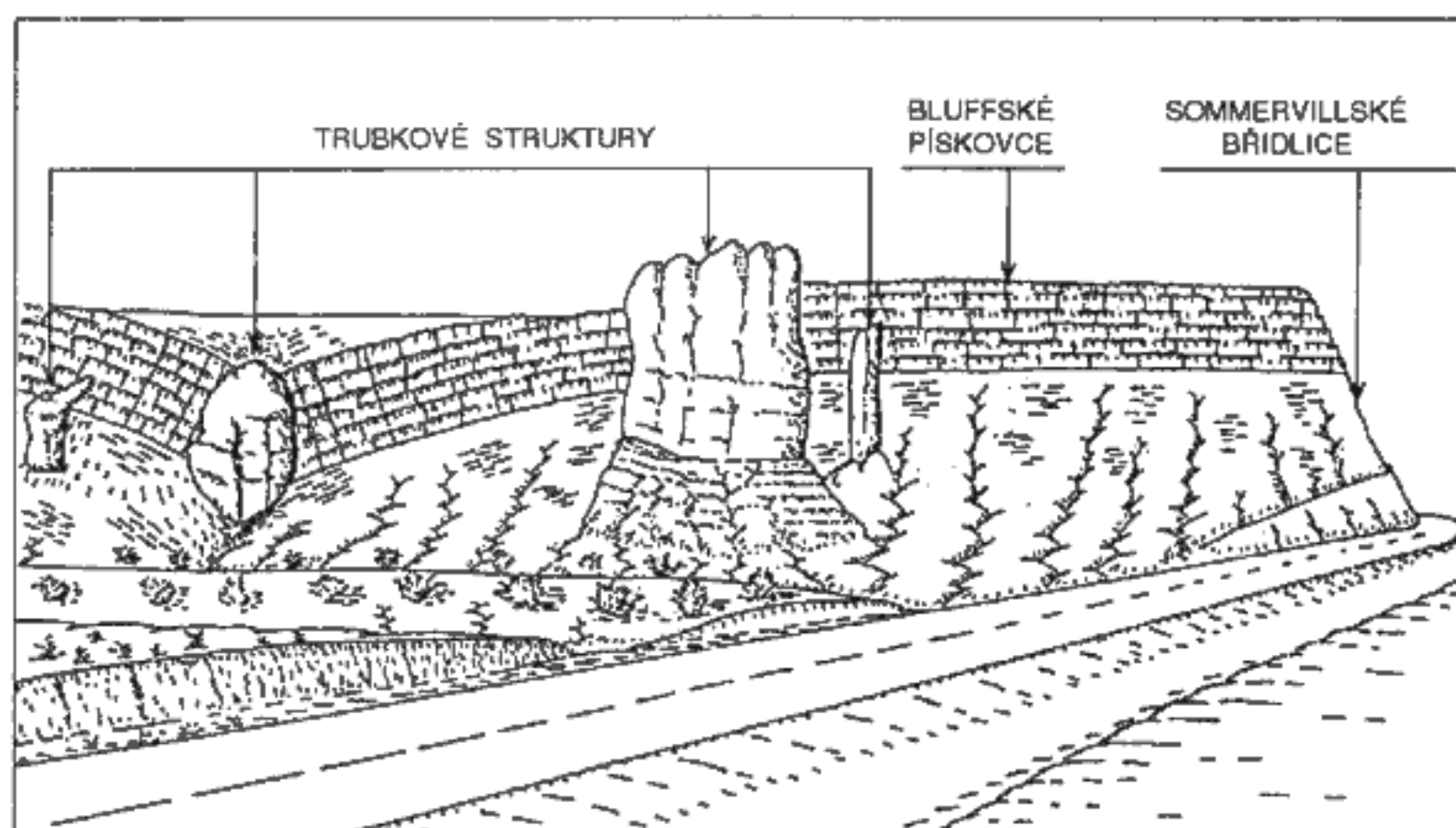
Podobně se podílely endogenní i exogenní síly na vzniku klastických žil ve Skotsku (SMITH - RAST 1958). Skluzy na okraji geosynklinály mohly být iniciovány zemětřesením. Následná podmořská seizmická aktivita dala vzniknout trhlínám ve skluzových akumulacích obsahujících sekvenční, vystavené abnormálním tlakům, vyvolaným vahou nadloží.

Nepochybně s tektonikou je spjat bahenní vulkanismus v Pákistánu. Zde v Belnažistanu totiž existují podél zlomů rozsáhlé bahenní či břidlicové hřbety až 20 mil dlouhé. Na fosilní poměry podobnou situaci aplikuje FREEMAN (1968) v případě bahenních diapirů, které identifikoval ve formaci Gueydan v jižním Texasu. Do poloviny století totiž byly zdejší struktury, tvořené jílovitými a vulkanoklastickými horninami a doprovázené „eratickými“ horninami, pro geology hádankou. FREEMAN (l. c.) prokázal,

že jde o projevy sedimentárního vulkanismu v podobě bahenních diapirů. Z geometrického hlediska rozlišil dva typy intruzivních, resp. extruzivních těles, a sice planární a válcovité. Planární jsou klastické žíly, válcovité jsou kužele či deprese. Klastické žíly jsou vázány na tektonické linie, kužele a deprese na jejich křížení (obr. 14). Geneticky je srovnává se solným diapirismem, přičemž spouštěcí mechanismus spatřuje v seizmicitě.

Určitou kuriozitou jsou pískovcové, resp. brekciové trubky (sopouchy), popsané z Nového Mexika, Arizony, Colorada či Utahu. V Novém Mexiku se jimi nověji zabývali MEGRUE a KERR (1965) v okolí Laguna. Jde o vertikální cylindrická tělesa s průměrem 1,5–66 m, zpravidla vyčnívající nad terén 1 až 50 m (viz obr. 15). Prorážejí spodní série zde zachovaných jurských sedimentů (formace Bluff a Sommerville). Trubky jsou vyplněny brekcií z nejsvrchnějších jurských pískovců tzv. formace Morrison, popř. křídových pískovců známých ze širšího území. Podle jmenovaných autorů struktura, mineralizace a alterační jevy ve výplni trubek indikují kolapsové struktury doprovázené výstupem hydrotermálních roztoků (výskyty severně od Laguna jsou dokonce uranové). SHOEMAKER (1956) však interpretuje tyto brekciovité struktury v Arizoně, Novém Mexiku a Utahu jako diatremy. Vzhledem k výše uvedeným poměrně malým průměrům trubek by ovšem mohly mnohé tyto útvary býti považovány za kolapsové klastické žíly, byť vznikem bezprostředně spjaté s vulkanismem. Trubkovými strukturami se také zabývali HAWLEY a HART (1934) a PARKER (1933).

Na závěr lze ještě dodat, že některé dílčí otázky vzniku klastických žil byly též podrobeny teoreticko-experimentálnímu výzkumu. Laboratorní demonstrací mechanismu injekcí se zabýval JENKINS (1925b) a zteku-



15. Pískovcové, resp. brekciové trubky (pipes) prorážejí jurské sedimenty v Novém Mexiku (MEGRUE - KERR 1965).

cením BHATTACHARJI a SMITH (1964). Rovněž tak lze čerpat z obsáhlé studie REYNOLDSOVÉ (1954), věnované fluidizaci s aplikací na geologické procesy.

5. KLASTICKÉ ŽÍLY V UHLONOSNÝCH FORMACÍCH

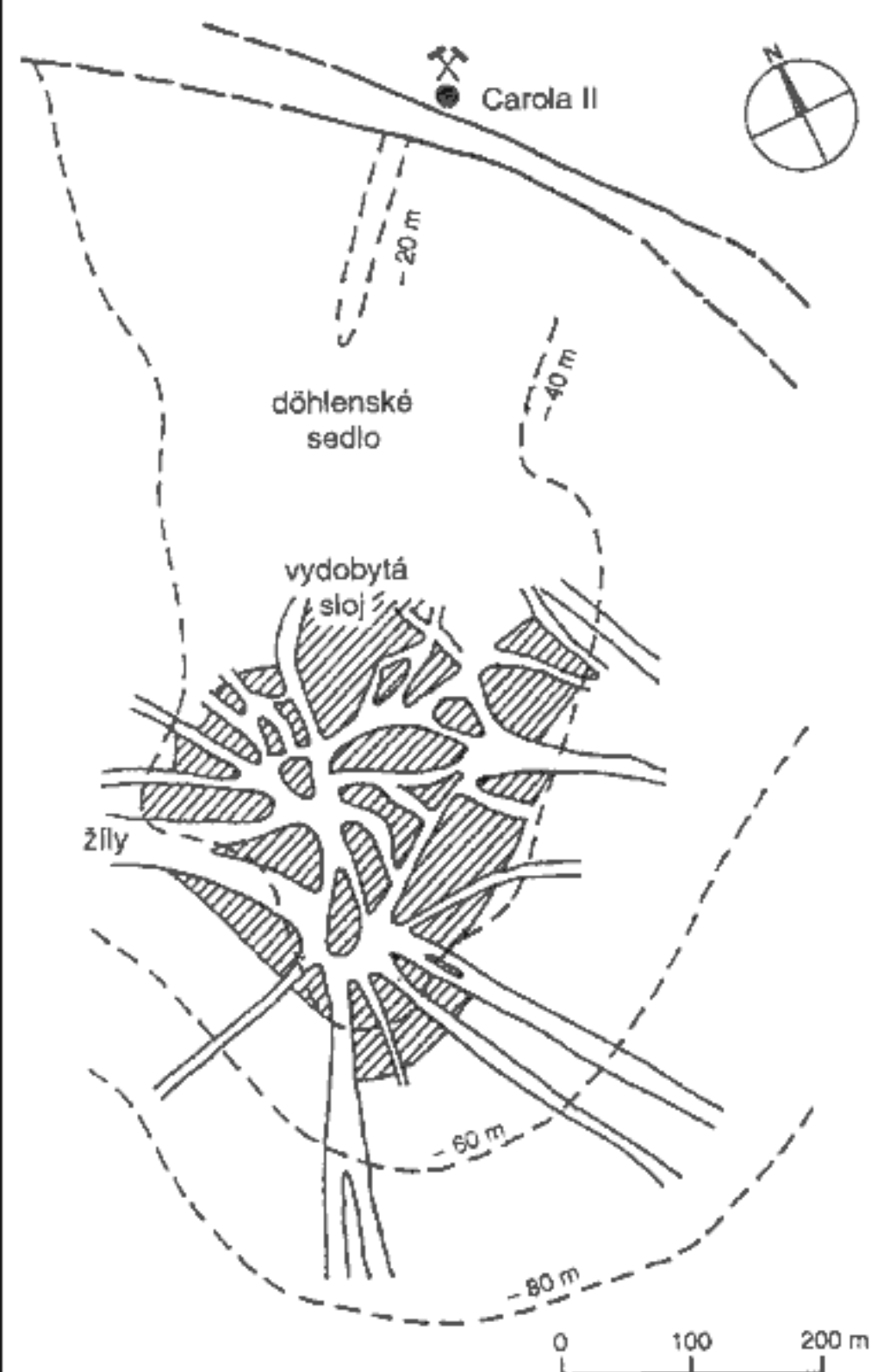
Z předchozího vyplývá, že klastické žíly se sice vyskytují v nejrozličnějších sedimentárních i plutonických formacích, avšak ukazuje se, že přece jen běžnější bývají v uhlonosných sedimentech nebo v roponosných či plynonosných oblastech. Tedy v územích spjatých s akumulací organogenních sedimentů kaustobiolitové řady. Ovšem z pouhého výčtu citací to není příliš patrné. Uhlenných pánví se totiž týká sotva pětina dosavadních publikací. Částečně to lze přičíst jednak na vrub určité jednostrannosti v chápání klastických žil jako takových, jednak tomu, že příslušné jevy byly z neznalosti vysvětlovány jinak. V literatuře, týkající se klastických žil, lze pozorovat určitou dvojkolejnost. Při studiu klastických žil v uhlonosných sekvencích se v literatuře setkáváme leckdy jen v omezené míře s odvolávkami na výskyty v jiných formacích. Ještě nápadnější je to v pracích o klastických žilách v neuhelných formacích. V určitém období, kdy se téměř výhradně hovořilo o pískových či pískovcových žilách, byly poněkud opomíjeny jílové injekce, časté právě v uhelných slojích. To se v jistém smyslu promítalo i do výkladu příčin a mechanismu vzniku žil. V té době bývalo možno říci módním u neuhelných sedimentů a vyvěřelin vztahovat rozpukání, jakož i kinetickou energii k zemětřesnému šoku. Odrazilo se to i v následném přehodnocení názorů na vznik žil v některých uhelných pánvích (např. v USA a v Sasku). Jinak v uhlonosných formacích se častěji operovalo a operuje i s exogenními příčinami.

Se seizmicitou jsou geneticky spojovány zejména klastické žíly v černouhelných oblastech USA, i když

původně (jak je uvedeno výše) byl vznik spatřován spíše v jiných fenoménech. Popsány jsou většinou z centrální pánve ve státech Illinois, Indiana, Iowa a z apalačské pánve ve státech Pensylvánie a Indiana. První přehled o jejich výskytu v USA podal GRESLEY (1898). Uvádí je z Iowy (též KEYS 1893), Missouri, Illinoisu, Ohia, Pensylvánie a Západní Virginie. Při posuzování jejich vzniku vycházel z podrobného hodnocení pozorovaných příznaků jím evidovaných výskytů žil. Z nich jako hlavní rezultat odvodil, že trhliny se otevíraly nad úrovní vodní hladiny, neboť nikde nepozoroval známky přepadu nebo proudění vody. Dále vyloučil rozevírání kanálů či depresí po pohybu červů prouděním vody, vznik trhlín v důsledku odlehčování při ústupu ledovce, právě tak jako souvislost s výzdvihem Apalačského pohoří. Z dalších úvah vypustil rovněž vazbu na existenci zlomů, neboť po nich nikde nenalezl stopy (myšleno v souvislosti s žilami). U pensylvánských výskytů připouští, že mnohé z žil by bylo možno vysvětlit jako erozní jevy. V ostatních případech řadil vznik trhlín do kategorie zemětřesných fenoménů.

Zastánci seizmických příčin vzniku klastických žil byli CRANE (1898), KENDALL (1919), RAISTRICK a MARSHALL (1939), SHIRLEY (1955) a DAMBERG (1973). Jiní kladli důraz na skluzy, které ovšem mohly být vyvolány seizmickým neklidem (GREGORY 1969, HOWARD - LOHRENGEL 1969, BÜTTNER 1969). Předtím však WANLES (1952) spatřoval jejich původ v erozi sloje vodním tokem.

V Evropě vztahuje k seizmicitě REICHEL (1970) vznik trhlín v döhlenské pánvi. Ve své novější práci je dokonce nazývá „seizmickými klastickými žilami“ (REICHEL 1985). Prvně je zde zaznamenal již WEISSENBACH (1850) a podrobněji je popsal ještě v minulém století HAUSE (1892), který zachytil i jejich tehdy známé síťovité rozložení v sedle brachyantiklinály. Jeho náčrt (obr. 16) naznačuje vztah žil k tektonickému vývoji klenbové struktury. Dlužno uvést, že REICHEL (l. c.) zjistil při okrajích puklin častou rudní mineralizaci, zejména pyritovou,



16. Radiálně paprscitě uspořádané klastické žíly v hlavní sloji na temeni döhlenského sedla na dole Carola II u Drážďan. Podle HAUSEHO (1892).

popř. sfaleritovou. Zjištěn byl i galenit a chalkopyrit. Mocnost klastických žil se pohybuje od milimetrů do 10 m. Bývají ve vrstevním sledu mocném až 400 m s tím, že dominují v uhelných slojích. Vyskytují se jak v blízkosti přesmyků, tak v neporušených depresních zónách. REICHEL (1985) rovněž upozornil na typické zvrstvení, které je zhruba konformní se stěnami žil, tedy kolmo na vrstevnatost slojí. Na rozdíl od HAUSEHO (l. c.) je na základě strukturní analýzy porovnává s jevy, popsanými COULTEREM a MIGLIACCIM (1966) z okolí Valdecu při aljašském zemětřesení v r. 1964. Dospívá k závěru, že döhlenské žíly vznikly podobnou cestou. Ruptury a jejich vyplnění musely být raně diagenetické, ještě před redukcí mocnosti nekromasy v důsledku její dehydratace a prouhelnění. Dosud zjištěné žíly byly ve všech případech vyplňovány materiálem z nadloží.

S tektonickým neklidem spojoval výskyt klastických žil BAJOR (1958) v dolnorýnské pánvi na lomu Neurath, přičemž k diapirové intruzi písků z podloží přispěla tlaková podzemní voda v píscích.

S vulkanickým energetickým zdrojem lze nejspíše spojovat „závory“ známé z walbrišského černého uhlí.

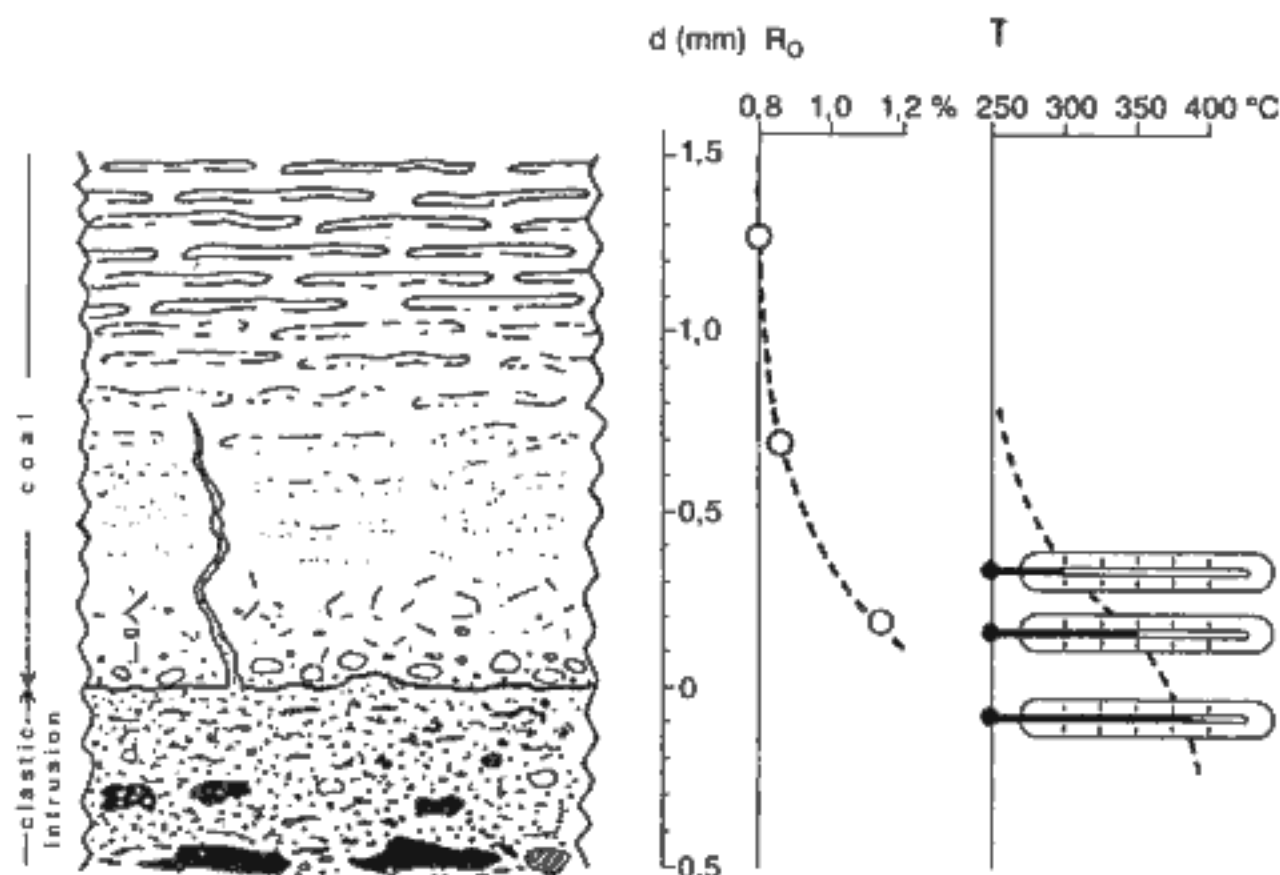
Německý hornický výraz Kohlenriegel převedl HAVLENA (1965) do češtiny jako „trubkovité nebo horizontální deskovité sopouchy, vyplněné komínovou brekcií“. Blíže se jimi zabýval HOEHNE (1942). Jsou to nejčastěji tělesa oválného průřezu, mající až několik desítek metrů v průměru. Prorážejí uhlonosné vrstvy žacléřského souvrství, avšak nepronikají až na dnešní povrch. Výplň je brekcie převážně z úlomků pískovců, břidlic, popř. úlomků uhlí. Třebaže se v okolí vyskytují průniky porfyru a vulkanických brekcií, úlomky porfyru se ve výplni žil vesměs neobjevují. Vznik žil poukazuje na souvislost s plynnými explozemi. Nověji se rozsáhlými vulkanickými trubkami s hrubozrnnou sedimentární výplní u Rusinowa v téže pánvi zabýval NEMEC (1981). Genetické otázky drobných klastických intruzí v žacléřských vrstvách na okraji ryodacitového masivu Chelmea studovali nedávno manželé MASTALERZOVÍ (1988). V posledním případě jde o intruze vytvářející římsy, méně často pravé žíly o centimetrové mocnosti. Obsahují úlomky jílovců, jemnozrnných pískovců a uhlí, zatímco středně zrnité pískovce, křemenná a živcová zrna jsou v podřadném množství. Podle některých vlastností hornin v žilách a okolních hornin autoři odvodili tlakové a teplotní podmínky intruzí (viz obr. 17).

Exogenně podmíněné klastické žíly mohly vznikat nejrozličnějšími způsoby. V literatuře je uváděna eroze, diferenciální kompakce, geostatický i hydrostatický tlak, odlehčení, skluzy, obrácený hustotní gradient a jiné.

Podobně jako WANLESS (1952) v USA vykládali vznik trhlín erozí, resp. synsedimentárními rozmyvy v karagandské pánvi DZENS-LITOVSKAJA (1954, 1956) a skluzy podél řečišť v Čechách v plzeňské pánvi PEŠEK (1965, 1978, popř. „bahenní“ praskliny 1969). Tomuto názoru dal přednost již v minulém století RICHARDSON (1877) při popisu pískových žil v uhelných polích Nanimo a Comax v Kanadě. V Donbasu jsou podle DMITRIJEVA (1957) druhotným jevem rozmyvů, které jsou epigenetické vůči sloji. Ke vzniku žil docházelo až při zvýšení tlaku v písčité výplni erozních koryt, vyvolaném vahou mocných vrstev v nadloží na počátku orogeneze. Průniky kuřavky z podloží, které se zde vyskytují jen zřídka, považuje rovněž za důsledek uvedených vysokých tlaků. Podobně je vysvětluje i BALINSKIJ (1972) s tím, že jsou synsedimentární (při částečné erozi stropu sloje lokálními zmenšením mocnosti vznikaly trhliny, které se vyplňovaly materiálem z báze výmolu, viz obr. 18).

Jako další možnost vzniku klastických žil v uhlonosných sedimentech je uvažována kompakce. Ta byla aplikována některými autory rovněž na severoamerické žíly (např. BAIN 1896, SAVAGE 1910). Sem patří i Pruvostův výklad vzniku žil v černouhelné pánvi u Saint Etienne a v křídové hnědouhelné pánvi Fuveau (obr. 19). PRUVOST (1943) rozlišuje dvě možná období jejich vzniku: jednak posthumní, tj. rozpukání uhlí v důsledku diferenciální kompakce podložních vrstev, jednak intraformační při kompakci uhelné hmoty.

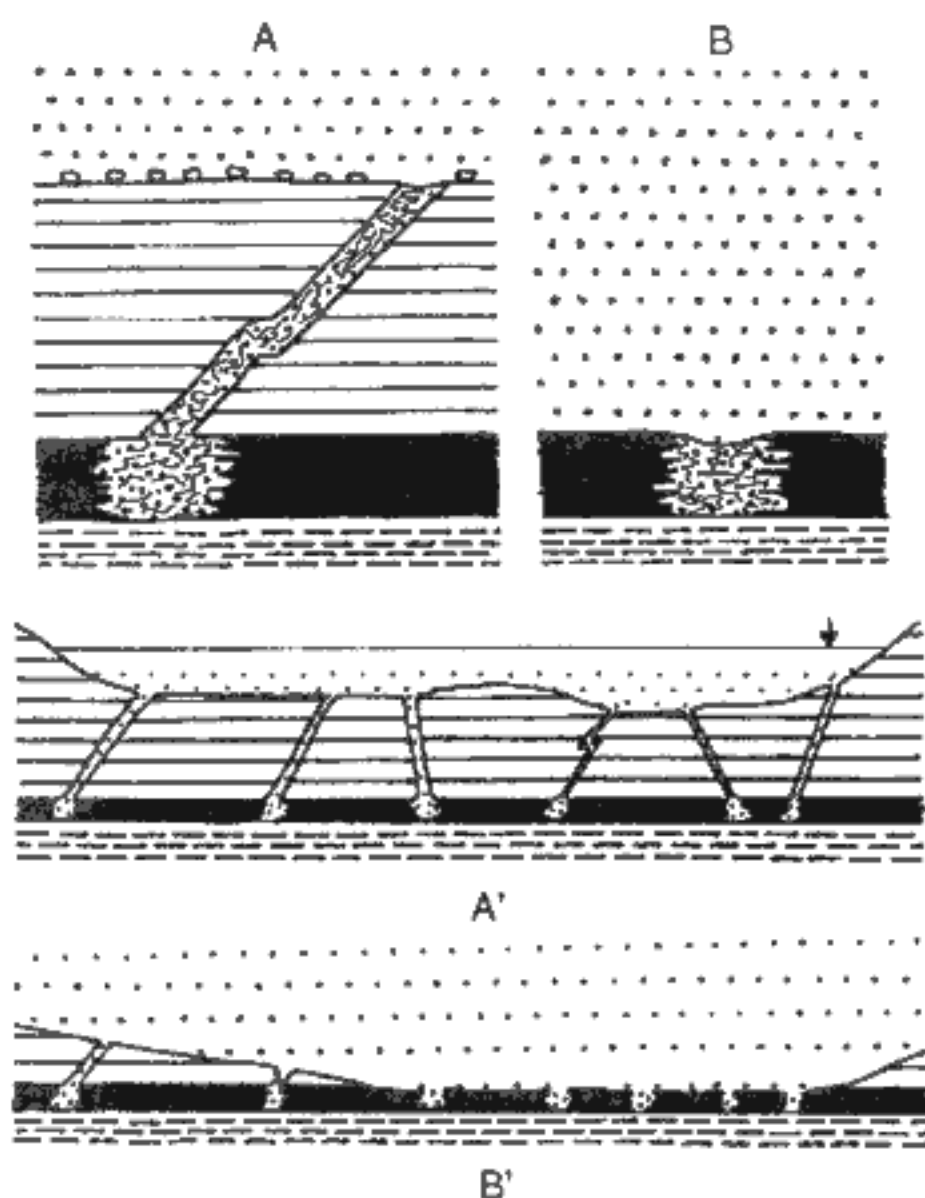
17. Tepelně alterovaná zóna uhelné polohy na kontaktu s klastickou žilou vulkanogenního původu (exploze plynů) v jižním Polsku. Dosah kontaktní přeměny, doložený změnami odrazivosti (R_0), byl doplněn teplotní charakteristikou (MASTALERZ - MASTALERZOVÁ 1988).



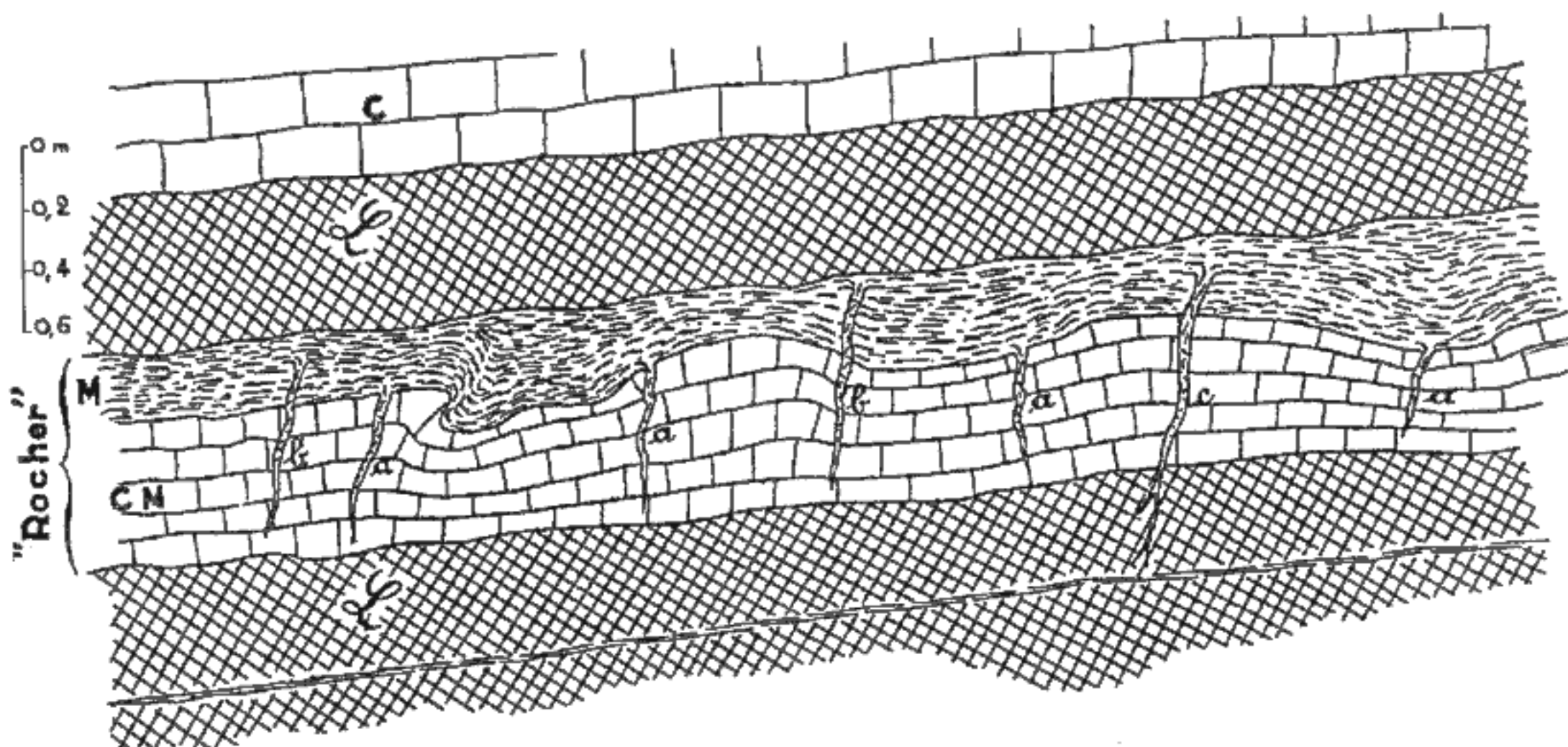
Zajímavý a přesvědčivý výklad vzniku žil v dolnorýnské pánvi podal BERGER (1958), a proto bude tomuto výskytu věnováno více místa. Klastické, vesměs písčové žíly zde byly zjištěny na lomu Frimmersdorf-Süd. Na tomto lomu byly především odkrývány rozsáhlé výmoly ve sloji Frimmersdorf a Morken I. Výmoly byly vyplněny stropními písky, v nichž byly nalezeny spodnokřídové, svrchnokřídové a paleocenní fosilie a glaukonit (stropní neuratské písky jsou sice také mořské, resp. brakické, avšak s minimálním množstvím

glaukonitu). Ve spodních partiích výmolů byly v píscích ploché kusy a úlomky hnědého uhlí. BERGER tuto skutečnost, jakož i vznik výmolů vysvětloval průnikem mělkého mořského zálivu. V okolí výmolu, který BERGER studoval, byl věnec písčových žil, víceméně diskordantně prorážející uhelné sloje (obr. 20). Žilkami písku bývaly protkány i bloky uhlí ve spodních partiích výmolů. BERGER se domníval, že tyto bloky uhlí, jakož i část písků, které byly přepracovány, souvisejí s průnikem písků z podloží do erozní rýhy. Dospěl proto k závěru, že průval písku je časově i geneticky ve vzájemném vztahu ke vzniku výmolu. Písky v podloží byly zvodněné tlakovou vodou. Hlubokým vymytím určité partie sloje došlo k lokálnímu zeslabení artéského stropu. Jelikož kuřavka byla pod vysokým hydrostatickým tlakem, došlo k jejímu průvalu do nadloží. V souvislosti s Bajorovou tektonickou interpretací žil na dole Neurath konstatoval BERGER, že na lomu Frimmersdorf lze tuto možnost zcela vyloučit, neboť spodní sloj zde nebyla tektonicky porušena.

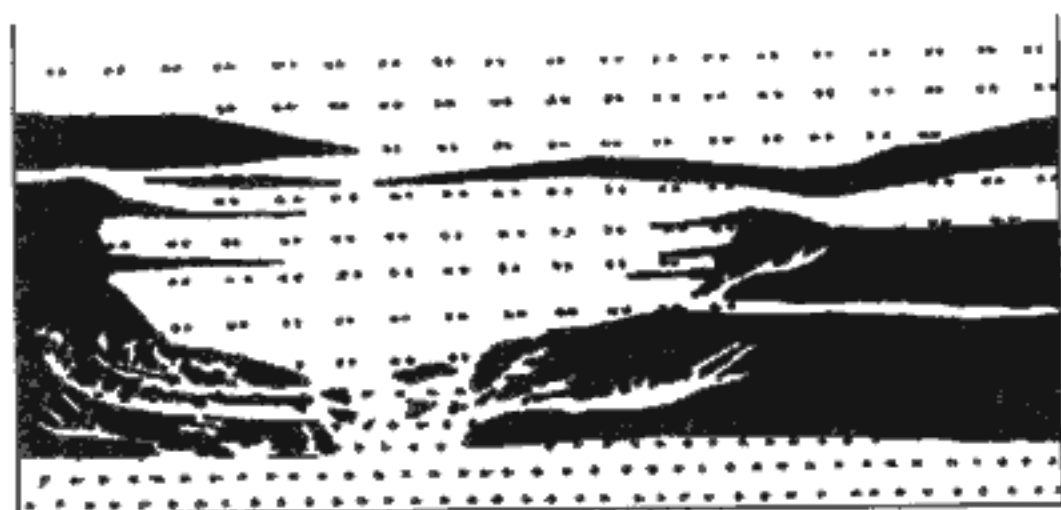
K výskytu intruze písků z podloží do slojí Morken a Frimmersdorf na lomu Neurath nutno poznamenat, že s větší pravděpodobností vznikla tato struktura jinak, než uvažuje BAJOR (1958). Podle nákresu celkové geologické situace nelze totiž vyloučit, že příčina byla rovněž exogenního původu, právě tak jako poruchy zjištěné ve sloji. Intruze se totiž dají reálně analogizovat s mechanismem intruzí, popsaným BERGEREM na lomu Frimmersdorf. Chybějí zde ovšem odkazy na existenci výmolů. Podobně je otázkou, zda BAJOREM zaznamenané zlomy mají tektonický, tedy endogenní původ. Jeho okrajové zlomy na profilu 3a (obr. 21A) morfologicky připomínají nediastrofické zlomy, známé ze severočeské pánve či z miocénu Louisiany (COURTIS 1970, BRUCE 1973). Potom vyzdvižení střední kry, která byla překryta pouze zohýbanými písčnými a uhelnatými jíly, by mohlo být souvztažné s okrajovými střížnými deformacemi, vyvolanými lokálním přitížením písky (anomální mocnosti písků na pokleslé kře). Tedy určitá příbuznost



18. Klastické žíly v Donbasu na Ukrajině a schéma jejich vzniku. A – se zachovanými jílovitými stropními vrstvami sloje; B – stropní vrstvy denudovány výmolem; A' – výmol zasáhl jen do stropních vrstev; B' – výmol pronikl až ke stropu sloje (BALINSKIJ 1972).



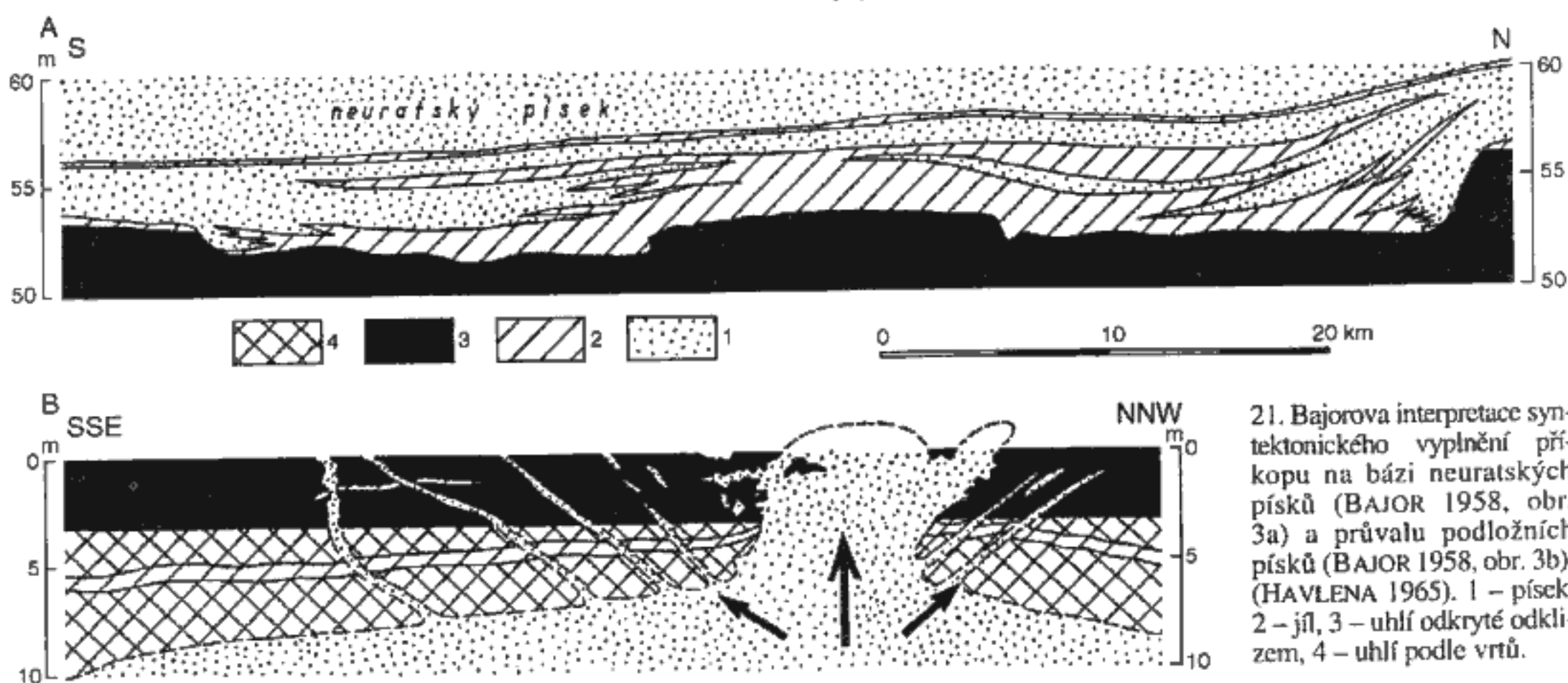
19. Klastické žíly v jihofrancouzské křídové hnědouhelné pánvi u Fuveau (PRUVOST 1943). C – vápence; L – hnědé uhlí; M – slíny; CM – slinité vápence; a, b, c – výplně klastických žil.



20. Schematický náčrt výmolu a pískové intruze na dole Frimmersdorf-Süd podle BERGERA (1958).

se strukturami bahenních ostrůvků (deformace vyvolané obráceným hustotním gradientem). Každopádně se nejví pravděpodobným BAJOR v tektonický výklad pískové intruze, vyobrazený na jeho obr. 3b (obr. 21B). Naskytá se totiž je třeba další příčina a tou je existence hřbetu podložních písků, na němž se snížila mocnost sloje Morken až na 3 m (BAJOR 1958, str. 123). Intruze potom mohl vyvolat stejný efekt (predispozice – zmenšená mocnost nadloží, energetický zdroj – hydrostatický tlak vody v pískách), jaký se uplatoval v případě BERGEROVCH výmolů.

Okonale roztrhání uhelné sloje a její protkání hustou sítí trhlin vyplněných pískem je známo též ze severočeské hnědouhelné pánve. Tyto roje pískových žil ovšem nevznikly přirozenou cestou. Jsou produktem průvalů kuřavek, tedy artésky zvodněných písků v nadloží, do rubaných hlubinných důlních děl (komor). V minulosti byly např. lomem Jirásek v Ledvicích (dnes dobývací



21. Bajorova interpretace syn-tektonického vyplnění příkopu na bázi neuratských písků (BAJOR 1958, obr. 3a) a průvalu podložních písků (BAJOR 1958, obr. 3b). (HAVLENA 1965). 1 – písek, 2 – jíla, 3 – uhlí odkryté odklizením, 4 – uhlí podle vrtů.

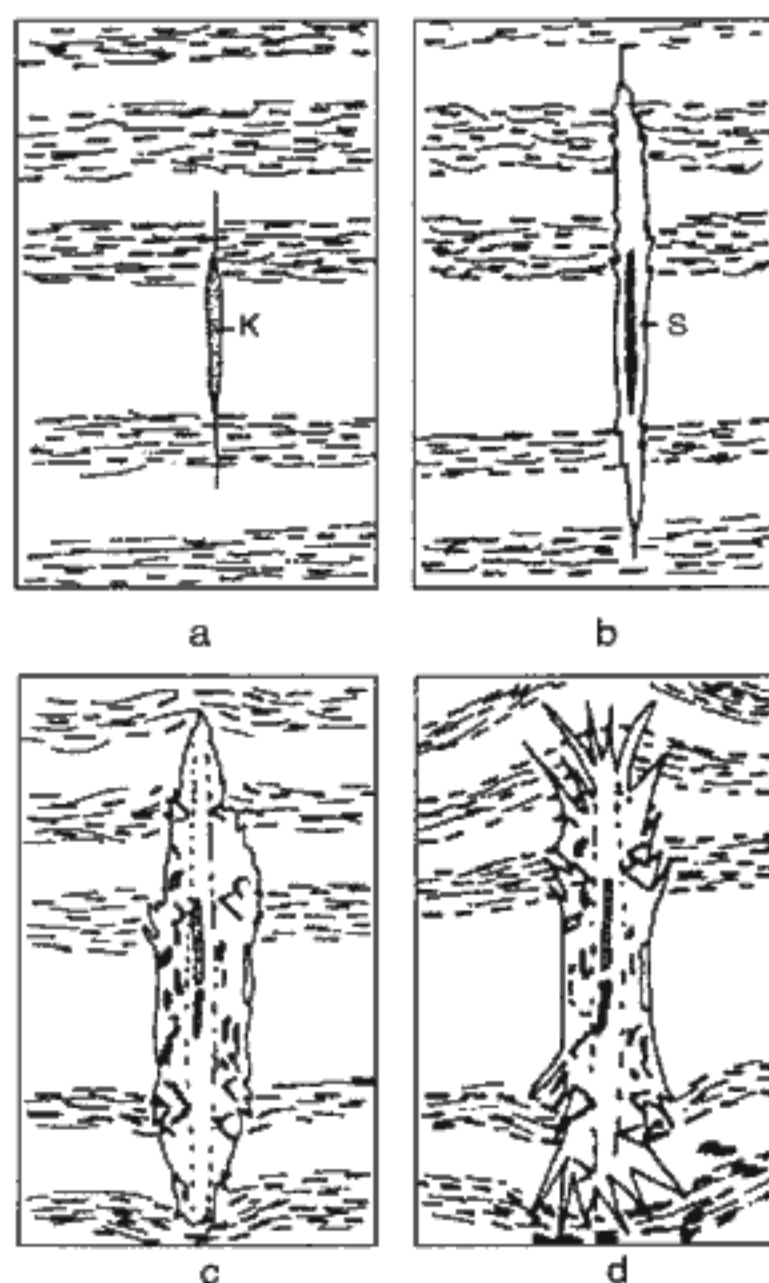
prostor Dolů Bílina) odkrývají stařiny někdejšího hlubinného dolu Masaryk v Břežánkách a jeho předchůdců (příl. I/1). V jednom místě nebylo několik vyrubaných, nebo jen částečně vyrubaných komor zavaleno, nýbrž vyplněno pískem a uhelné pilře mezi nimi byly dokonale potrhány a prostoupeny sítí puklin, vyplněných rovněž pískem (příl. I/2). Jejich vznik je tedy výsledkem průvalů kuřavek (tekutých písků) do důlních děl a dokumentuje čtvrtou, antropogenní eventualitu vzniku trhlin ve smyslu DIONNEHO a SHILTSE (1974).

Podle posledně jmenovaných autorů by kritérium kolapsových klastických žil splňovaly i ostatní formy zavalených hlubinných důlních děl, tak typické právě pro severočeskou hnědouhelnou pánev. Procházejí-li zdejší povrchové lomy partiemi hlubinně přerubané sloje, poskytují nejrozmanitější formy propadnutí, resp. vtažení nadložního materiálu (vesměs jílovců) do vyrubaných prostor. V minulosti jedna z nejrozšířenějších dobývacích metod má zavalování vyrubaných prostor dokonce v technologickém postupu. Je to „komorování na zával“, které poskytuje nejbizarnější výsledné tvary. Vizualní nápadnost je zde umocněna kontrastností vtačeného nadloží (vesměs jílovce) do vyrubaných komor vůči okolní hnědouhelné sloji. Příklady jsou na přílohách II a III/1. U ostatních dobývacích metod již nejsou tyto jevy tak instruktivní.

Zvláštní kategorií jsou zcela mineralizované žíly v uhelných slojích. O částečně mineralizovaných již byla zmínka (viz REICHEL 1970 – důhlenská pánev). Úplně mineralizované žíly v podstatě neobsahují cizorodou sedimentární klastickou výplň, to znamená, že by neměly být řazeny ke klastickým žilám. Výplň je chemogenní produkt diagenetických procesů, probíhajících při prouhelňování nekromasy sloje. Jelikož nejde ani o pravé rudní žíly, je účelné je připomenout. Uváděny jsou z uhelných slojí centrální pánve USA a zabýval se jimi zejména COBB (COBB 1986, COBB - KRAUSE 1979, COBB - STEELE - ASHBY 1979). Jsou to vertikální žíly v délce jednotek centimetrů a tloušťce milimetrů. Výplň tvoří kaolinit, zpravidla mineralizovaný sfaleritem, popř. pyritem. Uváděn je ještě baryt a kalcit. Jejich vznikem se detailně zabýval Cobb v práci z r. 1986 (původně obsažená v materiálech 9. mezinárodního kongresu o stratigrafii a geologii karbonu, právě tak jako výše citované práce). Podle něho jsou žíly výsledkem diagenetických procesů, probíhajících ve sloji. Na základě morfologie a texturního uspořádání žil dospěl k závěru, že otevírání puklin bylo postupné a bylo důsledkem smršťování uhlí (obr. 22). V rozvírajících se trhlínách se usazoval kaolinit a z vodních roztoků ve sloji o teplotě 90–102 °C a salinitě s více než 21 hmot. % NaCl a rozpuštěnými sloučeninami $\text{Na} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg}$ se ukládal sfalerit. Pravidelné rozpínání, resp. oddalování stěn žil, podmínilo zhruba jejich bilaterální symetrii. Žíly vznikly až po vytvoření páskování sloje, avšak ještě před úplnou kompakcí. Mocnost sloje se po vzniku žil zmenšila ještě o 6 až

10 %. Z toho COBB (l. c.) vyvozuje, že mineralizované žíly tak mohou poskytovat informace o sedimentačním prostředí, diagenезi a procesech probíhajících paralelně s prouhelňováním. O mineralizovaných žilách ve walbrišské pánvi již byla zmínka výše (MASTALERZ - MASTALERZ 1988).

Závěrem bude vhodné vrátit se ještě k žilám s uhelnou výplní, jejichž vznik není dodnes uspokojivě vyřešen. Prvně je popsal ASHLEY (1898) ze Spojených států, pomineme-li grahamitové, resp. asfaltové žíly. Další nálezy jsou až z druhé poloviny 20. stol. a pocházejí z hnědouhelných pánví Evropy. Jsou to již zmíněné gelinitové žíly z dolnorýnské pánve, lipského terciéru a ze severočeské pánve. Doplnit je lze ještě o „žíly lesklého uhlí“ z Hessenska (HUMMEL 1930). Z dolnorýnské pánve je současně popsali BERGER (1958) a SCHR DER s TEICHM LEROVOU (1958). Žíly v obou případech protínaly paleogenní vrstvy. Mocnost žíly v podložních pískách, popsané BERGEREM (1958) z lomu rimmersdorf, se pohybovala mezi 30–50 cm s hloubkovým dosahem cca 7 m. Výškový dosah nebylo možno stanovit, neboť v době dokumentace byly svrchní partie skryty těžbou. Jelikož výplň žíly byla tvořena čistě gelinitem, použil označení „Humusgel-Gang“. Zcela jiný termín použili SCHR DER a TEICHM LEROV (1958) pro gelinitové výplně trhlin, dokumentované v jílovišti „Toni“, a sice „Doppleritische Spaltentf llung“ (dopleritová výplň puklin). Zmíněná těžebna se nacházela u Kalkar v antweilerském příkopu. Žíly zde vystupovaly z tmavých písků bohatých na orga-



22. Stadiální vývoj mineralizovaných žil během smršťování a diagenезe uhlí podle COBBA (1986). K – kaolinit, S – sfalerit.

nické látky. Tyto eocenní písky se flexurovitě přimykaly ke zlomu, v jehož podloží byly světle šedé jíly. V nadloží, do něhož pronikaly žíly, se vyskytovaly hrubozrnné písky s lavicemi křemenců (obr. 23). Délka žil se pohybovala mezi 30–80 cm, zatímco šířka byla vesměs jen 2–6 cm. Dopleritová výplň byla velmi tvrdá a kromě pylových zm, zbytků hub a fusinitu obsahovala druhotně vysrážený gelinit. Podle zkrácené chemické analýzy měla jen 35 % organických látek, ale 53 % popelovin a 12 % hygroskopické vody. Na rozdíl od ostatních známých gelinitových žil pronikala uhelná hmota do puklin zdola.

Stejně označení jako Berger použili BELLMANN a SEIFERT (1978) pro žíly odkrývané na lomu Espenhain v lipském terciéru. Žíly se vyskytují v píscích středního a svrchního oligocénu. Ve všech evidovaných případech prorážejí gelinitové žíly napříč souvrstvím písků, přičemž povrch jemnozrnných písků, které jsou nejvyšším členem příslušného vrstevního souboru, byl vesměs denudační (nebylo tedy patrné napojení na případnou uhelnou sloj). Průnik žil do písků je dlouhý od 2 do 15 m a jejich tloušťka do 30 cm (viz obr. 23). Jedna z žil byla sledovatelná na vzdálenost 150 m.

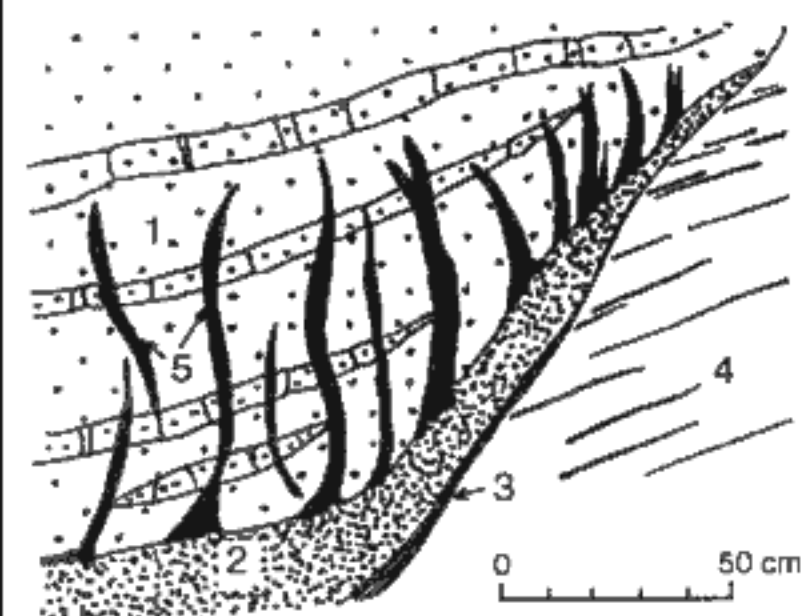
EISSMANN (1987) považuje všechny tyto žíly, jakož i žíly vyplněné jemnými písky a jíly a prorážející třetihorní hnědouhelné sloje v dolnorýnské pánvi, Durynsku či v okolí Lipska za diagenetické deformace. Zdůrazňuje, že se vyskytují v oblastech, které byly během kenozoické sedimentace „zlomově tektonicky“ velmi klidné. Proto stěny žil nevykazují znaky ani vertikálních ani horizontálních pohybů. EISSMANN se dále zmiňuje o tzv. „smíšených žilách“ (gemischte Gänge) ve weissensteinské pánvi, doprovázených paralelními trhlinami. V jejich výplni se paralelně střídají gelinitové polohy s tenkými vložkami bílého jílu, což považuje za doklad mnohonásobně opakovaného rozevírání trhlín.

Předložený výčet samozřejmě nezachytil výskyt klastických žil v uhelných pánvích v celé šíři. Byl zaměřen pouze na příklady, které dokreslují jejich variabilitu

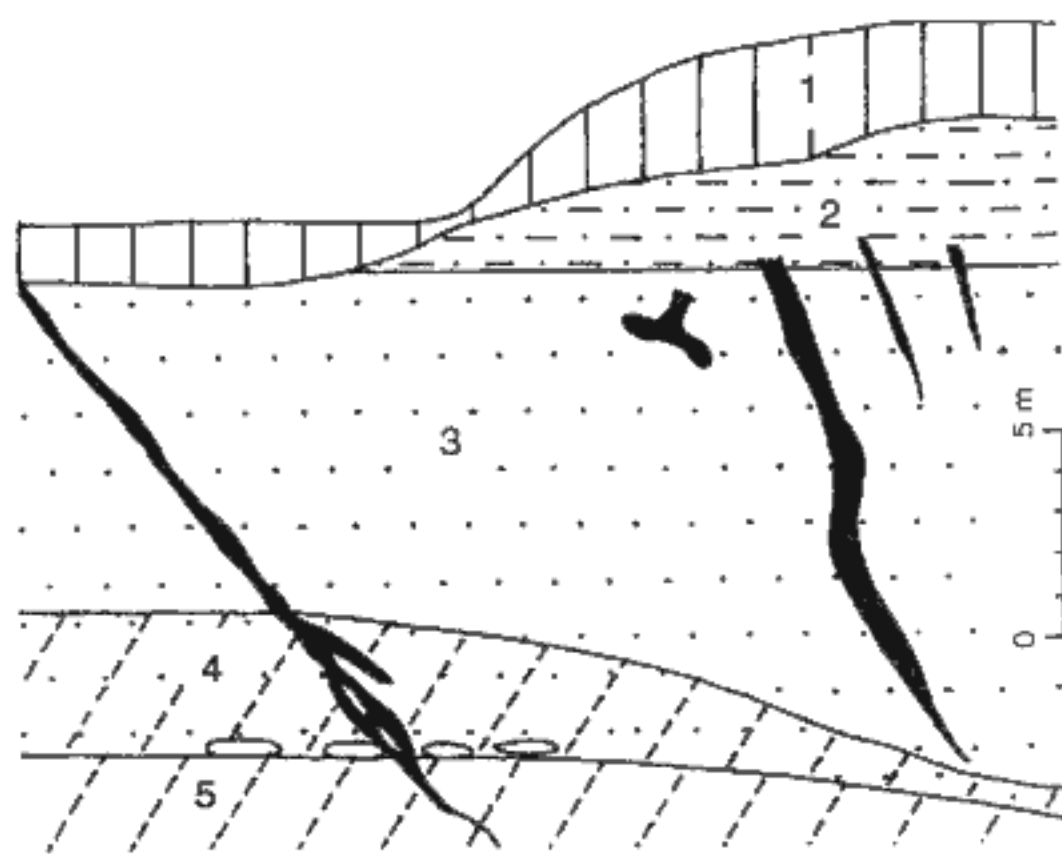
nebo jejich zvláštnosti. Proto zde nejsou rozvedeny ani zdaleka všechny výskyty citované v předchozích kapitolách. Vybrané příklady snad dostatečně ilustrují pestrou škálu jak původu puklin, tak i energetických příčin vyplňování nejrůznějšími materiály, jakož i těžkosti právě při řešení genetických otázek. Rovněž tak nebyly blíže rozvedeny žíly z našich pánví, neboť jsou zařazeny do následující kapitoly.

Závěrem bude vhodné připomenout, že ve skutečnosti je pravděpodobně rozšíření klastických žil v uhlonosných formacích mnohem častější, než je dosud známo, neboť příslušné jevy nebyly prozatím jako takové kvalifikovány. Příkladem může posloužit severočeská pánev, kde byly odkrývány důlními provozy desítky let, ale jako klastické žíly se do literatury dostaly až v posledním desetiletí. Připomeňme rovněž trhliny (Spalten) z ruhrské pánve (SCHULTE 1954), prorážející bochumské vrstvy vestfálu A, které jsou vyplněny terciárními sedimenty z nadloží. Podobně v karbonu na Z od Rýnu jsou trhliny vyplněny křídovými sedimenty (SCHAUB 1954).

Je pravděpodobné, že byly nacházeny i ve starých uhelných revírech, ovšem z neznalosti termínu této geologické kategorie nebyly takto kvalifikovány. Lze je také tušit v některých alpských uhelných formacích. Tak v PETRASCHECKOVÍ (1926 1929) se dočteme o čokovitém až žokovitém naduřování karbonského uhlí lunzských vrstev v rakouských Alpách. Jejich rozsah je v desítkách, mocnost maximálně v jednotkách metrů. Uhlí je dokonale rozdrčené, místy disharmonicky provrásněné či prohnětené s jalovými proplásky. Místy zde bylo zjištěno natlačení uhelné hmoty do podloží (Turach, Lunz). Z dolu Pramelreith u Lunzu uvádí PETRASCHECK dva dokumentované příklady, které uveřejnil již dříve (PETRASCHECK 1922). Jde o dosti schematické znázornění víceméně tektonicky zakleslých až zatažených spodních partií sloje do podloží (obr. 25). Blíže mecha-

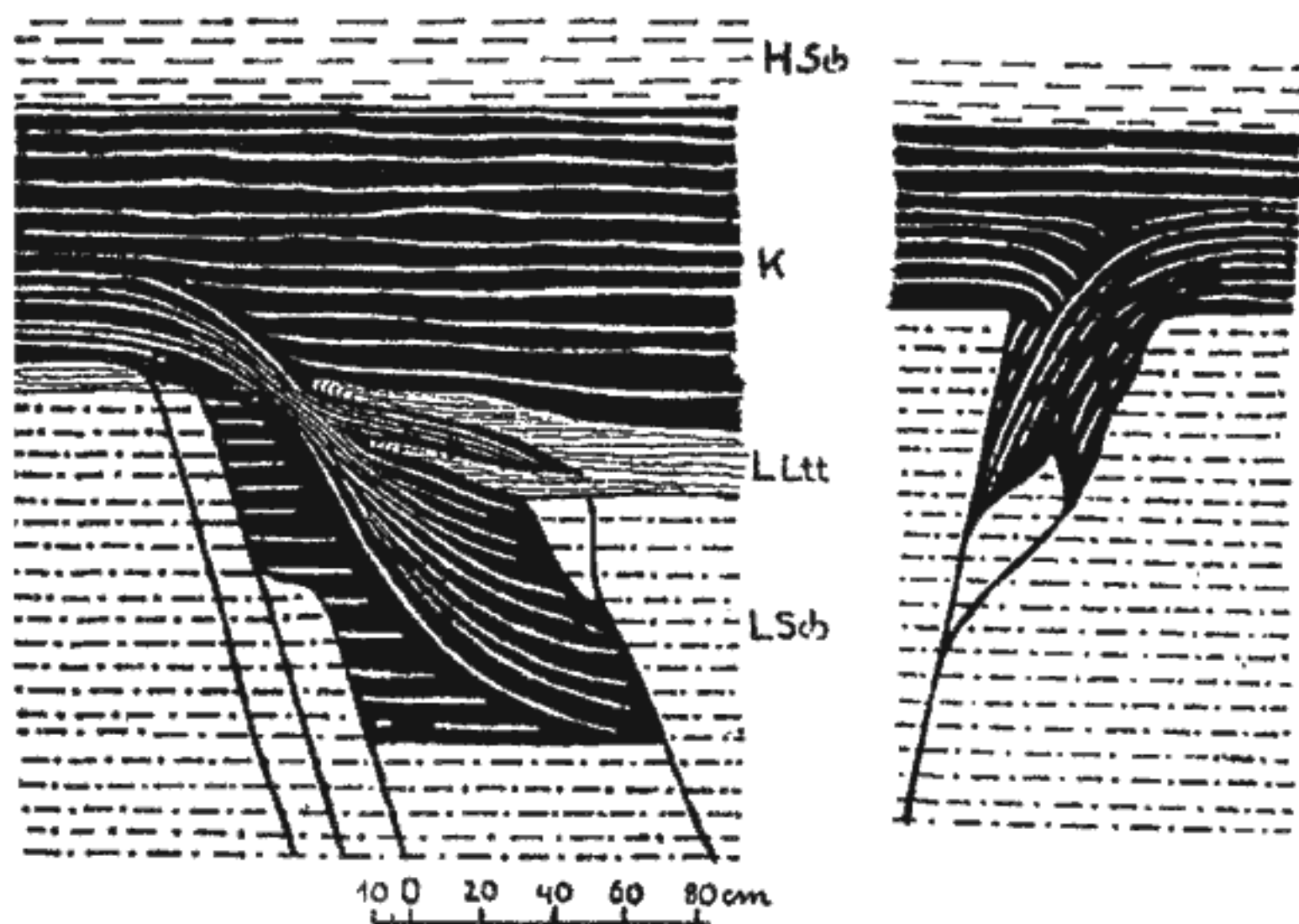


23. Gelinitové klastické žíly v třetihorních píscích u Kalkar (SCHRÖDER - TEICHMILLER 1958). 1 – středozrnné písky až štěrčik s křemencovými lavicemi, 2 – tmavošedý, silně humózní hrubozrnný písek, 3 – uhelnatý jíl vyvlečený na zlomu, 4 – světle šedý jíl, 5 – gelinitové žíly.



24. Gelinitové klastické žíly z lomu Espenhain podle BELLMANNA a SEIFERTA (1978). 1 – kvartér, 2 – svrchní oligocén, 3 – formové písky (střední oligocén), 4 – lasturnaté písky, 5 – lasturnaté silty.

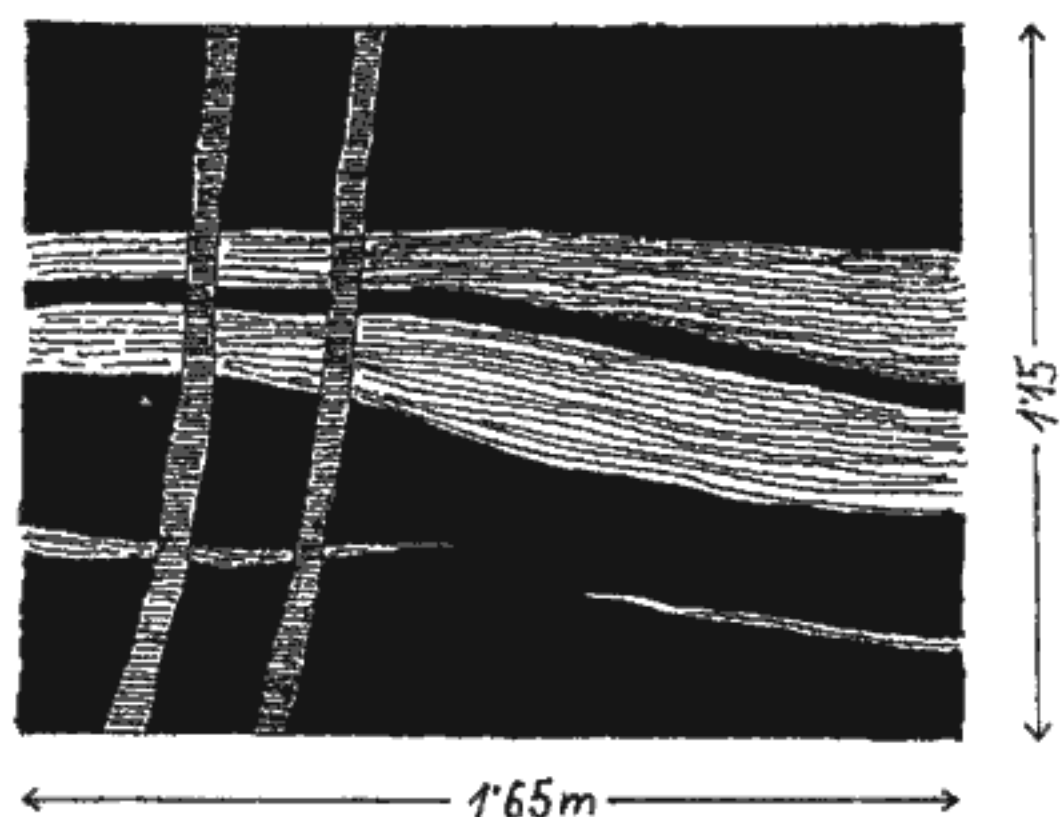
25. Pronik (natlačení) uhlí do podloží na dole Pramelreit u Lunzu (PETRASCHECK 1922). HSch – nadložní vrstvy, K – uhlí, LLt – podložní jílovce, LSch – lunzské vrstvy.



nismus vzniku těchto útvarů lze ovšem z nákresů sotva odvodit (což je ostatně často obtížné i u mnohých přístupných odkryvů). V této souvislosti nutno ještě dodat, že podle PETRASCHECKA (l. c.) vykazuje podloží značné nepravidelnosti, zatímco nadloží má neporušený průběh. Vznik zdejších uhelných akumulací byl považován za výsledek vrásnění, přičemž k nasunutí došlo právě po uhelné sloji, která byla při tomto pohybu zcela rozdrce- na a místy zároveň zatlačována do trhlin v podloží. Čili je zde jistá podobnost s žilnými mylonity příkrovu Sil- vretta (BEARTH 1933). Za předpokladu, že šlo skutečně o klastické žíly, jsou příkladem genetické vazby na vráso- vou soustavu, tedy vrásovou tektoniku i v uhlonosných formacích.

Na zcela jiný genetický typ žil poukazují struktury uváděné PETRASCHECKEM (1926/1929) z nejznámějšího dalmatského černouhelného ložiska Raša (dříve Arsa) na Istrijském poloostrově. Nejspodnější sloj eocenních uhlonosných vrstev Cosina, označovaná jako „křídová sloj“, totiž vyplňuje kapsy a pukliny ve zkrasovatěném povrchu svrchnokřídových rudistových vápenců. Velmi vzácně byly také zjištěny apofyzovité výběžky uhlí do nadloží. Podle Petraschecka je zdejší uhlí bezstrukturní a „homogenní jako žádné jiné“. Na bázi sloje není vyvi- nuta kořenová půda. Pokud by bylo možno zmíněné útvary kvalifikovat jako klastické žíly, pak by geneticky reprezentovaly typ vázaný na zkrasovatělé podloží.

Podobný příklad vykazuje i česká odborná literatura. V práci o brandovské antracitové pánvičce v Krušnohoří diskutuje PURKYNĚ (PURKYNĚ - NĚMEJC 1930) labilitu území v souvislosti s intruzemi žulových magmat. Do- kládá ji mimo jiné existencí příkrých, značně širokých prasklin, které byly vyplněny „spadalou drť“. Podle PURKYNĚHO (str. 17) tyto praskliny „prostupují tu a tam nejen sloji uhelnou, nýbrž též vrstvami nadložními a



26. Klastické žíly z brandovské antracitové pánvičky v Krušných horách (PURKYNĚ - NĚMEJC 1930).

podložními.“ Na obr. 14 dokonce vyobrazil dvě strmé žíly, protínající uhelné slojky a jalové proplástky (obr. 26). V této souvislosti se nabízí podobnost s klastickými žilami v d hlenské pánvi u Dráž an.

6. KLASTICKÉ ŽÍLY V ČESKÉ REPUBLICE

Podle počtu publikovaných titulů by se zdálo, že u nás jsou klastické žíly jevem ojedinělým. Ovšem ukazuje se, že tomu bude poněkud jinak, vejde-li pojem „klastic- ká žíla“ do širšího povědomí geologů. Přesto ze samot- ných publikací vyplývá, že na většině dosud evidova- ných lokalit se vyskytují relativně v hojném počtu. Lec- kdy byly pod různými označeními popisovány mnohem

dříve, než byly zahrnuty do kategorie klastických žil (pokud se jimi někdo nověji zabýval z tohoto pohledu).

Jak uvádí CHLUPÁČ (1996), byly diskutované struktury odkrývány na Berounsku od počátku tohoto století. Ovšem jejich největší představitel, Mramorová stěna, byl považován za tektonickou strukturu. První podrobnou práci o nich uveřejnil až CHLUPÁČ (1955) a použil pro ně tehdy výraz „rozsedliny“. Před ním je jako „rozsedliny“ popsal již KUKLA (1952). Jelikož o klastických žilách v koněpruském rifu je pojednáno na jiném místě, odkazujeme v podrobnostech na CHLUPÁČOVU práci (1996a), kde lze nalézt i další citace.

Téhož typu (neptunického) jsou HOUŠOVY (1965) klastické žíly ze štramberského vápence, vyplněné spodnokřídovými sedimenty. Třebaže v diskusi cituje KOTAŇSKÉHO (1961) „żyły klastyczne“, používá pro ně výraz „rozsedliny“. Podobně jako Chlupáč zjistil vznik žil v několika fázích. Dokumentoval čtyři generace žil:

1. olivetské rozsedliny (berrias) jsou reprezentovány třemi fázemi: a – kalové vápence, b – olivetské vápence, c – brekciovité vápence,
2. kopřivnické rozsedliny (valangin),
3. šipecké rozsedliny (prohloubení moře ve valanginu),
4. jiné rozsedliny vznikající pravděpodobně ještě za sedimentace štramberských vápenců (svrchní tithon).

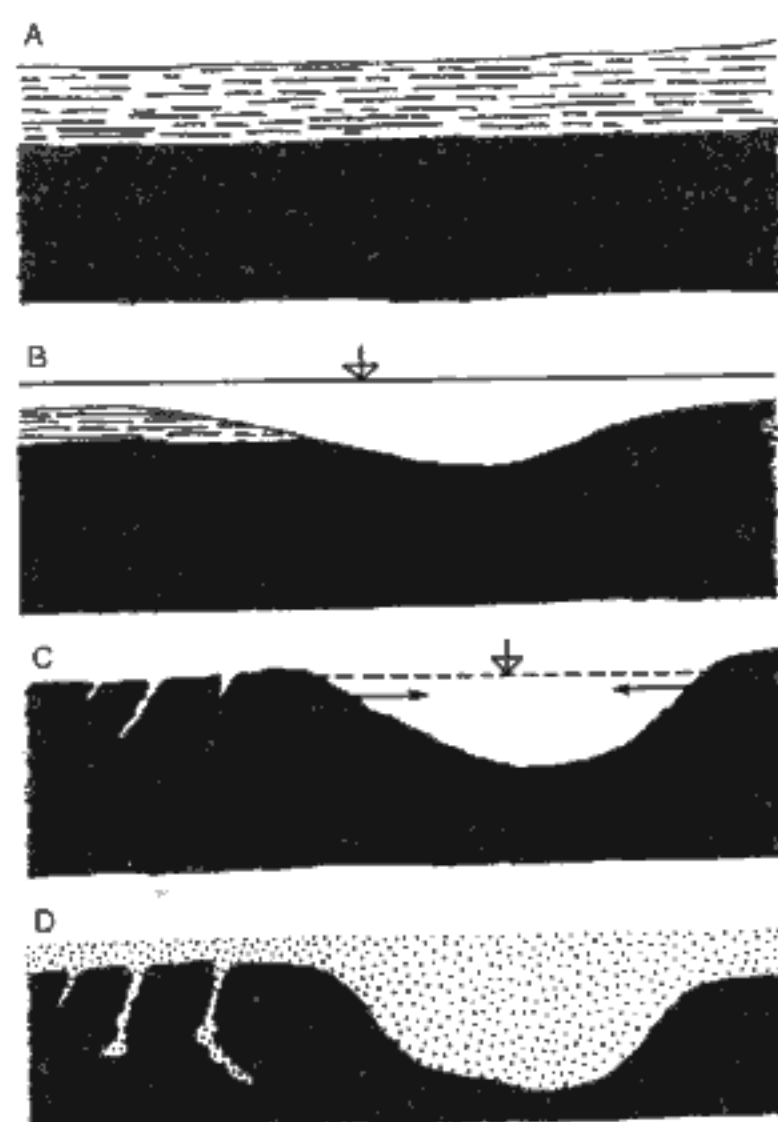
Kromě toho HOUŠA (1965) upozorňuje na rozsedliny v lomu Turolu u Mikulova a nevylučuje, že téhož charakteru by mohl být i výskyt turonských slínovců v karbonu na dole Mayrau u Kladna.

První zmínku o klastických žilách v našich uhelných pánvích, i když nebylo použito tohoto názvu, nalezneme v HAVLENOVĚ učebnici uhelných ložisek (1963–1965). Při popisu plauenské (= döhlenské) pánve u Drážďan se zmiňuje HAVLENA (1965) o výskytu svislých klínovitých puklin, vyplněných nadložní jalovinou. Dodává, že svým tvarem a výplní jsou přesnou obdobou podobných jevů, vyskytujících se v plzeňské pánvi. S odvoláním na příslušnou pasáž v II. dílu učebnice (HAVLENA 1964) uvádí, že tzv. odštěpená spodní sloj bývá vymleta bazálním slepencem cyklu následující střední sloje, vnikajícím i do podivuhodných klínovitých puklin v uhlí. Jednu takovou klínovitou puklinu zachytil na str. 236 HAVLENA (1964, obr. 118). Podrobně se těmito jevy v plzeňské a kladenské pánvi zabýval PEŠEK (1965, 1969, 1978). Jejich vznik dává do příčinné souvislosti s erozí radnických slojí na začátku sedimentačního cyklu nýřanských vrstev. Uvádí, že jím dokumentované žilné výplně jsou značně podobné jevům z karagandské pánve, které popsala DZENS-LITOVSKAJA (1954, 1956). Nesouhlasí však s jejími genetickými představami. DZENS-LITOVSKAJA totiž považovala tyto útvary za syngenetické náplavy malého vodního toku. Podle PEŠKA (1969) je toto vysvětlení velmi nepravděpodobné především proto, že by vyžadovalo existenci malého potoka o šířce pouhých několika centimetrů, který by zanášel do rašelinistě píska po celou dobu hromadění nekromasy přísluš-

né sloje. Ve všech pracích sice žíly (popř. kapsy) dává do souvislosti s postgenetickou erozí radnických slojí vodním tokem, ovšem nepovažuje je za výplně erozních rýh. V práci z roku 1969 uvádí, že upomínají na velmi hluboké vysoušecí praskliny vyplněné hrubým klastickým materiálem. Předpokládal, že po obnažení sloje, které trvalo jen krátkou dobu, neboť uhlí není zvětralé, došlo k jejímu rozpukání a následným říčním proudem nesený klastický materiál mohl proniknout do rozevřených puklin (obr. 27). Poukazuje na to nepatrný ohyb uhelných vrstviček sloje směrem dolů. V práci z roku 1978 genetickou problematiku ještě dále propracovává. Píše, že klastické žíly místy doprovázejí po obou stranách řečiště fosilního toku, erodujícího sloj. Žíly jsou patrně výplní trhlin, vzniklých při erozi části či celé sloje. Erozí se podle PEŠKA (1978) porušila laterální rovnováha tlaků ve sloji a došlo k jejímu rozpukání, případně k mírnému sesouvání do vzniklého údolí. Při následné transgresi byly pukliny zaneseny klastikou.

V nedávné době přispěla k poznání klastických žil též severočeská hnědouhelná pánev. Třebaže zde jsou tyto jevy odkrývány důlními pracemi desítky let, pozornost jim byla věnována až koncem 80. let. Přitom některé byly v minulosti i publikovány, ovšem nebyly chápány jako klastické žíly.

Kromě antropogenních kolapsových klastických žil lze dosud známé žíly v oblasti severočeského terciéru rozčlenit do čtyř skupin:

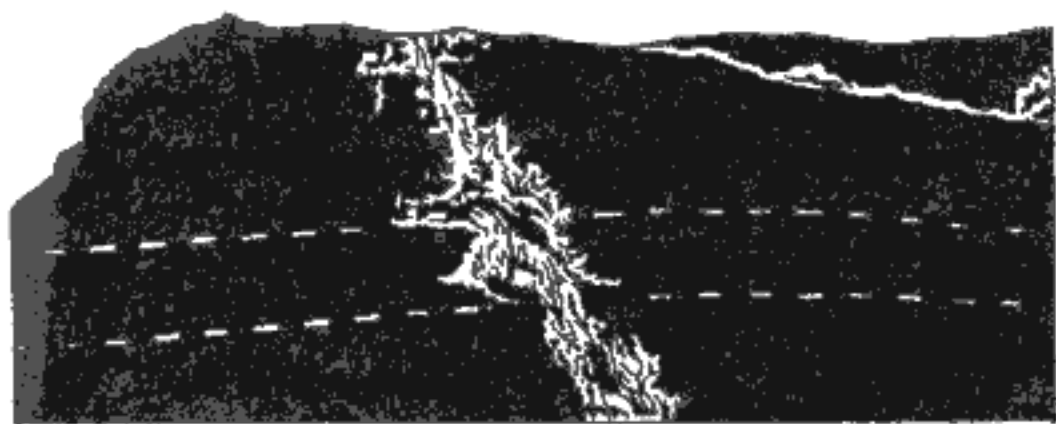


27. Schéma vzniku klastických žil v součinnosti s erozí sloje v plzeňské pánvi (Pešek 1978). A – uhlí či rašelina je překryta sedimenty, B – nadloží i uhlí sloj jsou zčásti erodovány (pod vodní hladinou), C – nadloží je zcela odneseno a sloj je erodována jen zčásti (koryto ve sloji); při poklesu vodní hladiny dochází v důsledku laterálních tlaků ke skluzům břehů koryta a potrhání sloje dále od běhu (vznik trhlin), D – při přeplavení proniká sedimentující klastický materiál do trhlin.

1. vulkanoklastické,
2. vázané na těleso bílinské miocenní delty,
3. vázané na závěrečné tvarování sloje,
4. čtvrtohorní.

První a nejdéle známé jsou spjaty s vulkanismem a vesměs jsou považovány za projevy mladší sopečné fáze vulkanitů Českého středohoří. Jsou to pravé, ojediněle i ložní žíly pronikající do uhelné sloje na Bílinsku. Zmiňuje se o nich již KALLUS (1907), později HIBSCH (1924) a HRUŠKA (1929). Jde o žíly s vulkanoklastickou výplní, v níž se hojně uplatňoval i krystalinický, křídový a dokonce neogenní materiál. Jejich mocnost se zpravidla pohybovala v jednotkách, délka v desítkách metrů. Třebaže šlo vesměs o plynoucí erupce, dosah kaustické metamorfózy se někdy uvádí až v desítkách metrů. Do značné míry jsou obdobou klastických intruzí známých z walbřišského revíru (viz HOEHNE 1942 a další). Nepřímo je k vulkanismu vztahován i původ gelinitové žíly odkryté lomem Čs. armády u Dřínova (HURNÍK 1991).

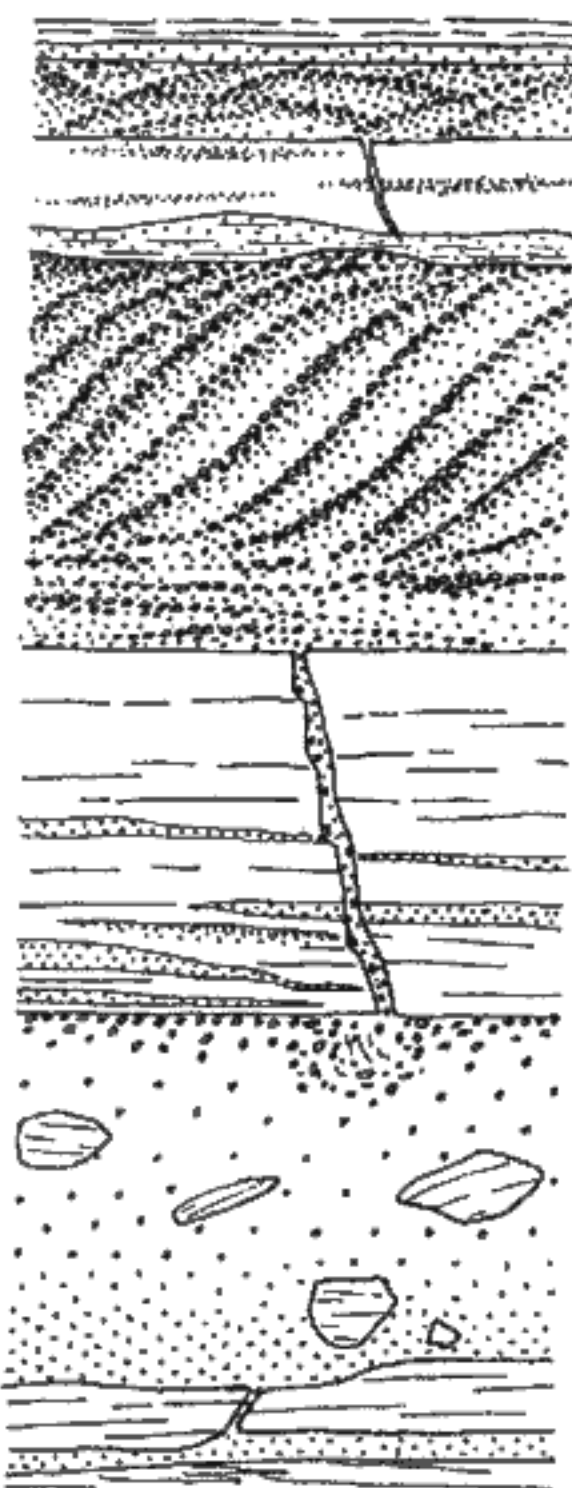
Druhou, velmi početnou skupinou žil jsou klastické žíly vázané na těleso bílinské delty. Toto prostředí determinuje vznik žil. Jsou zde převážně vázány na partie synsedimentárně deformované strukturami podobnými bahenním ostrůvkům, známým z delty řeky Mississippi. V roce 1989 na ně upozornil Váně v souvislosti s popisem vrásových deformací na lomu Most. Gravitační deformace ovšem vysvětloval složitými procesy a výjimečnými podmínkami (lokální anomální mocnost jílu, seizmické otřesy, porušení stability uložených sedimentů vzrůstajícím úklonem vrstev atd.). V následujícím roce vychází podrobná studie, věnovaná klastickým žilám na téže lokalitě (HURNÍK 1990). Vznik žil je jednoznačně vztahován k bahennímu diapirismu (viz příslušná kap., str. 46–47). Bylo zde vymezeno šest tvarových variant (obr. 2) od solitérních pravých žil (viz obr. 28), přes ložní žíly (příl. III/2), celé roje žil, až po komplikované či brekciovité útvary (příl. III/3). Podobné žíly jsou známy i z dalších míst v areálu bílinské delty (příl. IV) a vždy jsou vázány na výše zmíněné rozsáhlé synsedimentární deformace (bývalé lomy dnešních Dolů Bílina-Gorkij v Braňanech a Bílině, Jirásek u Ledvic a Fučík u Duchcova).



28. Klastická žíla v hnědouhelné sloji s jílovcovou výplní v lomu Most (HURNÍK 1990). 1 – jílovec, 2 – hnědouhelná sloj, 3 – proplástek uhelnatého jílovce.

Jiný charakter mají drobné pískové žíly v písčitojílovitých sekvencích, které byly zejména v minulosti odkrývány lomovými provozy dnešních Dolů Bílina. Jeden takový případ byl např. dokumentován v r. 1961 na tehdejší lomu M. Gorkij v Bílině (obr. 29). Ve stěně III. skrývkového řezu byly tehdy odkryty polohy jílu střídající se s vrstvami písku většinou šikmo zvrstvených. Lavice jílu (jílovců) jsou místy potrhány a trhliny jsou vyplněny pískem. Podle občas zřetelného načechrání písku při vyústění žil do písku v nadloží jílovcové lavice lze usuzovat na intruze z přilehlé vrstvy zvodněných písku v podloží. Odkryv byl dokumentován v blízkosti synsedimentární odlučné plochy skluzu, k němuž lze vztahovat i vznik těchto žil.

Gravitačního původu byly i víceméně klínovité trhliny vyplněné různorodým materiálem, odkryté na skrývce lomu Ležáky v Mostě v r. 1973. Tehdy byla v poli C obnažena sekvence střídajících se poloh jílu a písku s generelním úklonem 20° k ZJZ. Šlo o rozsáhlou skluzovou strukturu, jejíž část se dostala nad vodní hladinu. Na ni diskordantně nasedaly písky a uhelná slojka, přeměněná v o yhumolit. Těsně před sedimentací slojky, popř. ještě krátce během ní, došlo k potrhání povrchových partií spodních písčitojílovitých vrstev. Trhliny měly rozdílný hloubkový dosah s tím, že u největších přesahoval 3 m. Do vzniklých trhlin byl vplaven nejen písek dalšího sedimentačního cyklu, ale pronikala do



29. V souboru písčitojílovitých sedimentů v nadvodním úseku miocenní bílinské delty byly často jílové lavice potrhány a vyplněny pískem = pískové klastické žíly. Odkryv dokumentován na lomu M. Gorkij v Bílině (dnes Dolů Bílina) v roce 1961.

nich i uhelná hmota, resp. oxyhumolit. Ve větších žilách byly v uhelné hmotě zapadlé i úlomky ze stěn sousední písčitojílovité sekvence (obr. 30). K vyplňování žil došlo zjevně dvoufázově.

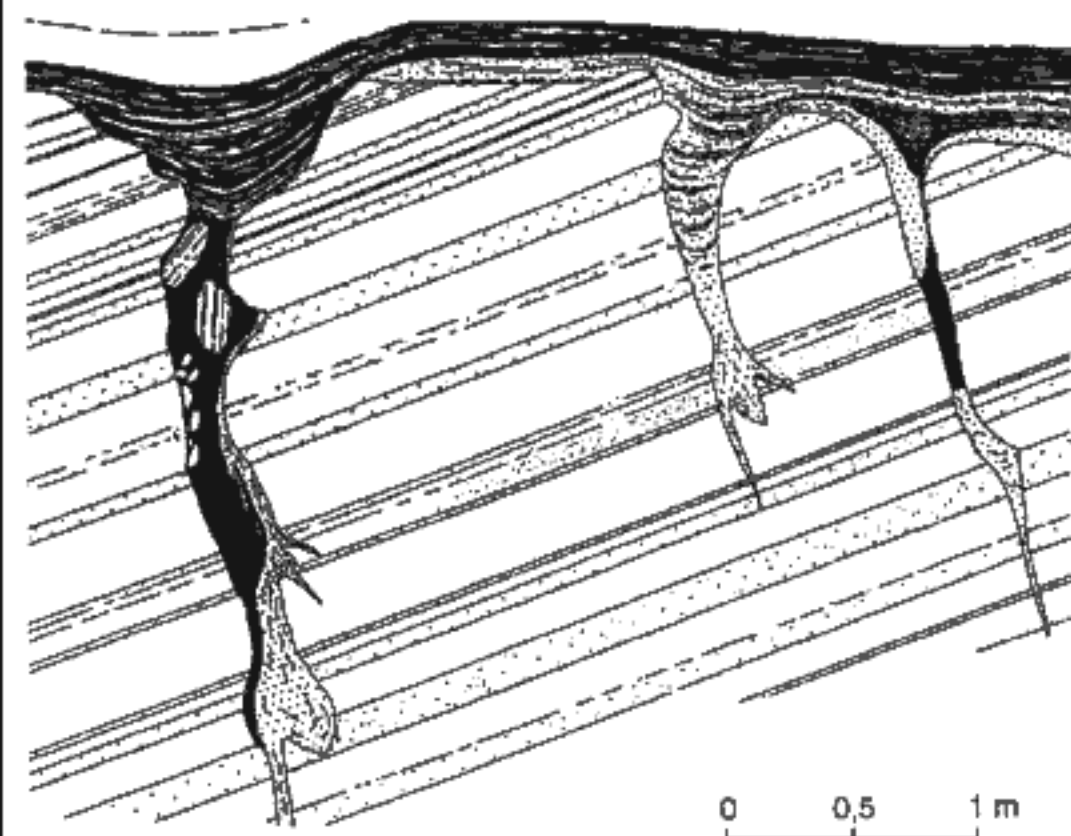
Třetím typem je jedna větší a několik slabších žil, zjištěné v osmdesátých letech při bázi hlavní sloje v nejhlubší partii pánve při ražbě překopu z dolu Koh-i-noor na Alexander. Pravděpodobně jde o průnik jílu z podloží v důsledku geostatického tlaku nadloží (přes 500 m). Vznik puklin je vztahován k dotváření konečného tvarování sloje na podložní elevaci (HURNÍK 1994).

Do poslední skupiny patří několik žil geologicky mladých, tedy kvartérních, které vznikem nejsou typickými kryogenními texturami. Tak na lomu Čs. armády byl v minulých letech obnažen rozsáhlý rulový blok, zřícený z přilehlého svahu Krušných hor, obklopený suťovým materiálem z úpatí hor. Blok i sutí prodělaly následně skluzový pohyb, při němž se v rule rozevřely některé pukliny a vyplnily se suťovým materiálem. Klastické žíly tak dokládají vzájemný superpoziční poměr obou výše zmíněných jednotek i v partiích, kde byla v odkryvech nejasná situace (HURNÍK 1986). S gravitačními pohyby souvisí i „záteky“ zvětralých pyroklastik mezi rozpukané a rozvlékané bloky dinasových křemenců, které dokumentovali HURNÍK a VÁNĚ (1961) u Skršína na Mostecku. Je zde evidentní vyplňování puklin shora (viz obr. 31).

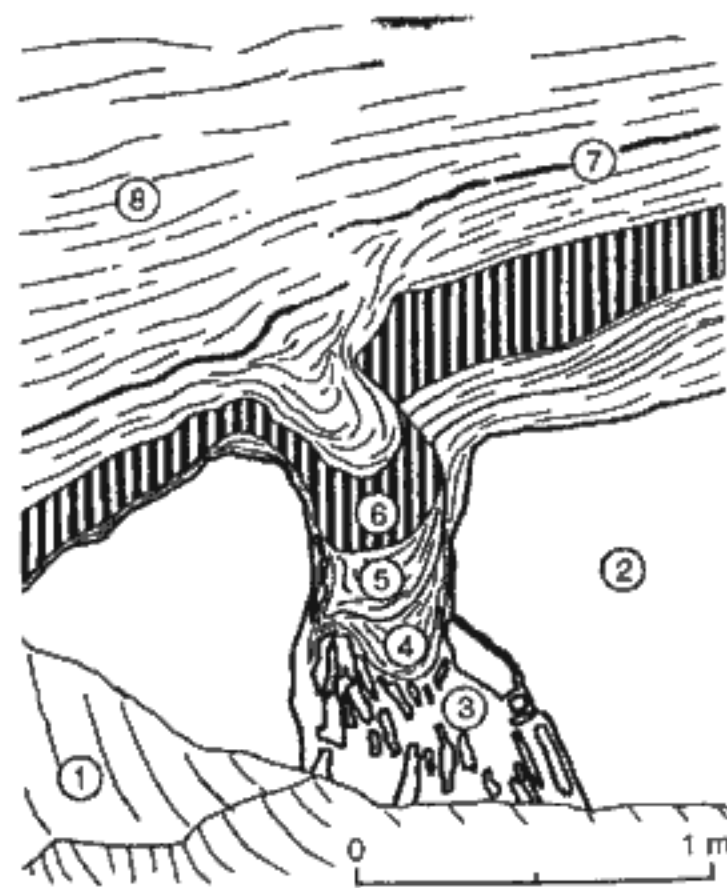
Unikátní je v tomto směru výsledek dvou průzkumných vrtů v předpolí zmíněného lomu Čs. armády v přilehlém svahu Krušných hor. Vrtů Al-62 a Al-63 (katastr Albrechtice) zastihly v žulorulách krušnohorského krystalinika četné polohy hnědého jemnozrnného písku. Ve vrtu Al-62 jich bylo dokonce přes 30 a nejhlubší byla v hloubce 252 m pod dnešním povrchem. Třebaže v písku převládala téměř neopracovaná křemenná zrna, lze

vyloučit, že by šlo o vrtnou drť. Z některých partií se podařilo vytěžit ze sond neporušená jádra zhutněného písku až rozpadavého pískovce tmeleného vesměs limonitem. Písek byl nevýrazně stratifikován a podařilo se z něho získat i otisky fragmentů listů, semena a šupiny. BŮŽEK a KVAČEK (1986) identifikovali zbytky mechu, břízy, dubu a buku a dospěli k závěru, že zbytky dokumentují nejspíše holocenní listnatý les. Podle nich byl písek přinášen nejspíše zatékajícími povrchovými vodami a ukládal se v kavernách, které se podle představy profilujícího geologa V. Kněžínka vytvořily při zlomech. Jsou to tedy velmi mladé klastické žíly, zasahující hluboko do krystalinického masivu. Vznik trhlin nepochybně souvisí s výzdvihem Krušných hor v kvartéru.

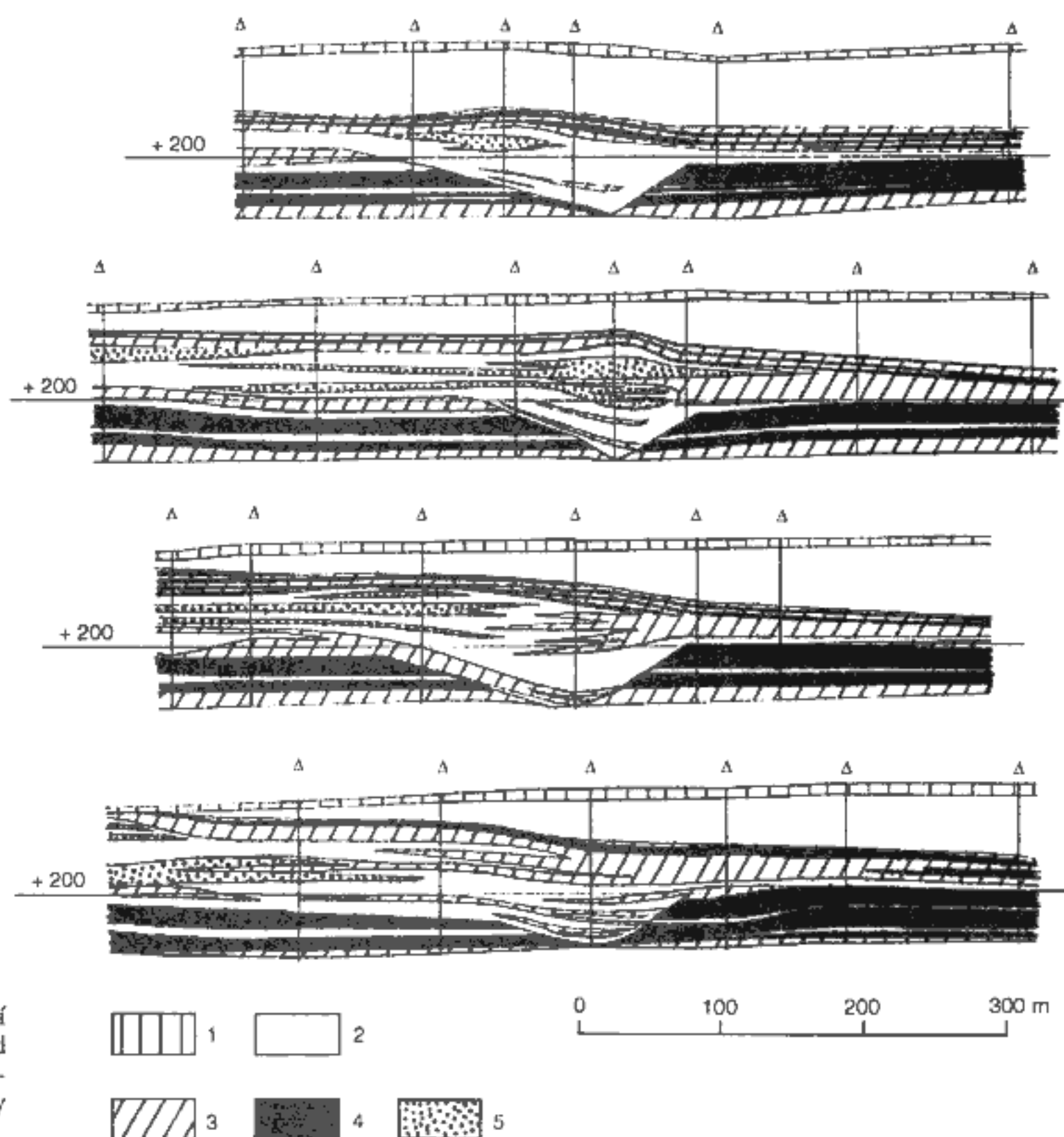
S jistou rezervou by bylo možno považovat za klastickou žílu anomální strukturu v uhelné sloji v předpolí lomu Vršany jz. od Mostu. Je to bezeslojná zóna mírně obloukovitého průběhu, široká zhruba 250 m a dlouhá přes 3,5 km. Místními geology je označována jako „výmol“ (ŠTRBA - TOPNKA 1998). V tomto prostoru se jednotná hnědouhelná sloj štěpí na tři dílčí sloje s tím, že mezi střední a svrchní sloj se vkládá písčitojílovitý komplex jednoho z dílčích koncových ramen žatecké delty. Střední a spodní sloj jsou značně sblížené a od spodní se místy ještě odděluje další sloj. Výše zmíněná struktura postihuje právě tyto dvě spodní sloje (obr. 32). Má široce klínovitý tvar a vůči okolním uhelným slojím je zjevně ostře ohraničena (zatím ověřována jen vrtným průzkumem). klon stěn se odhaduje na 10–15°, místy až 30°. Za výmol v pravém slova smyslu ji lze sotva považovat, neboť výplň tvoří jílovité sedimenty mocné okolo 20 m. S přihlédnutím k dokumentovaným úklonům vrstevní výplně a určité asymetrii by se spíše dala tato struktura vztahovat ke gravitačnímu roztržení sloje, případně jejímu nevýraznému odsunu severní části smě-



30. Diskordantní nasedání uhelné slojky na písčitojílovitou sekvenci. V počtvě slojky vyplňuje uhelná hmota odlučné skluzové trhliny = klastické žíly. Lom Ležáky u Mostu, dokumentováno v roce 1973.



31. Gravitační pronik pyroklastik do pukliny v rozlámané lavici dinasových křemenců v lomu u Skršína na Mostecku (HURNÍK - VÁNĚ 1961). 1 – suť, 2 – křemencové bloky, 3 – písky s křemencovým skeletem, 4–8 – různobarevné tufy a tufitické jíly.



32. Široce klínovitá struktura ve spodní a střední sloji na lomu Vršany z. od Mostu. 1 – kvartér (spráskové hlíny, štěrky), 2 – miocenní jíly, 3 – uhelnaté jíly až jílovité uhlí, 4 – uhlí, 5 – písek.

rem k ose pánve. Po zatopení uhlotvorného močálu druhé sloje se vznikající klínovitá deprese vyplňovala jíly, sedimentujícími nad druhou slojí, popř. zde docházelo ke skluzávání již uložených okolních jíků. Struktura byla vymezena pouze na základě vyhodnocení vrtného průzkumu. Reálnější posouzení původu struktury lze očekávat až po jejím odkrytí postupem lomu.

Výskyt klastických žil v brandovské černouhelné pánvičce na temeni Krušných hor byl již podrobněji komentován v jedné z předchozích kapitol (str. 57) právě tak, jako antropogenní kolapsové struktury ze severočeské pánve (str. 55).

7. VÝZNAM KLASTICKÝCH ŽIL

Klastické žíly diskordantně porušující vrstevní sled sedimentů či tělesa vyvřelin a metamorfitů, nejsou pouze zvláštním geologickým fenoménem. Svou tvarovou a genetickou rozmanitostí umožňují zahrnout pod jediný název i struktury, jež by se jinak označovaly nejrůznějšími opisnými termíny. Svědčí o tom ostatně zprávy o jejich výskytech, publikované i v druhé polovině našeho století a nazývající tyto textury nejrozmanitějšími ná-

zvy. Přitom s přihlédnutím k pozici v horninovém souboru, tvaru či mechanismu vzniku, klastické, resp. sedimentární výplně, je lze přiřadit ke klastickým žilám. Jako příklad možno uvést „pseudobahenní praskliny“ (KSIĄŻKIEWICZ 1958), „oblé protruze nadložního materiálu“ (KRAŠSE et al. 1979), „podledovcové intruzivní klastické desky“ (BRNN - TABOT 1986), „polygonálně rozlámání povrchy“ (KOC REK - NTER 1986), „intruze jíků“ (VÁN 1989), dále různé textury odvodňování sedimentů či různé plápolavé textury apod. Současně však tyto příklady dokazují skutečnost, že klastické žíly jakožto specifický termín nejsou dosud v široké geologické veřejnosti dostatečně známým a běžně používaným pojmem. Nelze proto vyloučit, že dodnes leckteré výskyty, byť i publikačně podchycené, unikají pozornosti z tohoto úhlu pohledu (viz příklady z republiky – štramberský vápenec, brandovské antracitové ložisko nebo z práce W. PETRASC ECKA z let 1926–1929). Přitom klastické žíly nejsou pouhým zajímavým geologickým fenoménem, doplňujícím škálu zvláštních „hříček přírody“, nýbrž mohou být nápomocny při řešení řady geologických otázek.

Z předchozích kapitol jednoznačně vyplývá, že hromadný výskyt klastických žil se často geograficky kryje

s ložisky tuhých, tekutých i plyných fosilních paliv. Přitom i v těchto případech nejsou pouze univerzálním průvodcem, ale zpravidla příznakem dílčího specifického prostředí. Například v uhlonosných formacích může jejich existence napovědět o podmínkách průběhu diagenese, specifických sedimentačních procesech, příčinách deformací a řadě dalších otázek. Jejich výskyt, četnost či tvarová rozmanitost jsou zjevně citlivým indikátorem zvláštností místních podmínek. Dokládá to nejen existence ložisek bez klastických žil, ale i uhelných ložisek, v nichž se klastické žíly vyskytují jen v určitých partiích. Příkladem může posloužit opět severočeská pánev, v níž určitý typ žil je vázán pouze na oblast, v níž se uplatňovala deltová sedimentace. V rámci této fosilní delty jsou dokonce spjaty vesměs jen s partiemi postiženými synsedimentárními deformacemi. K tomu ještě možno dodat, že jiný charakter mají v zónách gravitačních deformací (skluzech) a jiný v zónách rozsáhlých deformací vyplývajících z obráceného hustotního gradientu (vytlačování nezpevněných sedimentů lokálním přitížením a zabořováním písků – struktury bahenních ostrůvků).

V uhlonosných sedimentech nacházejí klastické žíly uplatnění při řešení průběhu prouhelňovacího procesu, zejména posloupnosti jeho fyzikální a chemické fáze. Mohou totiž napovědět, v jakém stavu byla nekromasa v době deformací (či jiných procesů) jak co do chemické přeměny, tak stupně kompakce (PEŠEK 1969, 1978, FERM 1984, HURNÍK 1990). Podle mineralizace výplně žil dále upřesňují někteří autoři teplotní poměry (MASTALERZ - MASTALERZ 1988), sedimentační prostředí a proces diagenese, probíhající paralelně s prouhelňováním (COBB 1986), diferenciální kompakci (PRUVOST 1943) apod.

Na to lze navázat s ložisky uhlovodíků. Na některé hromadné výskyty žil jsou dokonce vázány (např. asfaltitové žíly v USA). Podle HILLSE (1963) může výskyt klastických žil dokonce indikovat někdejší přítomnost ropy či zemního plynu.

Typickým průvodním jevem jsou klastické žíly v oblastech bahenních sopek. Jejich přírodní kanály lze přijmout, bez ohledu na velikost, jako cylindrické klastické žíly. Ostatně leckterými autory jsou takto chápány. Jiní je s přihlédnutím k rozměrům označují specifickými termíny, které lze ovšem zahrnout mezi klastické žíly v širším slova smyslu (viz FREEMAN 1968).

Některé výskyty se mohou uplatnit i při řešení regionálně geologických otázek. Připomeňme některé ruské, kanadské či bulharské výskyty (PAVLOW 1896, GRABAU 1900, MARINOV 1971), kde se klastické žíly vyznačují ostrým zakončením nahore. Jsou záznamem jistého časového intervalu sedimentace, z níž se v důsledku denudace původní usazené vrstvy nedochovaly. Jejich výskyt v klastických žilách potom dokládá existenci dnes již neexistujícího stratigrafického členu, nebo jeho mnohem větší někdejší plošné rozšíření. Podobně mohou být indikátorem seizmicity v určitém stratigrafickém horizontu, právě tak jako nestá-

bilních okrajových zón geosynklinál (Mc COLLIER 1935, FAIRBRIDGE 1946, SMITH - RAST 1958).

Využití klastických žil pro řešení nejrůznějších geologických otázek je, jak je patrné z předchozího textu, velmi rozmanité. V mnoha směrech přesahuje rámec, na který jej zúžil MARSCHALCO (1972). Podle něho mohou žíly přispět k řešení hydroplastických deformací, paleoseizmicity a paleotektoniky při všech fázích formování sedimentárního bazénu.

Jejich studium může mít dokonce i bezprostřední praktický význam. Bohužel, při zemních pracích či v hornictví se klastické žíly vesměs uplatňují jako komplikující a nepříznivé faktory. Jsou-li totiž predisponovány tektonicky, mohou představovat iniciální diskontinuity pro porušení stability horninového masivu. V souvislosti s těžkými stropy při hlubinné těžbě na ně upozorňuje FERM (1984). Kromě toho může jejich výskyt značně zkomplikovat vyhodnocení vrtného průzkumu. Náhodné zastižení žíly ve sloji průzkumným vrtem může zcela zkreslit nejen představy o stavbě ložiska, ale i o jeho uhlonosnosti. Z vrtných jader je jejich identifikace vesměs problematická a při vyhodnocování průzkumu uhelných ložisek se v případech zjištěných anomálií běžně uvažuje o laterálních změnách v uhlotvorném močálu (koryta, kanály, eroze apod.). V extrémním případě to může vést k představě úplného vyhlazení sloje na mnohonásobně větší ploše, než jakou má klastická žíla. Každopádně znehodnocují nerostnou surovinu.

Lze tedy uzavřít, že vzhledem k morfologické i genetické mnohotvárnosti jsou klastické žíly nejen zvláštním a zajímavým jevem, ale mají i široké uplatnění v kontextu s okolní geologickou stavbou. S přihlédnutím k případným praktickým dopadům si zaslouží daleko větší pozornost, než jaká je jim dosud věnována. Lze doufat, že nadále přestane být aktuálním konstatování Houšl (1965), že jejich eventuelní výskyty byly mnohde „odůvodněny klasickými příčinami“ a zůstaly proto bez povšimnutí.

Poděkování

Autor je zavázán Doc. RNDr. Zdeňku Kukalovi, DrSc. za nezištné rady a velmi cenné připomínky při přípravě i konečné verzi rukopisu.

K tisku doporučil Z. Kukal

LITERATURA

- AHLBRANDT, T. S. - HARRIS, R. E. (1975): Clastic dikes in the Fountain and Casper Formations (Permo-Pennsylvanian), South-eastern Wyoming. - Wyom. Univ. Contrub. Geol., 14, 51-54.
- ANDERSON, L. L. (1944): Clastic dikes of the Chito Verdum formation Nothwestern Peru. - J. Geol., 52, 4, 250-263.
- ANDRIEUX, J. (1968): Étude de quelques filons clastiques intraformationnels du flysch albo-aptien des zones externes du Rif (Maroc). - Bull. Soc. géol. France, 9, 844-849.
- ANKETELL, J. M. - CEGLA, J. - DŻULYŃSKI, S. (1970): On the deformational structures in systems with reversed density gradients. - Roczn. Pol. Tow. geol., 40, 2-30.
- ARIA, J. (1957): On some Cenozoic clastic dikes from the Chichibu Basin, Saitama Prefecture, Japan. - Bull. Chichibu Mus. nat. Hist., 9, 31-47.
- ARNOLD-BEMROSE, H. H. (1904): On some quartzite Dykes in the Mountain-Limestone, near Snelston, Derbyshire. - Quart. J. Geol. Soc. London, 16, 364-371.
- ASHLEY, G. H. (1898): The coal deposits of Indiana. - Indiana Dept. Geol. Nat. Res. Ann. Rep., 23, 1-1741.
- BAIN, H. F. (1896): Geology of Appanoose County. - Iowa. Geol. Surv. Ann. Rep., V, 363-438.
- BAJOR, M. (1958): Beobachtungen über Fazies, synsedimentäre Tektonik und Schwimmsandintrusionen in der Grube Neurath (Niederrhein). - Fortschr. Geol. Rheinl. Westph., 1, 119-125.
- BALINSKI, N. A. (1972): Klastičeskie dajki Donbassa i otlīchie ich ot klastičeskich injekcij drugich ugolnych mestorožđenij. - Litol, polezn. Iskop., 4, 136-141.
- BARLOW, A. E. (1897): On some dykes containing Huronite. - Ottawa Naturalist, 9, 2, 25-47.
- BARRINGTON, J. - KEER, P. F. (1963): Collaps features and silica plugs near Cameron, Arizona. - Geol. Soc. Amer. Bull., 74, 1237-1258.
- BATES, R. L. - JACKSON, J. A. (1980): Glossary of geology. - Amer. Geol. Instit. Falls Church, Virginia.
- (1987): Glossary of geology. - Amer. Geol. Inst. Alexandria, Virginia.
- BEARTH, P. (1933): Über Gangmylonite der Silvretta. - Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 13, 342-355.
- BEETS, C. (1954): Sand dykes in the miocene of ASI oilfield Western Sinai. Egypt. - Geol. en Mijnb. n. s., 16, 1.
- BELLMAN, H. J. - SEIFERT, A. (1978): Über Humusgel-Gänge in oligozänen Sedimenten (Grenzbereich Mittel-Oberoligozän) der Leipziger Bucht. - Neue Bergb.-Techn., 8, 8, 426-428.
- BERGER, F. (1958a): Flözauswaschungen und Schwimmsand-Intrusionen im Tagebau Frimmersdorf-Süd. - Fortschr. Geol. Rheinl. Westph., 1, 113-118.
- (1958b): Ein Humusgel-Gang in den Liegendsanden der Hauptflözgruppe in der Grube Frimmersdorf (Tagebau-Süd). - Fortschr. Geol. Rheinl. Westph., 1, 127-133.
- BHATTACHARJI, S. - SMITH, C. H. (1964): Flowage differentiation. - Science, 145, 150-153.
- BIELENSTEIN, H. U. - CHARLESWORTH, H. A. K. (1965): Precambrian sandstone sills near Jasper, Alberta. - Bull. canad. Petrol. Geol., 30, 3, 405-408.
- BIRKENMAIER, K. (1959): Classification of bedding in flysch and similar graded deposits. - Stud. geol. pol., III. Warszawa.
- (1962): Zabytki przyrody nieożywionej pienińskiego pasa skalnego. Część II. Skalki w Rogoźniku koło Nowego Targu. - Ochr. przyrody, 28, 159-185.
- (1963): Stratygrafia i paleogeografia pasa Skalkowego Polski. - Stud. geol. pol., 9. Warszawa.
- BIRMANN, J. H. (1952): Pleistocene clastic dikes in weathered granite-gneiss Rhode Island. - Amer. J. Sci., 250, 721-734.
- BLOOMER, R. O. (1947): A tectonic intrusion of shale in Rockbridge Country, Virginia. - J. Geol., 55, 48-51.
- BORRELLO, A. V. (1962): Sorbe los diques clasticos. - Rev. Mus. La Plata (New Ser.) soc. geol., 5, 155-191.
- BOWER, T. H. (1951): Mudflow occurrence in Trinidad, B. W. I. - Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 35, 4, 908-912.
- BRANNER, J. C. - NEWSOM, J. F. - ARNOLD, R. (1909): Santa Cruz Quadrangle. - US Geol. Surv. Geological Atlas Folio, 163.
- BRETZ, H. J. (1950): Origin of the filled sink structures and circle deposits of Missouri. - Geol. Soc. Amer. Bull., 61, 789-837.
- BRITTEN, R. A. - TAYLOR, G. H. (1979): The nature and occurrence of coal dykes within the Singleton Coal Measures of New South Wales. - Coal Geol., 1(2), 29-37.
- BRONGULEEV, V. V. (1947): Amagmatičeskije injekcionnyje javlenija na platformě. - Bjull. Mosk. Obšč. Ispyt. Priro., Otd. geol., 6.
- BRUNN, V. - TALBOT, C. J. (1986): Formation and deformation of subglacial intrusive clastic sheets in the Dwyka Formation of northern Natal, South Africa. - J. sed. Petrology, 56, 1, 35-44.
- BUHSE, F. A. (1892): Die grosse Persische Salzwüste. - Deutsch. Rdsch. Geogr. Statistik, 15, 49-59.
- BURNE, R. V. (1970): The origin and significance of sand volcanoes in the Bude formation, Cornwall. - Sedimentology, 15, 211-228.
- BÜTTNER, E. (1969): Sandstein-Gänge und ihre Begleiterscheinungen. - Münster. Forsch. Geol. Paläont., 13, 96-106.
- BŮŽEK, Č. - KVAČEK, Z. (1986): Paleobotanicko-stratigrafický výzkum v severočeské hnědouhelné pánvi. - Zpr. geol. Výzk. v Roce 1984, 35-37.
- CAMPBELL, M. K. (1904): Conglomerate dikes in southern Arizona. - Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 33, 135-138.
- CASE, E. C. - ITHACA, N. Y. (1895): On the mud and sand dikes of the White River. Miocene. - Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 24, 248-254.
- CASTELLARIN, A. (1965): Filoni sedimentari nel Giurese di Loppio (Trentino meridionale). - G. Geol., 2, 33, 527-546.
- CLARK, J. M. (1900): The Oriskany fauna of Becraft Mountain, Columbia Co. - N. Y. st. Mus. Mem., 3, 5-128.
- (1907): An interesting style of sand-filled vein. - N. Y. st. Mus. Bull., 107, 293-294.
- COBB, J. C. (1986): Timing and Development of Mineralized Veins During Diagenesis in Coal Beds. - Illinois Dep. of Energ. a. Natur. Res. st. Geol. surv. Division., 371-376.
- COLACICCHI, R. (1959): Dichi sedimentari del Flysch oligo-miocenico della Sicilia Nord-Orientale. - Eclogae geol. Helv., 51, 901-916.
- COOMBS, D. S. (1965): Oamaru submarine volcanoe. In: New Zealand Volcanology, South Island. - N. Z. Geol. Surv. Surv. Handbook, Inform. Series, 51, 42-44.
- COULTER, W. H. - MIGLIACCO, R. (1966): Effect of the Earthquake of March 27, 1964 at Valdesse Alaska. - Geol. Surv. profess. Pap., 542 C, 1-36.
- CRANE, W. R. (1898): Horsebacks in Kansas coal measures. - Kans. Univ. Quart., 4, 145-151.
- CRONEIS, C. (1930): Geology of the Arkansas Paleozoic area, with special reference to oil and gas possibilities. - Bull. Arkansas Geol. Surv., 3, 1-457.
- CROSBY, W. O. (1897): The great fault and accompanying sandstone dikes of Pass, Colorado. - Science, 5, 604-607.
- CROSS, A. T. (1952): The geology of the Pittsburgh coal. - Sec. Conf. on the orig. a. constitut. of coal, Crystal Cliffs. Nova Scotia, 32-100.

- CROSS, C. W. (1894): Intrusive sandstone dikes in granite. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 5, 225–230.
- DANA, J. D. (1841): Geology. In U. S. expedition, during the years 1838–1842, under the command of Ch. Wilkes. – *U. S. N. Geology*, X, 654–656.
- DAMBERGER, H. (1970): Clastic dikes and related impurities in Herrin (No. 6) and Springfield (No. 5) coals of the Illinois Basin. – *Ill. St. Geol. Surv. Guide-book Ser.*, 8, 111–119.
- (1973): Physical properties of the Illinois Herrin (No. 6) Coal before burial, as inferred from earthquake-induced disturbance. – *7eme Congr. Int. Strat. Geol. Carbon. Krefeld* (1971), 2, 342–350. Krefeld.
- DARWIN, CH. (1851): Geological Observations on Coral Reefs, Volcanic Islands, and on South America. – Part II, 100, Part III, 150. London.
- DE JONG, J. D. (1971): Mollasse and clastic-wedge sediments of the southern Cantabrian Mountains (NW Spain) as geomorphological and environmental indicators. – *Geol. en Mijnb.*, 50, 399–416.
- DENCE, M. R. (1968): Shock zoning at Canadian craters: Petrography and structural implications. – In: FRENCH-SHORT (Eds.): *Shock Metamorphism of Natural Materials*, 169–184. Baltimore.
- DILLER, J. S. (1890): Sandstone dikes (with discussion by M. Davis and B. K. Emerson). – *Bull. Geol. Soc. Amer.* 1, 411–442.
- DIONNE, J. C. (1971): Dyke de till dans les sables glaciolacustres, haute vallée de la Chaudière. – *ACFAS Annu. Meet. Geomorph. Quatern. Sect.*, 38, 72.
- DIONNE, J. C. - SHILTS, W. W. (1974): A Pleistocene clastic dike, Upper Chaudière Valley, Quebec. – *Canad. J. Earth Sci.*, 11, 1591–1605.
- DMITRIEV, G. A. (1957): Klastičeskiye žily i dajki v uglonosnykh plastach i vměščajuščich porodach intinskogo městoroždenija. – *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 115, 980–983.
- DORREEN, J. M. (1951): Rubble bedding and graded bedding in Talara formation of northwestern Peru. – *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 35.
- DREIMANIS, A. (1969): Till wedges as indicators of direction of glacial movement. – *Geol. Soc. Amer., Abstr. Prog.*, 7, 52–53.
- (1973): The first report on „till wedges“ in Europa – a reply. – *Geol. Fören. Förh.*, V. 95, 1, 156–157.
- DUNCAN, J. R. Jr. (1964): Structural significance of clastic dikes in a selected exposures of the Modelo Formation, Santa Monica Mountains, California. – *Bull. Calif. Acad. Sci.*, 63, 157–163.
- DZENS-LITOVSKAJA, O. A. (1954): Genetičeskie osobennosti plastov Verchnijaja Marianna karagandskogo ugljenosnogo bassejna. – *Trud. Lab. Geol. Uglja*, 2, 321–331.
- (1956): Nekotorye novye dannye o vključenijach i javlenijach zameščanija v ugoľnykh plastach Karagandy. – *Trud. Lab. Geol. Uglja*, 6, 292–301.
- DZULYŃSKI, S. (1965): Experiments on clastic wedges. – *Bull. Acad. pol. Sci., Sér. Géol. Géogr.*, 13, 301–303.
- (1966): O strukturach sedimentacyjnych zwiazanych z niesłatecznym uwarstwieniem gęstościowym. – *Rocz. Pol. Tow. geol.*, 36, 3–21.
- DZULYŃSKI, S. - RADOMSKI, A. (1956): Clastic dikes in the Carpathian Flysch. – *Rocz. Pol. Tow. geol.*, 26, 225–264.
- DZULYŃSKI, S. - WALTON, E. K. (1965): Sedimentary features of flysch and greywackes. – Elsevier. Amsterdam.
- EISBACHER, G. M. (1970): Contemporaneous faulting and clastic intrusions in the Quirke Lake Group, Eliot Lake, Ontario. – *Canad. J. Earth Sci.*, 7, 215–225.
- EISSMANN, L. (1987): Lagerungsstörungen im Lockergebirge. – *Geophys. U. Geol. Geophys. Veröff. d. KMU Leipzig*, III, 4, 7–77.
- ELDRIDGE, G. H. (1896): The uintate (gilsonite) deposits of Utah. – *Seventeenth Ann. Rep. US. Geol. Surv.*, I, 909–949.
- (1906): The formation of asphalt veins. – *Econ. Geol.*, 1, 437–444.
- ELLENBERGER, J. L. (1979): Slicken side occurrence in coal mine roof of the Valley Camp No. 3 mine near Wheeling, West Virginia. – *US Bur. Mines. Rep. Invest.*, 8365.
- ENGLISH, W. (1931): Geology and Petroleum Resources of North-western Kern County, California. – *US. Geol. Surv. Bull.*, 25–26.
- FAGERSTROM, J. A. (1955): Unusual desiccation cracks in the Benwood limestone of eastern Ohio. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 66, 3, 339–340.
- FAIRBRIDGE, R. W. (1946): Submarine slumping and location of oil bodies. – *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 30, 84–92.
- FARMIN, R. U. (1934): "Pebble dikes" and associated mineralization at Tintic, Utah. – *Econ. Geol.*, 29, 356–370.
- FERM, J. C. (1984): Geology of coal. In: WARD, C. R. (Ed.): *Coal Geology and Coal Technology*, 151–176. – Melbourne-Oxford-London-Edinburgh-Boston-Palo Alto.
- FLACKLER, W. C. (1941): Clastic crevice fillings in the Keweenaw lavas. – *J. Geol.*, 49, 5, 550–556.
- FREEMAN, P. S. (1968): Exposed middle Tertiary mud diapirs and relation features. – In: Brauenstein, J. - O'BRIEN, G. D. (Eds.): *Diapirism and Diapirism*, 162–182. Tulsa.
- FRENCH, B. M. (1968): Sudbury structure, Ontario: Some petrographic evidence for an origin by meteorite impact. – In: FRENCH-SHORT (Eds.): *Shock Metamorphism of Natural Materials*, 383–412. Baltimore.
- FUGANTI, A. - ULCIGRAI, F. (1967): Fenomeni erosivi e „filoni neptuniani“ nei sedimenti del Trias superior e del Lias della valle di Non (Trento). – *Studi Trentini Sci. Natur.*, (A), 44, 14–46.
- FÜCHTBAUER, H. (Ed.) (1988): *Sedimente und Sedimentgesteine*. – *Sedim. Petrol. T. II*. Stuttgart.
- GABELMAN, J. W. (1955): Cylindric structures in Permian (?) siltstone, Eagle County, Colorado. – *J. Geol.*, 63, 214–277.
- (1957): The origin of collapsed plug pipes. – *Min. Mag.*, 48, 67–72.
- GAGE, M. (1957): The geology of Waitaki Subdivision. – *NZ Geol. Surv. Bull.*, 55, 135.
- GANSS, O. (1938): Zugspalten im Dachsteingebiete. – *Geol. Rdsch.*, 29, 584–593.
- GARECKIJ, R. G. (1956): Klastičeskiye dajki. – *Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. geol.* 13, 3, 81–103.
- GERASIMOV, A. P. (1918): Žily vypolnčeniya v jurskich slancach bassejna r. Assy (Sev. Kavkaz). – *Izv. Geol. Kom.*, 37, 5–6.
- GILBERT, G. K. (1877): Report on the geology of the Henry Mountains (Utah). – *US Geogr. Geol. Surv. Rocky Mts. Reg.*, 9, 1–160.
- GLENN, L. C. (1904): Fossiliferous sandstone dikes in the Eocene of Tennessee and Kentucky (Abstract). – *Science*, 19, 522.
- GORTNER, C. W. - LAURE, D. K. (1986): Hemipelagic rocks at Bissex-Hill, Barbados: Sedimentology, geochemistry, and depositional environment. – *J. sed. Petrology.*, 56, 2, 307–316.
- GOTTIS, Ch. (1953): Les filons clastique „intraformationnels“ du flysch numidien tunisien. – *Bull. Soc. géol. France* (6) 3, 775–784.
- GRABAU, A. W. (1900): Siluro-Devonic contact in Erie Co., New York. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 11, 347–376.
- GREENLY, E. (1900): On sandstone pipes in the Carboniferous limestone at Dwlbau Point, East Anglesey. – *Geol. Mag.*, 7, 20–24.
- GREGORY, M. R. (1969): Sedimentary features and penecontemporaneous slumping in the Waitemata Group, Whangaparave Peninsula, North Auckland, New Zealand. – *NZ J. Geol. Geoph.*, 12, 248–282.

- GRESLEY, W. S. (1898): Clay veins vertically intersecting coal measures. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 9, 35–58.
- GROTZINGER, J. P. (1986): Evolution of early proterozoic passive-margin carbonate platform, Rocknest Formation, Wopmay Oregon, Northwest Territories, Canada. – *J. sed. Petrology.*, 56, 6, 831–847.
- HAFF, J. C. (1944): Petrology of two clastic dikes from Placerville district, Colorado. – *Amer. Sci.*, 242, 4, 204–217.
- HANNUM, Ch. (1980): Sandstone and conglomerate-breccia pipes and dikes of the Kodachrome Basin Area, Kane County, Utah. – *Bull. Young Univ. Geol. Stud.*, 27, 1, 31–50.
- HARMS, J. C. (1958): Sandstone dikes and Laramide thrusting in the southern Front Range. – *Geol. Soc. Amer. Bull.* (Abstract), 69, 1728–1729.
- (1965): Sandstone Dikes in Relation to Laramide Faults and Stress Distribution in the Southern Front Range, Colorado. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 76, 981–1002.
- HAUSE, R. (1892): Erklärungen zur geologischen Spezialkarte des Königreiches Sachsen. Profil durch das Steinkohlenbecken des Plauenschen Grundes (das Döhlener Becken) bei Dresden. – Leipzig.
- HAVLENA, V. (1963–1965): Geologie uhelných ložisek 1–3. – *Nakl. Čs. akad. věd. Praha.*
- HAWLEY, J. E. - Hart, R. C. (1934): Cylindrical structures in sandstones. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 45, 1017–1034.
- HAY, R. (1892): Sandstone dikes in northwestern Nebraska. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 3, 50–55.
- HAYASHI, T. (1957): Sandstone dikes in the Miocene of Chita Peninsula (in Jap.). – *Bull. Aichi. Gakugei Univ.*, 6, 69–76.
- (1966): Clastic dikes in Japan. – *Jap. J. Geol. Geogr.*, 37, 1–20.
- HEDBERG, H. D. (1937): Stratigraphy of Rio Querecual section of northeastern Venezuela. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 48, 1971–2024.
- (1974): Relation of methane generation to undercompacted shales, shale diapirs, and mud volcanoes. – *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 58, 661–673.
- HERON, S. D. - JUDD, J. B. - JOHNSON, H. S. (1971): Clastic dikes associated with soil horizon in the North and South Carolina Coastal Plain. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 82, 1801–1820.
- HIBSCH, J. E. (1924): Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Bilin. – *Knih. St. geol. Úst. Čs. Republ.*, 8. Praha.
- HILGARD, E. W. (1890): Report on the asphaltum mine of the Ventura Asphalt Company. – *Calif. st. Mining Bur., Tenth Ann. Rep. of the State Mineral.*, 763–772.
- HILLS, E. S. (1963): Elements of Structural geology. – Methuen. London.
- HILPERT, L. S. - MOENCH, R. H. (1960): Uranium deposits of the southern part of the San Juan Basin, New Mexico. – *Econ. Geol.*, 55, 429–463.
- HLAUSCHEK, H. (1922): Beobachtungen über das Lagerungsverhältnis des Hierlatzkalkes zum Dachsteinkalk im Dachsteingebirge. – *Lotos* 70, 111–123.
- HOBBS, W. H. (1907): Earthquakes – an introduction to seismic geology. – *Earthquakes Applet. Century-Croft*, New York.
- HOEHNE, K. (1942): Über die Bildung der Kohlenriegel im Waldburger Bergbauggebiet (Niederschlesien) II. – *Glückauf*, 78, 617–622.
- HÖGBOM, A. G. (1912): Über die Glazialerosion im schwedischen Urgebirgsterrain. – *C. R. XI. Congr. geol. intern.* 1910, prem. fasc.
- HOŠA, V. (1965): Výplně rozsedlin ve štramberském vápenci. – *Čas. Mineral. Geol.*, 10, 4, 381–389.
- HOWARD, J. D. - LOHRENGEL, C. F. (1969): Large non-tectonic deformational structures from Upper Cretaceous rocks of Utah. – *J. sed. Petrology*, 39, 1032–1039.
- HRUŠKA, O. (1929): Odvodňování břešťansko-braňanské kuřavky v teorii a praxi. – *Zvlášť. otisk „Hornický věst.“ XI.* Praha.
- HUMMEL, K. (1930): Glanzkohlengänge in der Braunkohle des Habichtswaldes. – *Z. Dtsch. geol. Gesell.*, 82, 743–760.
- HURNÍK, S. (1986): Geologická problematika Velkolomu Československé armády. – *Zprav. VÚHU*, 3, 28–49.
- (1990): Clastic dikes in the brown coal seam near Most in the North Bohemian Basin (Miocene). – *Sbor. geol. Věd, Geol.*, 45, 123–150.
- (1991): Uhelná (gelinitová) klastická žíla v severočeské pánvi (Miocene). – *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 66, 1, 23–29.
- (1994): Klastické žíly na dole Kohinoor. – *Zprav. SHD*, I/94, 25–26.
- HURNÍK, S. - VÁNĚ, M. (1961): Gravitační procesy a kryoturbace v severočeském terciéru. – *Sbor. Čs. Společ. zeměp.*, 66, 226–238.
- CHABAKOV, A. V. et al. (1962): Atlas textur i struktur osadočnych gornych porod. – *Gosgeoltechizdat. Moskva.*
- CHLUPÁČ, I. (1955): Stratigrafická studie o nejstarších devonských vrstvách Barrandienu. – *Sbor. Ústř. Úst. geol.*, 21, odd. geol. 2, 91–224.
- (1994): Devonský útes u Koněprus. – *Vesmír*, 73, 11, 618–623.
- (1996a): Neptunian dykes in the Koněprusy Devonian: Geological and palaeontological observations. – *Věst. Čes. geol. Úst.*, 71, 3, 193–208.
- (1996b): Neptunické žíly v devonu u Koněprus. – *Sedim. geol. v České republice. Abstrakty*, 16. Praha.
- IMAMURA, S. (1935): On sandstone dikes cropping out in the bed of the Koyabe River, Toyama Prefecture (in Jap.). – *Chikyu (the Globe)*, 23, 246.
- IVANOV, A. P. (1901): Drevnij grjazevoj vulkan na o. Čelekene. – *Dnevnik XI. sjazdu rus. estestvoisp. i vračej*, 8.
- IVANOV, B. A. (1947): Geologičeskije issledovanija južnoj okrainy Tunguskogo Bassejna. – *Trudy Vost.-Sib. Geol. upr.*, 31.
- JANŠIN, A. L. (1940): Novye dannye i geologičeskoe stroenii i gidrogeologii rajona Čuškalgalskoj antiklinali. – *Trudy In-ta geol. nauk AN SSSR*, 32, 9. Moskva.
- (1953): Geologija Severnogo Priaralja. – *Mater. Pozn. geol. Strojen. SSSR, nov. ser.*, 15 (19). Moskva.
- JANUŠEVIČ, D. Ju. (1972): O klastičeskich dajkach v otloženijach Severo-Zapadnogo Kavkaza. – *Litol. polezn. Iskop.*, 3, 162–164.
- JENKINS, O. P. (1925): Clastic dikes of southeastern Washington (Abstract). – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 36, 202.
- (1925a): Clastic dikes of eastern Washington and their geologic significance. – *Amer. J. Sci. (ser. 5)*, 10, 234–246.
- (1925b): Mechanics of clastic dike intrusion. – *Engng. min. J.*, 120, 1, 1–12.
- (1930): Sandstone Dikes, as Conduits for Oil Migration through Shales. – *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 14, 4.
- JAROŠ, J. - VACHTL, J. (1992): Strukturní geologie. – Academia. Praha.
- KALLUS, A. (1907): Geologische Übersicht des nordwest böhmischen Braunkohlenbeckens. – *Führer d. d. nordwestb. Braunkohlenrev. Teplitz-Brüx-Komotau*, 3–43. Most.
- KAYSER, E. (1921): Lehrbuch der allgemeinen Geologie I.B. – Stuttgart.
- KELSEY, M. - DENTON, H. (1932): Sandstone dikes near Rockwall, Texas. – *Tex. Univ. Bull.*, 3201, 139–148.
- KENDALL, P. F. (1919): On “wash-outs” in coal-seams and the effects of contemporary earthquakes. – *Abstr. Geol. Soc. London Proc.*, 1031, 17, 28–31.

- KEYES, CH. R. (1893): Crustal adjustment in the upper Mississippi. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 5, 239.
- KIMBALL, J. P. (1876): On the occurrence of Grahamite in the Huasteca, Mexico, etc. – *Amer. J. Sci.*, 3-ser., XII, 277–286.
- KOCUREK, G. – HUNTER, R. E. (1986): Origin of polygonal fractures in sand, uppermost Navajo and Page Sandstone, Page, Arizona. – *J. sed. Petrology*, 56, 6, 895–904.
- KOGAN, V. D. (1972): Analogi sebchi v permi juga russoj platformy. – *Litol. polezn. Iskop.*, 6, 146–156.
- KOTANI, H. (1936): On the mudstone dikes in the coast Torinosu Peninsula, Tanabe Bay, Wakayama Prefecture (in Jap.). – *Chikyu (the Globe)*, 25, 354–364.
- KOTAŃSKI, Z. (1961): Tektogeneza i rekonstrukcja paleogeografii pasma wierchowego w Tatrach. – *Acta geol. pol.* 11, 187–476.
- KRAMER, W. B. (1934): Dolomite dikes in the Texas Permian. – *J. Geol.*, 42, 193–196.
- KRAUSSE, H. F. – DAMBERGER, H. H. – NELSON, W. J. – HUNT, S. R. – LEDVINA, C. T. – TREWORY, C. G. – WHITE, W. A. (1979): Roof strata of the Herrin (No. 6) coal member in mines of Illinois; their geology and stability. – *Illinois Minerals Note* 72.
- KREBS, W. (1974): Devonian carbonate complexes of central Europe. In: LAPORTE, L. F. (Ed.): *Reefs in time and space*, 155–208, SEPM. – Spec. Publ., 18, Tulsa.
- KRUGER, F. C. (1938): A clastic dike of glacial origin. – *Amer. J. Sci.* (5), 35–208, 305–307.
- KŚIAŻKIEWICZ, M. (1958): Submarine slumping in the Carpathian Flysh. – *Rocz. Pol. Tow. geol.*, 28, 123–150.
- KUGLER, H. G. (1933): Contribution to the knowledge of sedimentary volcanism in Trinidad. – *J. Inst. Petrol. Technol.*, 19, 743–760.
- (1938): Nature and significance of sedimentary volcanism. – *Science of Petroleum*, I, 297–299. Oxford Univers. Press. New York.
- (1939): A visit to the Russian oil district. – *J. Inst. Petrol. Technol.*, 25, 68–88.
- (1953): Jurassic to recent sedimentary environments in Trinidad. – *Ver. schweiz. Petrol. Geol. Ing. Bull.*, 20, 27–60.
- KUKAL, Z. (1986): *Základy sedimentologie*. – Academia. Praha
- KUKLA, J. (1952): Zpráva o výsledcích výzkumů jeskyní na Zlatém Koni u Koněprus v roce 1951, prováděných krasovou sekcí Přírodovědeckého klubu v Praze. – *Čs. Kras*, 5, Brno.
- KUMANO, S. (1958): Observation of shale dikes penetrating sandstone bed (in Jap.). – *Shimseidai-no-kenkyu (the Cenozoic Research)*, 28, 663.
- LANDA, I. – ĐURICA, D. (1987): Bahenní sopky Ázerbájdžánu. – *Geol. Průzk.*, 29, 3, 89–90.
- LAMBRECHT, L. – THOREZ, J. (1966): Filon clastiques intraformationnels dans le Namurien de Belgique. – *C. R. Acad. Sci., Sér. D*, 263, 1556–1559.
- LAUBSCHER, H. P. (1961): Die Mobilisierung klastischer Massen. – *Eclogae geol. Helv.*, 54, 2, 283–334.
- LAWLER, T. B. (1923): On the occurrence of sandstone dikes and chalcedony veins in the White River Oligocene. – *Amer. J. Sci.*, 5, 160–172.
- LEWIS, D. W. (1973): Polyphase limestone dikes in Oamaru region, New Zealand. – *J. sed. Petrology*, 43, 4, 1031–1045.
- LJACHOVIČ, V. V. (1953): O genezise pesčannyh dajek tufogennoj toščei tunguzskoj serii. – *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 90, 1, 93–96.
- LOWE, D. R. (1975): Water escape structures in coarse-grained sediments. – *Sedimentology*, 22, 157–204.
- (1982): Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. – *J. sed. Petrology*, 52, 279–297.
- LUPHER, R. L. (1944): Clastic dikes of the Columbia Basin region, Washington and Idaho. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 55, 1431–1461.
- MARINOV, T. M. (1971): Nachodka klastičeskich dajek bliz S. Dospat (Zapadnye Rodopy). – *Dokl. Bolg. Akad. Nauk*, 24, 1517–1520.
- MARSCHALKO, R. (1965): Clastic Dykes and their relations to syn-sedimentary movements. – *Geol. Práce, Spr.*, 36, 139–148.
- (1972): Termín: Klastické žfly. – *Geol. Práce, Spr.*, 58, 231–238.
- MASTALERZ, K. – MASTALERZ, M. (1988): Volcanic gas-driven clastic intrusion near Chelmiec rhyodacite massif, Intraseditic Trough (SW Poland). – *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 58, 307–324.
- MC CALLIE, S. W. (1903): Sandstone dikes near Columbus, Georgia. – *Amer. Geolog.*, 32, 199–202.
- MC CALLIEN, W. J. (1935): The Metamorphic Rocks of Inishowen. – *Proc. Roy. Ir. Acad., Sect. B.*, 42, 407–442.
- MC MILLAN, J. M. Jr. (1931): Clastic dikes in Fort Hays chalk, Kansas. – *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 15, 842–843.
- MEEK, C. E. (1928): Genesis of a sandstone dike as indicated by heavy minerals. – *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 12, 271–277.
- MEGRUE, G. H. – KERR, P. F. (1965): Alternation of Sandstone Pipes, Laguna, New Mexico. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 76, 1347–1360.
- MII, H. (1953): Clastic dikes in the Akyu group in the westernhilly region of Sendai. – *Short Papers, Inst. Geol. Pal. Tohoku univ.*, 5, 51–66.
- MIROŠNIČENKO, V. P. (1951): Javlenija grjazezovogo vulkanizma při aščhabadskom zemletrasenii v avgustě 1948 g. – *Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. geol.*, 5.
- MONROE, W. H. (1932): Earth cracks in Mississippi. – *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 16, 214–215.
- MOORE, CH. (1867): On abnormal conditions of secondary deposits when connected with the Somersetshire and South Wales coal basin, and on the age of the Sutton and Southerdown series. – *Quart. J. Geol. Soc. London*, 23, 449–568.
- MORET, L. (1945): A propos du mode de formation des “filons clastiques”. – *Ann. Univ. Grenoble*, 21, 99–101.
- MÖRNER, N. A. (1972): The first report on till wedges in Europe and Late Weichselian ice flows over Southern Sweden. – *Geol. Fören. Förh.*, 94, 581–587.
- (1973): New find of till wedges in Nova Scotia Canada. – *Geol. Fören. Förh.*, 95, 272–273.
- (1973): The first report on „till wedges“ in Europe: A reply. – *Geol. Fören. Förh.*, 95, 273–276.
- NAGABUCHI, M. (1952): On sandstone dikes in Kushiro, Hokkaido (in Jap.). – *Tanko-Gijutsu (Coal mining Technique)*, 7, 11.
- NEMEC, W. (1981): Problem of the origin and age of volcanoclastic rocks along the eastern margin of Walbrzych Coal-Basin. In: DZIEDZIC, K. (edit.): *Problems of Hercynian Volcanism in Central Sudets*. – *Mat. Konf. Teren., Ziemia Walbrzyska*, 8–26.
- NEWSOM, J. F. (1903): Clastic dikes. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 14, 227–268.
- OBRUČEV, S. V. (1932): Tungusskij bassejn (južnaja i zapadnaja část). – *Trudy VGRO*, 1, 164, Moskva.
- OLDHAM, D. – MALLET, R. (1872): Notice of some of the secondary effect of the earthquake of 10th January 1869, in Cachar. – *Quart. J. Geol. Soc. London*, 28, 225–270.
- OOMKENS, E. (1966): Environmental significance of sand dikes. – *Sedimentology*, 7, 145–148.
- PARKER, B. H. (1930): Notes on the occurrence of clastic plugs and dikes in the Cimarron valley area of Union County, New Mexico. – *Guidebook, 4th Annual Field Conf. Colorado, New Mexico, Texas*, 131–136.

- (1933): Clastic plugs and dikes of the Cimarron valley area of Union County, New Mexico. – *J. Geol.*, 41, 38–51.
- PAVLOW, A. P. (1896): On Dikes of Oligocene Sandstone in the Neocomian Clays of the District of Alaty in Russia. – *Geol. Mag.*, II, 49–53.
- PEŠEK, J. (1965): Erozní jevy v karbonských sedimentech plzeňské pánve. – *Sbor. geol. Věd, Geol.*, 8, 55–74.
- (1969): Beitrag zur Kenntnis der Inkohlungsgeschwindigkeit der Pflanzensubstanz und der Verfestigung von Sedimenten. – *Neu. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, 133, 1, 101–110.
- (1978): Erosion and clastic dikes in coal seams of the Central Bohemian Basins and their significance for the determination of plant substance coalification. – *Folia Mus. Rer. natur. Bohem. occident., Geol.*, 12, Plzeň.
- PETERSON, G. L. (1966): Structural interpretation of sandstone dikes, northwest Sacramento Valley, California. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 77, 833–842.
- PETRASCHECK, W. (1922): Die Beschaffenheit der Kohle in den Lunzer Schichten. – *Verh. Geol. Bundesanst.*, 139–142.
- (1926–1929): Kohlengologie der Österreichischen Teilstaaten. – Katowice.
- PETTERSON, E. M. (1962): Tertiary vents in the northern part of the Antrim plateau. – *Proc. Geol. Soc. London*, 1597, 71–77.
- (1968): Flow structures in sandstone dikes. – *Sedimentary Geol.*, 2, 177–190.
- PETTUJOHN, F. J. (1957): Sedimentary rocks. – New York.
- PETTUJOHN, F. J. - POTTER, P. E. (1964): Atlas and Glossary of primary sedimentary Structures. – Springer Verl., Berlin-Göttingen-Heidelberg-New York.
- PÉWE, T. L. (1959): Sand-wedge polygons in the Mc Mardo Sound region, Antarctica. – *Amer. J. Sci.*, 257, 545–552.
- POTTER, P. E. - PETTUJOHN, F. J. (1977): Paleocurrent and basin analysis. Springer-Verl., Berlin-Heidelberg-New York.
- POWELL, C. H. (1969): Intrusive Sandstone dykes in the Siamo Slate near Negaunee, Michigan. – *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 80, 2585–2594.
- PRAY, L. C. (1965): Limestone clastic dikes in Mississippian bioherms, New Mexico (Abstr.). – *Geol. Soc. Amer. sp. Paper*, 82, 154–155.
- PRICE, P. H. (1933): Clay dikes in Redstone coal, West Virginia and Pennsylvania. – *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 17, 1527–1533.
- PRICE, P. H. - LUCKSE, J. B. (1942): Primary limestone structures of West Virginia. – *Amer. J. Sci.*, 240, 601–616.
- PRUVOST, P. (1943): Filons clastiques. – *Bull. Soc. géol. France* (5), 13, 91–104.
- PURKYNĚ, C. - NĚMEJC, F. (1930): Brandovská kamenouhelná (antracitová) pánev v Rudohří. – *Palaeontogr. Bohem.*, 14, Praha.
- RAISTRICK, A. - MARSHALL, C. E. (1939): The Nature and Origin of Coal and Coal Seams. – London.
- RANSOME, F. L. (1900): A peculiar clastic dike near Onray, Colorado and its associated deposit of silver ore. – *Trans. Amer. Inst. Min. Engs.*, 30, 227–236.
- REICHEL, W. (1970): Stratigraphie und Tektonik des Döhlener Beckens bei Dresden. – *Abh. Staatl. Mus. Mineral. Geol. Dresden*, 17.
- (1985): Schichtströmungen im unterpermischen Döhlener Becken bei Dresden. Ein Beitrag zur lithofaziellen und tektonischen Entwicklung eines intramontanen vulkanotektonischen Beckens. – *Hallesches Jb. Geowiss.*, 10, 21–34.
- REIMNITZ, E. - MARSHALL, N. F. (1965): Effects of the Alaska Earthquake and Tsunami on Recent Deltaic Sediments. – *J. geophys. Res.*, 70, 10, 2363–2376.
- REYNOLDS, D. L. (1954): Fluidization as a geological process and its bearing on the problem of intrusive granites. – *Amer. J. Sci.*, 252, 577–614.
- RICHARDSON, G. B. (1877): Report of Progress for 1876–1877 of the Geol. Survey of Canada.
- RICHTER, D. (1966): On the New Red Sandstone neptunian dykes of the Tor Bay area (Devonshire). – *Proc. Geol. Assoc.*, 77, 173–186.
- RODDY, D. J. (1968): The Flynn Creek crater, Tennessee. In: FRENCH-SHORT (Eds.): Shock Metamorphism of Natural Materials, 291–322. Baltimore.
- ROE, W. B. (1934): Clay veins in the Springfield (No. 5) coal (Abstr.). – *Ill. Acad. Sci. Trans.*, 27, 115.
- RONIEWICZ, P. (1962): Żyła klastyczna w piaskowcach ordowickich w Bokówce (Góry Świetokrzyskie). – *Przegl. geol.*, 10, 8, 427–428.
- RUBINSTEIN, M. M. (1949): Nekotorye dannye o tak nazyvaemykh neptuničeskich dajkach. – *Soobš. Gruz. SSR*, 10, 8.
- RUSSELL, W. L. (1927): The origin of the sandstone dikes of the Black Hills region. – *Amer. J. Sci.* (5), 14, 402–408.
- RUTTEN, M. G. - SCHÖNBERGER, H. J. M. (1957): Synsedimentary sandstone dikes in the Aptien of the Serre Chaitieu, Southern France. – *Geol. en Mijnb.*, 19, 214–220.
- RUŽENCEV, V. E. (1932): Benotsko-Datachskij neftenosnyj rajon. – *Trudy neft. geol. razv. inst.*, A 7.
- SAITO, R. et al. (1954): On stone intrusion in the 2nd coal seam at the Honbets coal-mine, Hokkaido (in Jap.). – *Bull. Geol. Comm. Hokkaido*, 26, 25–32.
- SAMSONOV, V. F. (1952): Novye dannye o dajkach rajona Volskaja. – *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 87, 5, Moskva.
- (1953): Neptuničeskije dajki bassejna Manny saja. – *Avtoref. dissert.*, Saratov.
- SAVAGE, T. E. (1910): Clay seams of so-called horsebacks near Springfield, Illinois. – *Econ. Geol.*, 5, 178–282.
- SELLY, R. C. - SHERMAN, D. J. (1962): The experimental production of sedimentary structures in quicksand. – *Proc. Geol. Soc. London*, 1599, 101–102.
- SEVERCOV, N. A. (1860): Geologičeskije nabljudenija, sledovanye N. Svercovym i I. Borščovym v zapadnoj časti Kirgizskoj stěpi v 1857 g. – *Gorn. Ž.*, II, V.
- SHAND, S. J. (1916): The Pseudotachylite of Parijs (Orange Free State), and "Flinty Crush-Rock". – *Geol. Soc. London Quart. J.*, 72, 198–221.
- SHIRLEY, J. (1955): The disturbed strata on the East Pennine Coal Field. – *Geol. Soc. London Quart. J.*, 111, 265–282.
- SHROCK, R. R. (1948): Sequence in Layered Rocks. – New York.
- SCHAFER, J. P. (1969): Structural relationship of tills in western Connecticut. – *Abstr. Programs Geol. Soc. Amer. North-Cent. Sect. Ann. Meet. Columbus*, 42.
- SCHAUB, H. (1954): Kreidesedimente in Spalten des linksrheinischen Steinkohlengebirges. – *Geol. Jb.*, 69, 249–253.
- SHOEMAKER, E. M. (1956): Occurrence of uranium in diatremes in the Navajo and Hopi reservations, Arizona, New Mexico and Utah. – *US. Geol. Surv. profess. Pap.*, 300, 179–185.
- SCHÖLL, W. U. - WENDT, J. (1971): Obertriadische und jurassische Spaltenfüllungen im Steinerem Meer (Nördliche Kalkalpen). – *Neu. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 139, 1, 82–98.
- SCHRÖDER, F. - TEICHMÜLLER, M. (1958): Doppleritische Spaltenfüllungen in alttertiären Sanden des Antweiler Grabens bei Kalkar. – *Fortschr. Geol. Rheinl. Westph.*, 2, 479–481.
- SCHULTE, H. F. (1954): Über das Auftreten von Spalten in Flöz Blücher des mittleren Bochum Schichten und ihre wahrscheinliche Entstehung. – *Geol. Jb.* 69, 239–248.
- SMART, P. L. - PALMER, R. J. - WHITAKER, F. - WRIGHT, V. P. (1988): Neptunian dikes and Fissure Fills: An Overview and Account of Some Modern Examples. In: JAMES, N. P. - CHO-

- QUETTE, P. W. (Eds.): Paleokarst, 149–163. – Springer Verl., Berlin-Heidelberg-New York.
- SMITH, K. G. (1952): Structure plan of clastic dikes. – Trans. Amer. Geoph. Union, 33, 889–892.
- SMITH, A. J. - RAST, N. (1958): Sedimentary dykes in the Dalradian of Scotland. – Geol. Mag., 95, 234–240.
- SMYERS, N. B. - Peterson, G. L. (1971): Sandstone dikes and sills in the Moreno Shale, Panoche Hills, California. – Bull. Geol. Soc. Amer., 82, 3201–3208.
- STEARNS, R. G. - WINSON, Ch. W. Jr. - TIEDEMANN, H. A. - WILCOX, J. T. - MARSH, P. S. (1968): The Wells Creek structure, Tennessee. In: FRENCH-SHORT (Eds.): Shock Metamorphism of Natural Materials, 323–337. Baltimore.
- STEWART, C. A. (1911): A note on a conglomerate dyke in Arizona. – Science, n. s. 33.
- STONE, G. H. (1893): The Turey Creek mining district, El Paso country, Colorado. – Engng. Min. J., 56.
- STRANGWAYS, T. H. F. (1821): Geological Sketch of the Environs of Petersburg. – Trans. Geol. Soc. London, 5, 392–458.
- (1830): Geognostičeskoe opisanie sanktpeterburgskich okrestnostej. – Trudy Miner. obšč. v S.-Peterburge.
- STRACHAN, I. - TEMPLE, J. - WILLIAMS, A. (1948): The age of the Neptunian dike at Hazler Hill. – Geol. Mag., 85, 5, 276–278.
- STRAUCH, F. (1966): Sedimentgänge von Tjörnes (Nord-Island) und ihre geologische Bedeutung. – Neu. Jb. Geol. Paläont., 124, 3, 259–288.
- STRICKLAND, H. E. (1840): On some remarkable dikes of Calcareous Grit at Ethie in Rossshire. – Trans. Geol. Soc. 2d ser., V. London.
- SUNDERMAN, J. A. - MATHEWS, G. W. (1975): Clastic dikes and sills in Silurian carbonate rocks of northeastern Indiana (Abstr.). – Ann. Meeting Abstr., 2, 72–73, Amer. Assoc. Petrol. Geol. Soc. Paleont. Mineral.
- ŠATSKIJ, N. S. - ŽUKOV, M. M. - MILANOVSKIJ, E. V. - RUŽENCEV, V. E. (1929): Dislokacionnye brekčii i grjazevyje vulkany v Azerbajdžaně. – Bjull. Mosk. Obšč. Ispyt. Priro., Otd. geol., 7, 1–2.
- ŠTRBÁŇ, I. - TOPINKA, Z. (1998): Anomální vývoj uhelné sloje v předpolí lomu Vršany. – Zprav. Hnědé Uhlí 1/98, 37–47. Most.
- TEISSEYRE, A. K. (1967): Clastic Wedges in the Lower Carboniferous of the Intracratonic Basin. – Bull. Acad. pol. Sci., Ser. Géol. Géogr., 15, 15–22.
- TEN HAAFF, E. (1959): Graded beds of the Northern Apennines. – Thesis, univ. of Groningen.
- TRUILLET, R. (1968): Étude géologique des Peloritains orientaux (Sicile). Les filons sédimentaires. – Thèses Fac. Sci. Univ. Paris.
- TRUSWELL, J. F. (1972): Sandstone sheets and related intrusions from Coffee Bay, Transkri, South Afrika. – J. sed. Petrology, 42, 578–583.
- VACHTL, J. (1983): Klastická žíla. In: Encykl. slov. geol. věd, A-M. – Academia. Praha.
- VAN BILJON, W. J. - SMITTER, Y. H. (1956): A note of the occurrence of two sandstone dykes in a Karroo dolerite sill near Devon, south-eastern Transvaal. – Trans. Geol. Soc. S. Afr., 59, 135–139.
- VÁNE, M. (1989): Fossilní skluzy a intruze jílu v hnědouhelné sloji v Mostě. – Věst. Ústř. Úst. geol., 64, 1, 31–38.
- VERZILIN, N. N. (1963): Melovye otloženija severa Ferganskoy vpadiny i ich neftenosnosť. – Trudy Leningr. Obšč. Ispyt., 70, 2.
- VITANAGE, P. W. (1954): Sandstone Dikes in the South Platte area, Colorado. – J. Geol., 62, 493–500.
- VONDERSMITT, L. (1953): Steinbrüche von Arzo. In: Bericht über die Exkursion der Schweiz. Geol. Ges. gem. mit d. Schweiz. Min. u. Petr. Ges. im Südtessin, in d. Umgeb. v. Locarno u. i. ob. Valle Maggia, 7.–11. 9. 1953. – Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., 33, 513–515.
- WALKER, F. - POLDERVAART, A. (1949): Karroo dolerites of the Union of South Africa. – Geol. Soc. Amer. Bull., 60, 591–706.
- WALTON, M. S. Jr. - O'SULLIVAN, R. B. (1950): The intrusive mechanics of a clastic dike. – Amer. J. Sci., 248, 1–21.
- WANLESS, H. R. (1952): Studies of field relations of coal beds. – Sec. Conf. on orig. a. constit. Coals. Nova Scotia, 148–179.
- WATERSON, C. B. (1950): Note on the sandstone injections of Eat-hie Haven, Cromarty. – Geol. Mag., 87, 133–139.
- WEISSENBACH, L. G. A. (1850): Über Gang Formationen vorzugsweise Sachsens. In B. COTTA (Hrsg.): Gangstudien oder Beiträge zur Kenntnis der Erzgänge, I. Freiberg.
- WENDT, J. (1971): Genese und Fauna submariner sedimentären Spaltenfüllungen im mediterranen Jura. – Palaeontographica A, 136, 122–191.
- (1976): Submarine Spaltenfüllungen. – Zbl. Geol. Paläont., 245–251.
- WHITNEY, J. D. (1865): Geology of California, I. – Geol. Surv. of Calif.
- WILLIAMS, M. Y. (1927): Sandstone dikes in southeastern Alberta. – Roy. Soc. Canada Trans., (3), 21, 153–174.
- WOOD, A. J. - SMITH, A. J. (1959): The sedimentation and sedimentary History of the Aberystwyth Grits (Upper Llandroverian). – Quart. J. Geol. Soc. London, CXIV, 163–195.
- WORSLEY, P. (1973): The first report on "till wedges" in Europe - a discussion. – Geol. Fören. Förh., 95, 152–155.
- WURTZ, H. (1869): On the Grahamite of West Virginia and the New Colorado Resinoid. – Proc. Amer. Assoc. Adv. Sci., XVIII, 124–135.
- YOUNG, G. M. (1972): Downward intrusive breccias in the Huronian Espanola Formation, Ontario, Canada. – Canad. J. Earth Sci., 9, 756–762.
- ZAMJATIN, A. N. (1915): Geologičeskij očerk severo-vostočnoj časti Temirskogo uezda Uralskoj oblasti. – Izv. Geol. Kom., 34, 5.
- ZEIL, W. (1958): Sedimentation in der Magallanes-Geosynklinale mit besonderer Berücksichtigung des Flysch. – Geol. Rdsch., 47, 1, 425–443.
- sine (1976): Dictionary of geological terms (Agi Glossary). – Garden City, New York.

Clastic dikes

(Summary of the Czech text)

STANISLAV HURNÍK

Received September 1, 1998

Clastic dikes can be defined as sedimentary structures which are formed by three-dimensional bodies discordantly penetrating surrounding sediments, magmatites or metamorphites. Their sedimentary fill is typical for them. The shape and size of clastic dikes are extremely variable. They can resemble real dikes or sills or possess all the possible irregular forms. Their thickness ranges from millimetres up to hundreds of metres and their length may reach even several kilometres.

Several classification schemes of clastic dikes can be found in the literature. Many of them, however, have only a local significance. The most detailed classification based on several criteria, was suggested by HAYASHI (1966). Most authors distinguish two main types of clastic dikes, those originating by the filling by a material coming from the overlying beds and those filled by a material from the underlying ones. For the first type the term neptunic dike (suggested by PAVLOW, 1896) is generally used, for the second type the term injection dike. This denomination, however, might be a little misleading, because the filling from above can be also caused by an injection triggered by an elevated pressure. That is why BRONGULEEV (1947) suggested the term „amagmatic“ clastic dike for them. Although the shape of clastic dikes is enormously variable, they can be grouped into the following three types:

1. clastic dikes s.s.,
2. sills,
3. pipes, plugs and cylindrical clastic dikes.

First group embraces either the dikes similar to volcanic ones or fillings of cavities of variable shape. The dikes belonging to the second group resemble the sills of extrusive volcanites. They consist of material different from the underlying and overlying rocks, have a tabular shape and their strike and dip are more or less the same as this of the surrounding rocks. Third group of dikes is characterized by their cylindrical shape which penetrates more or less perpendicularly through the sets of rocks. Small water-escape structures or gas-escape structures can be grouped with this type as well as some doubtful bioglyphs and also large cylindrical structures with clastic fill (vents of mud volcanoes, collapse structures and some others).

In the Czech Republic clastic dikes have been described from the Permo-Carboniferous basin of Plzeň (Pilsen) by PEŠEK (1969, 1978), from the North Bohemian brown coal basin by HURNÍK (1990, 1991) and from the Lower Palaeozoic of Barrandian by KUKAL (1986) and CHLUPÁČ (1994, 1996). Earlier, however, genetically similar structures, even though not classified as clastic dikes, were observed also in some other formations and places (e.g. Brandov Carboniferous basin by PURKYNĚ, 1930, Jurassic Štramberk limestones by HOUŠA, 1965).

Czech occurrences of clastic dikes can be subdivided into the dikes which occur in the marine carbonate sequences and the dikes which are bound to the coal basins. Clastic dikes of the first type were originally called the crevasses (in Czech „rozsedliny“). They were recognized first by KUKLA (1952) in the Devonian reefal limestones in the Barrandian. Later CHLUPÁČ (1955, 1996) described them thoroughly and called them neptunic dikes. They have very irregular form, cut the high-purity limestones and several stages of filling can be recognized. Thus CHLUPÁČ (1996) deduced that they were subsequently reopened and refilled during the time range Pragian-Givetian. Only the filling from above took place and processes like synsedimentary tectonics, gravitation and karstification contributed to the complicated pattern of these structure. KREBS (1974) concluded that similar clastic dikes in the Devonian reefal limestones are common feature in the Central Europe.

HOUŠA (1965) called the clastic dikes in the Moravian Štramberk Limestone also crevasses (rozsedliny). This author studied the Jurassic fauna of the Štramberk reef and coincidentally identified also the Lower Cretaceous fauna of them. This younger fauna fills the clastic dikes which were formed also during several stages from the Beriasian up to the Valanginian. The Lower Cretaceous filling proved there that originally the Jurassic reef was covered by the Cretaceous strata which were subsequently eroded and their only relics are represented by clastic dikes in the underlying rocks. According to HOUŠA (1965) similar structures occur also in the South Moravia near the town of Mikulov.

Second group of clastic dikes is associated with the coal basins, both Permo-Carboniferous and Tertiary ones. PEŠEK (1969, 1979) recognized them in the Central Bohemian Carboniferous first in the Plzeň (Pilsen) Basin, later also in the Kladno Basin. He explained their origin by the formation of vertical joints in the coal seam, the margins of which collapsed into the wash-outs. These joints were filled from above by the same overlying material as the river channel itself. The pressure of younger overlying strata caused later the extension of these joints. Far earlier PURKYNĚ

(1930) described similar structures in the small isolated Carboniferous Brandov Basin in the Krušné hory Mts (Erzgebirge). He described them as "wide fissures" (see fig. 25) filled from above by the overlying material and interpreted their genesis as the consequence of movements accompanying the intrusion of granitic magma.

Numerous clastic dikes are known from the North Bohemian Neogene brown coal basin. KALLUS (1907) and HIBSCH (1924) described veins cutting the brown coal seam in the Bílina City area. They are associated with the younger volcanic phase in the České středohoří Mts volcanic region. The fill of clastic veins has volcanoclastic character and contains components derived from the crystalline rocks, from the Cretaceous and also Neogene sediments. They are not thicker than several metres and not longer than several dozens of metres. Their origin can be compared to the dikes of the Lower Silesian Basin. HURNÍK (1991) described also gelinite dikes, cropping out at the margin of the open pit mine of the Czechoslovak Army (Důl Československé armády) near Dřínov settlement the origin of which can be related to the volcanic activity.

The most numerous clastic dikes in North Bohemian brown coal basin occur in the Miocene Bílina Delta. Its sediments are affected by synsedimentary deformations related to the mechanism of origin of so-called mud lumps. The coal seam is as thick as 36 m and in some places the synsedimentary deformations affect its whole thickness. HURNÍK (1990) described their occurrences and genesis mainly from the open pit mine Most. The fill of the clastic dikes comes from above, from below and also from the side. It consists mostly of overlying claystones, but sandstone filling is also common. Regular and irregular sandstone dikes pass sometimes into coal breccia with sandstone matrix (see Pl. III/3). According to their form and size six types were distinguished (fig. 2). The crenulation intensity of clastic dikes was used for the calculation of a coal seam compaction which shows the thickness reduction down to one quarter of the original one. The careful documentation of open pit mines discovered many similar structures near Braňany, Bílina (Pl. IV/2, 3), Ledvice (Pl. IV/1), Duchcov and Chotověnka.

Different type of clastic dikes occurs in the area of open pit mines near the Bílina City. It can be characterized as small scale sandstone dikes, occurring in swarms less than 10 cm thick and 100 cm long. They occur mainly in the subsiding block delimited by synsedimentary faults. Small gravitational slides caused the fissuring of claystone beds. Opening fissures were injected from below by fluidized sands (see fig. 28). Gravitational origin can be also applied to the wedge-shaped clastic dikes, found in the dump of the open pit mine Ležáky near Most (fig. 29).

Another type of clastic dikes is represented by those occurring in the gallery between the mines Kohinoor and Alexander in the Most part of the North Bohemian coal basin. The clays were injected into the basal parts of the coal seam from below because of the load of 500 m thick overlying set of sediments.

Cryogenic structures are very common in the North Bohemian brown coal basin and are represented by the infillings of Quaternary material into the underlying Tertiary sediments. Very interesting clastic dike of Quaternary origin, but not of the cryogenic origin, was found in the open pit mine of the Czechoslovak Army near the Dřínov settlement. Giant gneiss block tumbled down from the slope of the adjacent Krušné hory Mts into the basin. During its rotational movement the gneiss cracked, its fissured spread and were filled by a surrounding scree.

Unique clastic dikes were found in the crystalline rocks of the southern slope of the Krušné hory Mts near the former settlement of Albrechtice. Two boreholes drilled through the granite-gneiss and found several layers of brownish fine-grained sand. Thirty such layers were found in one of the boreholes the deepest one occurring 252 metres below the surface. Some sand beds yielded plant fossils which were identified as the Holocene flora (BŮŽEK - KVAČEK 1986). Thus these sands are considered fillings of cracks and cavities carried down by meteoric waters during the Quaternary rapid uplift of the Krušné hory Mts.

HURNÍK and VÁNĚ (1961) described infillings of a pyroclastic material into the cracks in blocks of Tertiary quartzites. Probably a solifluction took part in this process.

Another occurrence of clastic dike in the open pit mine Vršany south of the Most City was interpreted as wash-out by ŠTRBÁŇ and TOPINKA (1998). As to the authors of this paper this large-scale structure could have originated by a gravitational collapse of a coal seam and subsequent filling of wedge-shaped crack by clayey material (see fig. 33).

Some clastic dikes can originate also by anthropogenic processes. That is why DIONNE and SHILTS (1974) defined so-called collapse clastic dikes which are formed in the coal seam during its mining. Many examples of such origin can be found in the North Bohemian basin, specially in the old goaf areas where overlying claystones collapsed into the chambers from which the seam had been mined out (see Pls. II and III/1).

It is concluded that clastic dikes represent very common and variable sedimentary structures. Their detailed study might help in the reconstruction of postsedimentary processes in many basins. The studies of their occurrences and genesis has also practical impact in surveying and exploitation of some mineral deposits.

Přeložil Z. Kukal

Explanations of text figures

1. The scheme of the origin of "clastic wedges" after TEISSEYRE (1967). 1 – the deposition of cross-bedded conglomerates, 2 – the erosion of conglomerate bed and its covering by fine-grained greywacke with a layer of coarse-grained sand and plant debris, 3 – the formation of the clastic wedge, accompanied by an intrusion of the liquified sand, 4 – the truncation of the whole set by a strong current and deposition of overlying gravel bed, 5–6 – erosional surface between the wedge and overlying conglomerates is deformed by the subsidence of gravel into the wedge fill. The whole process is accompanied by small intrusions of liquified sand.
2. The types of clastic dikes in the brown coal seam in the open pit mine Most after HURNÍK (1990).
3. Four types of clastic dikes in the dolomites and claystones in the Española Formation in Canada. a – with internal sorting, b – internally unsorted, c – thin sandstone dikes, d – discordant sandstone bodies with quartz pebbles. After EISBACHER (1970).
4. Neptunic dikes in the Jurassic limestones of the Rocca Busambra Formation in Sicily. They were formed by submarine filling of two types of cracks. After WENDT (1976).
5. Original sketches by STRANGWAYS (1821) illustrating "clayey dikes" from St. Petersburg.
6. So-called intraformational clastic dikes in the Tunesian flysch. After GOTTIS (1953).
7. "Great dike" described from the Cretaceous claystones from Sacramento in California by DILLER (1890).
8. The origin of clastic dike in the recent coal-forming swamp after GRESLEY (1898).
9. Clastic dike formed in weathered and cracked granite. Fissures were filled by a till pressed downward by a glacier. Rhode Island, after BIRMAN (1952).
10. Clastic dikes in the Permo-Carboniferous sediments from Natal. They were formed below the ice cover. After BRUNNE - TALBOT (1986).
11. Clastic dike, called also polygonal sandstone dike in the Lower Permian sediments in Pfalz. After OOMKENS (1966).
12. "Fossil surfaces", identified after the occurrence of horizons with clastic dikes (contractional polygonal cracks) in the Jurassic sandstones of Arizona. After KOCUREK - HUNTER (1986).
13. Mylonitized veins in the amphibolites in the Silvretta nappe passing into pseudovolcanic breccias. After BEARTH (1933).
14. The monadnock in the South Texas, presumably representing a relic of a mud volcano. After FREEMAN (1968).
15. Brecciated sandstone pipes penetrating the Jurassic sediments in the New Mexico. After MEGRUE - KERR (1965).
16. Radially oriented fibrous clastic dikes in the main seam of the Carola II mine near Dresden. After HAUSE (1982).
17. Thermally altered contact between the clastic dike and surrounding coal seam. This clastic dike formed by the gas explosion. South Poland. After MASTALERZ - MASTALERZ (1988).
18. The origin of clastic dikes in the Donbas Basin. After BALINSKIY (1972). A – with preserved overlying beds, B – overlying claystones washed out, A' – only overlying beds washed out, B' – washed outs influencing also topmost part of a coal seam.
19. Clastic dikes in the Cretaceous brown coal basin (Fuveau, South France). After PRUVOST (1943). C – limestones, L – brown coal, M – marlstone, CM – marly limestones; a, b, c – fill of clastic dikes.
20. The wash-out and sand intrusion in the Frimmersdorf-Süd mine. After BERGER (1958).
21. The syntectonic filling of the channel at the base of sand sequence. After BAJOR (1958, from HAVLENA 1965). 1 – sand, 2 – clay, 3 – coal outcrops, 4 – coal in drillings.
22. The development of mineralized dikes during the diagenesis and shrinking of coal mass. After COBB (1986). K – kaolinite, S – sphalerite.
23. Gelinite clastic dikes in the Tertiary sands near Kalkar. After SCHRÖDER - TEICHMILLER (1958). 1 – medium grained sands up to gravel with quartzite banks, 2 – humic coarse-grained sand, 3 – coaly clay dragged along the fault, 4 – grey clay, 5 – gelinite dikes.
24. Gelinite clastic dikes from the Espenhain open pit. After BELLMANN - SEIFERT (1978). 1 – Quaternary, 2 – Upper Oligocene, 3 – Middle Oligocene sands, 4 – shelly sands, 5 – shelly silts.
25. The injection of coal into the underlying beds at the Pramelreit mine near Lunz. After PETRASCHECK (1922). HSch – overlying beds, K – coal, LLt – underlying clays, LSch – Lunz beds.
26. Clastic dikes in the Brandov anthracite basin in the Krušné hory Mts (Erzgebirge). After PURKYNĚ (1930).
27. The scheme illustrating the origin of clastic dikes in the Plzeň Basin. After PEŠEK (1978). A – coal and peat are covered by the sediments, B – overlying beds and coal seam suffer underwater erosion, C – overlying beds are completely eroded whereas in the coal seam only local wash-outs appear; the margins of coal seam collapse and are heavily fissured, D – younger sedimentary material penetrates into the fissures.
28. Clastic dike filled by a claystone in the brown coal seam. Open pit mine Most. After HURNÍK (1990). 1 – claystones, 2 – coal seam, 3 – coaly claystone interlayer.
29. Subaerial parts of the so-called Břlina Delta (North Bohemian brown coal basin) were cracked and filled by sand. Thus typical sandstone dikes developed. Open pit Břlina Mines.
30. Discordant contact between the coal seam and underlying sandy-clayey sequence. Along the contact cracks formed during

the sliding and were subsequently filled by coal material. Open pit Ležáky near Most.

31. The pyroclastic material filling from above the fissure in the bank of the dinas quartzites (silcrete) in the Skršín quarry near Most. After HURNÍK - VÁNĚ (1961). 1 – scree, 2 – quartzite blocks, 3 – sands with relict gravel made of quartzites, 4–8 – multicoloured tuffs and tuffitic clays.

32. Wide wedge-shaped dike in the lower and middle seams in the open pit Vršany near Most. 1 – Quaternary loess and gravel, 2 – Miocene clays, 3 – coaly clays up to coal, 4 – coal, 5 – sand.

Explanations of plates

Pl. I

1. Anthropogenic impact on the formation of clastic dikes. Overlying beds collapsing into the mined out chambers and the quicksand inrush. Former subsurface mine Masaryk, later exhumed by open pit Jirásek near former Břežánky settlement. *Photo by author, 1984.*

2. Brecciated coal seam after quicksand injection. Detail of the photo 1.

Pl. II

1, 2. Pseudotectonic structures caused by the mining off of the coal seam and subsequent squeeze of the overlying claystones down into chambers. Former mine M. J. Hus, the goafs of which were exhumed by open pit Kopisty near Most.

3. The deformation of coal pillars during the squeeze. Vertical and horizontal offsets cause bizarre pseudotectonic structures.

4. Deformed part of the coal pillar with the clay filling of fissures. *Photos by author, 1998.*

Pl. III

1. The goafs of former mine Františka near Ledvice, later exhumed by open pit Jirásek. Filled chambers and intact pillars are visible. *Photo by M. Prokš, 1986.*

2. Horizontal sand dike associated with oblique swarms of dikes penetrate main seam. The provenance of sands is 200 m distant giant synsedimentary deformation. Open pit Most. *Photo by author, 1984.*

3. Ripped coal seam located in the area of large-scale synsedimentary deformation. The coal seam was filled from above by overlying claystones. Typical example of the 6th type of clastic dikes after HURNÍK (1990). Open pit Most. *Photo by author, 1984.*

Pl. IV

1. Sand clastic dike in the coal seam. Jirásek Mine. *Photo by M. Prokš, 1970.*

2. The invasion of overlying clays into the coal seam in the large synsedimentary deformation field. The example of the 5th type of clastic dikes after HURNÍK (1990). *Photo by M. Prokš, 1984.*

3. Overlying clayey material filling the coal seam influenced by synsedimentary deformation. The example of the 4th type of clastic dikes after HURNÍK (1990). Bílina Mines. *Photo by M. Prokš, 1984.*