

OSTRAVSKÁ UNIVERZITA

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA



CVIČENÍ Z GEOLOGIE

František ŘEHOR

Ostrava 1999

OSTRAVSKÁ UNIVERZITA

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

CVIČENÍ Z GEOLOGIE

František ŘEHOR

Ostrava 1999

Recenzoval: Doc. Ing. Arnošt Grmela, CSc.

Institut geologického inženýrství HgF VŠB-TU, Ostrava

© Doc. RNDr. František Řehor, CSc.

ISBN 80-7042-777-9

OBSAH

ÚVOD	3
GEOLOGICKÉ STRUKTURY	4
Vrstva a souvrství	4
Tělesa magmatických hornin	7
Tělesa metamorfovaných hornin	12
Tektonické poruchy	13
Poruchy spojité	13
Poruchy nespojité	17
Tektonický styl pohoří	21
Hlubinné zlomy	22
GEOLOGICKÉ PRÁCE V TERÉNU	25
Terénní vybavení geologa	25
Práce s geologickým kompasem	26
Dokumentace geologických odkryvů	32
Dokumentační bod	33
Geografická pozice výchozu	33
Povaha výchozu	33
Příslušnost k většímu geologickému celku	34
Geologický popis výchozu	35
Popis odkryvu usazených hornin	35
Popis odkryvu vyvřelých hornin	37
Popis odkryvu přeměněných hornin	38
Makropetrografický popis hornin	39
Tektonika	43
Hydrogeologické a ložiskové poznámky	47
Obrazová dokumentace	48
Hmotná dokumentace	51
PRÁCE S GEOLOGICKOU MAPOU	51
GEOLOGICKÝ ŘEZ	58
GEOLOGICKÝ BLOKDIAGRAM	61
ÚKOLY DO CVIČENÍ Z GEOLOGIE	62
PRACOVNÍ SEŠIT	67
LITERATURA	

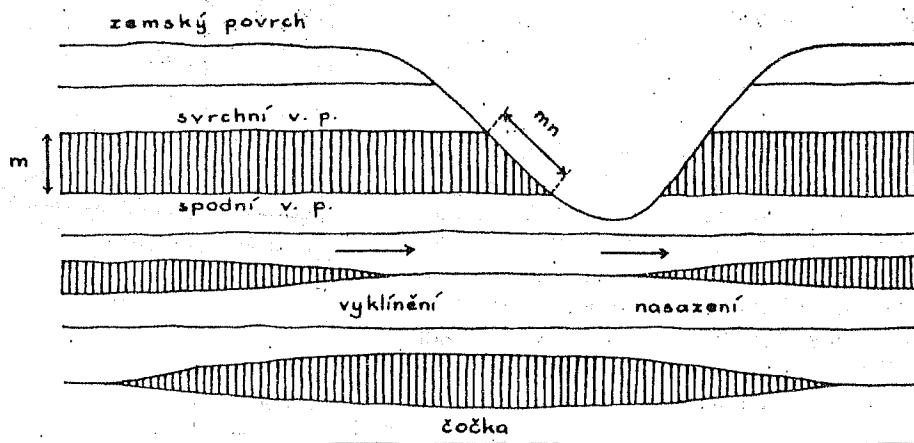
GEOLOGICKÉ STRUKTURY

Strukturní geologie je disciplínou obecné geologie, která se zabývá **geologickými tělesy** (geologickými strukturami), které jsou tvořeny horninami zemské kůry. Zabývá se popisem úložných tvarů těchto těles, jejich tříděním, klasifikací, genezí i praktickým využitím při objasňování stavby zemské kůry, v hornictví, v inženýrství. Podle způsobu vzniku rozlišujeme geologické struktury **původní** (primární), které vznikly současně se vznikem horniny (např. vrstva, útes, žíla apod.) a struktury **druhotné** (sekundární), které vznikly porušením nebo rozrušením primárních struktur (např. vrása, zlom aj.), působením geologických sil.

Vrstva a souvrství

Základní stavební jednotkou sedimentárních hornin je **vrstva**. Vzniká nepřerušným ukládáním jednoho petrografického typu horniny v určitém sedimentačním prostředí (vodním, na souši). Druh usazenin je podmíněn i druhem horniny ve snosné oblasti. Tou je oblast větrání a rozrušování výchozích hornin. Vodou nebo větrem je horninová drť (detrit) odnášena - transportována do sedimentační pánve, kde je ukládána. Je-li oblast snosu vzdálena, dostávají se do pánve jen jemnozrné a zpravidla dobře vytříděné sedimenty. Při vynoření okrajů pánve dojde k jejich rozrušování - délka transportu se zkrátí a do pánve jsou přinášeny i hrubé úlomky. Stejný případ změny typu sedimentu nastane při zvýšení unášecí síly toku, např. po silném dešti. Na vrstvě původně jemných sedimentů se začne usazovat vrstva hrubšího materiálu. Vznik vrstvy je tedy podmíněn jak změnou tektonického režimu (zesílení neklidu vede ke zvětšení členitosti povrchu), tak změnou klimatických podmínek. Zvláštním případem je nános prachu silnou vichřicí (obvykle centimetrové vrstvičky jemného sedimentu), nebo spád sopečného popela po výbuchu sopky i ve vzdáleném okolí. Ukončení tvorby vrstvy nastane i vynořením dna pánve. Při dlouhodobém přerušení sedimentace vznikne stratigrafický hiát (mezera v sedimentaci). Po vytvoření jedné vrstvy se obvykle usazují další - vzniká souvrství jako soubor několika desítek či stovek vrstev.

Vrstvy, které mají tvar deskovitého tělesa, jsou vzájemně omezeny **vrstevními plochami** - naspodu spodní a nahoře horní vrstevní plochou. Vrstevní plochy bývají vlivem nestejnoměrného zpevňování sedimentů zdůrazněny velmi tenkou mezerou - tzv. **vrstevní spárou**. Původní mocnost nezpevněného sedimentu se pod váhou dalších ukládaných vrstev zmenšuje. Hornina se diageneticky zpevňuje, nejčastěji ztrátou pórovitosti. Dnešní mocnost vrstvy tedy neodpovídá původní mocnosti naneseného sedimentu. Např. bylo zjištěno, že pro vznik metr mocné vrstvy černého uhlí (vrstva uhlí nebo jiné nerudné suroviny se označuje sloj) se muselo navrstvit cca 10 m původní rostlinné hmoty.



Obr. 1. Změny mocnosti vrstev: v. p. - vrstevní plocha, m - pravá mocnost, mn - nepravá mocnost

Mocnost vrstvy je vzdálenost mezi spodní a svrchní vrstevní plochou (obr. 1). Nejkratší, kolmá spojnice mezi vrstevními plochami je pravá mocnost. Jiná než kolmá spojnice vrstevních ploch je nepravá mocnost. Při zjišťování mocnosti musíme vždy uvádět pravou mocnost. Pokud nemůžeme

pravou mocnost zjistit přímým měřením, musíme ji zjistit výpočtem z velikosti sklonu vrstev, sklonu svahu a nepravé mocnosti (viz str. 33; úkol č. 5a 10).

Mocnost vrstvy není stálá (obr.1) - postupné ztenčování vrstvy až na nulovou hodnotu se nazývá **vyklínění vrstvy**. Opačný jev - postupné narůstání stálé mocnosti z nulové hodnoty se označuje **nasazování vrstev**. Jestliže se vrstva rozdělí ve dvě - dojde k **rozštěpení vrstvy**. Výrazné zvětšení mocnosti vrstvy se označuje **nadužením**. Jestliže vrstva na krátkou vzdálenost do všech stran vykličňuje, vznikne **čočka**. Ke změnám mocnosti vrstev může dojít i druhotně, až po jejich uložení. Vyklinění nebo ztenčení může nastat výmolem, jestliže se říční tok, protékající pánví, zařídne korytem do podloží. Ke změnám mocnosti dochází i po vynoření vrstvy v pánvi, kdy nastává denudace a odnos zvětřalého sedimentu.

Vrstvy nad svrchní vrstevní plochou se označují **nadloží**. Přitom spodní vrstevní plocha nadloží tvoří **strop**. Vrstvy pod spodní vrstevní plochou tvoří **podloží**. Svrchní vrstevní plocha podloží je **podčvou**.

Sediment jednoho petrografického typu může tvořit jednu vrstvu nebo několik vrstev s různou mocností (souvrství). Např. vápence tvoří několik vrstev lišících se jen různou barvou nebo hustotou vrstevních spár. Hornina je pak **vrstevnatá**. Některé i stametrové komplexy hornin jsou nevstevnaté (masivní). Podle mocnosti rozlišujeme vrstevnatost **lavicovitou** (mocnost přes 0,75 m) a to tlustě nebo tence lavicovitou (do 0,5 m), **deskovitou** (1-25 cm) nebo **laminovanou** (do 1 cm).

Zatímco vrstevnatost představuje vnější stavební znak vrstvy, užíváme pro vnitřní stavbu vrstev označení **zvrstvení** (obr.2). Zvrstvení představuje vnitřní uspořádání stavebních součástí vrstvy jako výsledek působení podmínek prostředí při sedimentaci vrstvy.

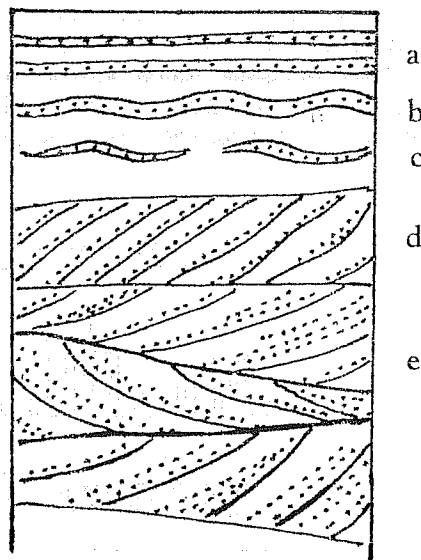
Vrstvy usazované v klidném prostředí mají obvykle zvrstvení **horizontální**. Sedimenty pohybovaného prostředí (proudění) se vyznačují zvrstvením **zvlňeným**. Říční a větrné sedimenty jsou typické **šikmým** a **křížovým** zvrstvením (křížové zvrstvení je výsledkem častých změn směru toku např. v deltách nebo sedimentaci v dunách). Některé vrstvy mají zvrstvení **čočkovité**, u některých je **nezřetelné**. **Gradační** zvrstvení je výsledkem rychlé sedimentace nerovnoměrně vytrříděného materiálu, např. z kalných proudů (tento typ se vyznačuje uspořádáním materiálu ve vrstvě podle velikosti a hmotnosti součástí). **Nezřetelné** zvrstvení zpravidla vzniká v hlubších částech pánve (viz také str.35 a obr.33).

Povrch vrstevních ploch nebývá obvykle rovný. Vrstevní plochy bývají často pokryty nerovnostmi, které se obecně označují **hieroglyfy**. Tyto nerovnosti jsou výsledkem dynamiky sedimentačního prostředí na dně sedimentační pánve. Vznikly buď působením mechanických sil - tzv. **mechanoglyfy**, nebo působením organismů - tzv. **bioglyfy**.

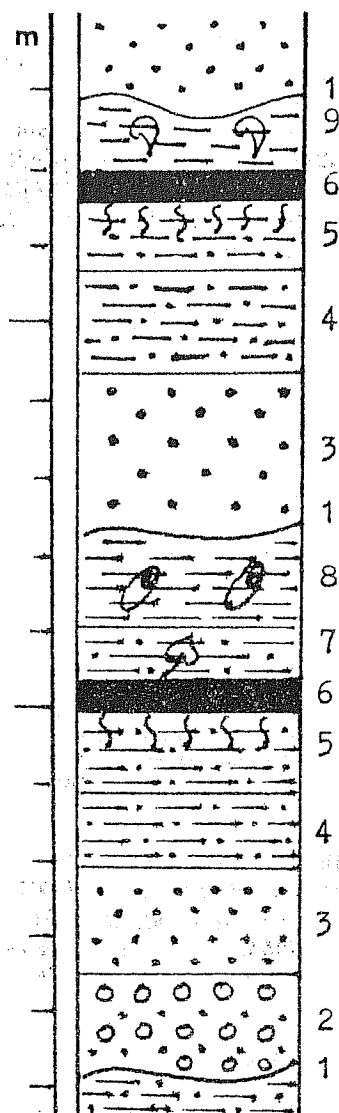
Mezi nejčastější **mechanoglyfy** náleží bahenní praskliny (obr.32b a 39), které vznikly vyschnutím dočasně vynořeného dna, vodní nebo větrné čeřiny (obr.32a a 38), vznikající ve vlnicím se nebo proudícím prostředí, erozní a proudové rýhy a stružky (obr.37), stopy po vlečení předmětů po dně, hnutí bahna (obr.32f) apod. Jako **bioglyfy** jsou označovány stopy po lezení, hrabání, vrtání organismů, prožírání sedimentu, nory, šlépěje a fosilní zbytky na vrstevních plochách (obr.32d,e).

Většina hieroglyfů má svůj význam pro posouzení pozice vrstev - zda jsou v normální nebo překocené poloze (viz str. 43). Lineárně uspořádané hieroglyfy (např. hřbety čeřin, usměrnění protáhlých schránek organismů) umožňují na základě jejich studia a proměření usoudit např. na orientaci linie pobřeží, převládající směry proudění aj.

Zvrstvení a hieroglyfy, kromě dalších litologických, ale také paleontologických, geochemických aj. znaků umožňují posoudit prostředí, ve kterém vrstva vznikla. Geologický termín pro soubor podmínek, spolupůsobících při vzniku vrstvy je **facie** neboli ráz sedimentu. Rozbor vrstev z hlediska prostředí jejich vzniku je **faciální analýza**. Facie můžeme klasifikovat z různých hledisek. Nejčastěji je to hledisko **petrografické** (facie vápencová, písčitá) nebo **paleontologické** (facie graptolitová, korálová).



Obr. 2. Zvrstvení: a - horizontální, b - zvlňené, c - zvlňené přerušované, d - šikmé, e - křížové.



Můžeme hovořit o faciích diastrofických (flyšová facie) nebo klimatických (humidní, aridní). Všechna tato hlediska mají však společný základ v geografickém vymezení sedimentárního prostředí. Pak vymezujeme tři základní skupiny facií s větším počtem podskupin: kontinentální facie (terestrické, eolické, vulkanické, glaciální, jezerní, řeky, říční nivy aj.), přechodné facie (delt, lagun, zálivů, přímořských jezer, kos, barů aj.), mořské facie (litorálu, příboje, neritika, biohermy, biostromy, batialu aj.).

Usazením souboru vrstev nad sebou vzniká **souvrství**. Tímto termínem je označován zpravidla soubor vrstev stejného charakteru. Přitom stejný charakter vrstev nemusí být vyjádřen jen jednotným petrografickým charakterem vrstev (např. souvrství vápenců, drob, břidlic aj.). Souvrství se může vyznačovat i pravidelným a zákonitým střídáním dvou nebo více petrograficky odlišných typů vrstev, které může být vyvoláno pohyby zemské kůry (tektonicky) nebo i klimatickými změnami.

Obr.3. Cyklická sedimentace (na obr. jsou zachyceny dvě cyklotémy). 1 - erozní báze cyklu, 2 - říční slepenec, 3 - říční pískovec, 4 - prachovec aluvia, 5 - kořenový prachovec (rašeliniště), 6 - uhelná sloj (rašeliniště), 7 - prachovec delty, 8 - jezerní jílovec se sladkovodní faunou, 9 - mořský jílovec.

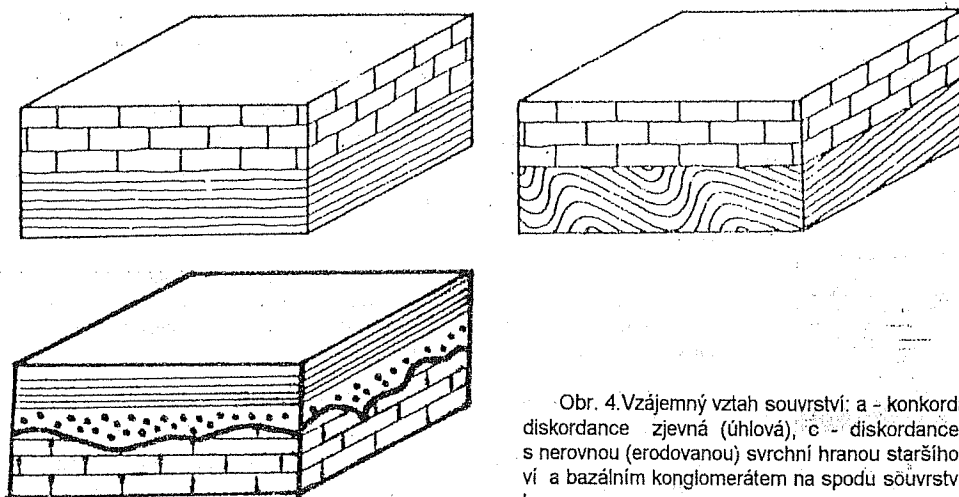
Rytmičká sedimentace se vyznačuje opakováním dvou- i tříčlenných rytmtů. Přitom každý člen rytmu se liší petrografickou povahou (mnohonásobně se např. opakují dvojice vrstev břidlice a pískovce). Sedimentární série rytmičsky vrstvené se označují **flyš** (např. flyšové pásmo vnějších Karpat). Pro karbonický flyš je užíván název **kulm** (např. kulm Nízkého Jeseníku). Jedná se většinou o mnohonásobné střídání vrstev drobových pískovců příp. drob a prachových nebo jílovitých břidlic. Flyš se tvořil v mořském prostředí. Tento typ sedimentace je významný pro usazování za tektonického neklidu a oscilace dna v tektonicky aktivních pánvích a přemísťováním usazenin kalnými (turbiditními) proudy. Převládají-li v souvrství hrubozrnné členy (slepence, pískovce, droby) hovoříme o hrubém flyši. Převládají-li jílovité a prachové sedimenty, jde o jemný flyš.

Rytmičká sedimentace může být vyvolána i klimatickými a sezónními změnami. Dvojice v rytmu se pak často liší barevně (světlý sediment zimního období a tmavá vrstva letního období). Takové dvouvrstvy, usazené např. v pleistocénních ledovcových jezerech, nesou název **varvy**.

Cyklická sedimentace (obr.3) se vyznačuje mnohonásobným opakováním sedimentačních cyklů, tj. souborů několika pravidelně po sobě následujících vrstev. Cyklické opakování vrstev je vyvoláno postupnou změnou sedimentačního prostředí a tím i povahou jemu odpovídajících vrstev. Změny jsou důsledkem pozvolného poklesu dna sedimentační pánve a následujícím rychlým výzdvihem území, kterým začíná další pozvolný pokles a tvorba následujícího cyklu. Ve vývoji platformy (viz dále) je cyklická sedimentace typická pro tzv. molasu (vnější pánev). Cyklotéma (název uhlonosného cyklu) je schematicky tvořena (viz obr.3) bazálním pískovcem, který často eroduje podložní cyklus a který odpovídá říční facii, dále prachovcem, odpovídající facii říční nivy, kořenovým prachovcem a uhelnou slojí, které představují facii rašeliniště a nato následuje prachovec s úlomky flóry, odpovídající facii delty a nejvýše jílovec se sladkovodní, někdy i mořskou faunou jako sediment jezerní nebo mořský, po kterém následoval zdvih a obdobný vývoj další cyklotémy. Cykly nižšího řádu zpravidla vytvářejí cyklickou stavbu vyššího řádu - mezocykly a megacykly. Souvrství s cyklickou stavbou obsahují často mořské i kontinentální usazeniny.

U souvrství, která po sobě bezprostředně následují, hodnotíme jejich vzájemný vztah - poměr, který je dán existencí **stratigrafického hiátu** mezi oběma souvrstvími. Tam kde stratigrafický hiát chybí, hovoříme o **konkordantním vztahu**. Hranice mezi oběma souvrstvími může pak být nápadná - jestliže došlo k nápadné změně v sedimentaci (např. souvrství jílovců je vystřídáno souvrstvím vápenců - obr.4a). Pozvolná hranice je dána plynulým přechodem, tj. postupným ubýváním (vyklíňováním) vrstev spodního souvrství a nasazováním vrstev svrchního souvrství (prstovitý přechod vrstev).

Byla-li mezi souvrstvími na dlouhou dobu přerušena sedimentace (vznik stratigrafického hiátu), hovoříme o **diskordanci**. V období hiátu došlo obvykle k erozi a zvětvávání staršího souvrství. Stratigrafický hiát mohl být vyplněn horotvornými pochody, provázenými vrásněním případně i přeměnou staršího souvrství. Vztah mezi oběma souvrstvími je v tomto případě nápadný a projevuje se především v nestejném uložení vrstev obou souvrství - vrstvy mezi sebou svírají určitý úhel (obr.4). Jedná se proto o **diskordanci zjevnou (úhlovou)**. V případě, že vrstvy obou souvrství mají shodné uložení (v období hiátu nebylo starší souvrství vrásněno - obr.4), hovoříme o **diskordanci skryté (paralelní)**.



Obr. 4. Vzájemný vztah souvrství: a - konkordance, b - diskordance zjevná (úhlová), c - diskordance skrytá s nerovnou (erodovanou) svrchní hranou staršího souvrství a bazálním konglomerátem na spodě souvrství mladšího.

Při diskordanci pozorujeme na rozhraní obou souvrství důležité známky přerušení sedimentace, které nám diskordanci pomáhají odhalit - naspodu mladší jednotky je obvykle vytvořen bazální slepenec nebo brekie s úlomky a valouny hornin ze staršího souvrství. Na povrchu starší jednotky pozorujeme nerovný erozní reliéf, produkty zvětvávání, fosilní půdy, korozi a zkrasování vápenců, zvětralinové kůry apod.

Tělesa magmatických hornin

U magmatických hornin rozlišujeme tělesa **intruzivní**, tj. tělesa, která utuhla v zemské kůře a **efuzivní** (utuhla na zemském povrchu). U intruzivních těles odlišujeme tělesa, která utuhla ve velkých hloubkách - **hlubinná (abysální)** a **podpovrchová (hypabysální)**, která utuhla nehluboko pod povrchem a v trhlinách kůry. V závislosti na pozici v zemské kůře, mají tělesa magmatických hornin odlišný tvar.

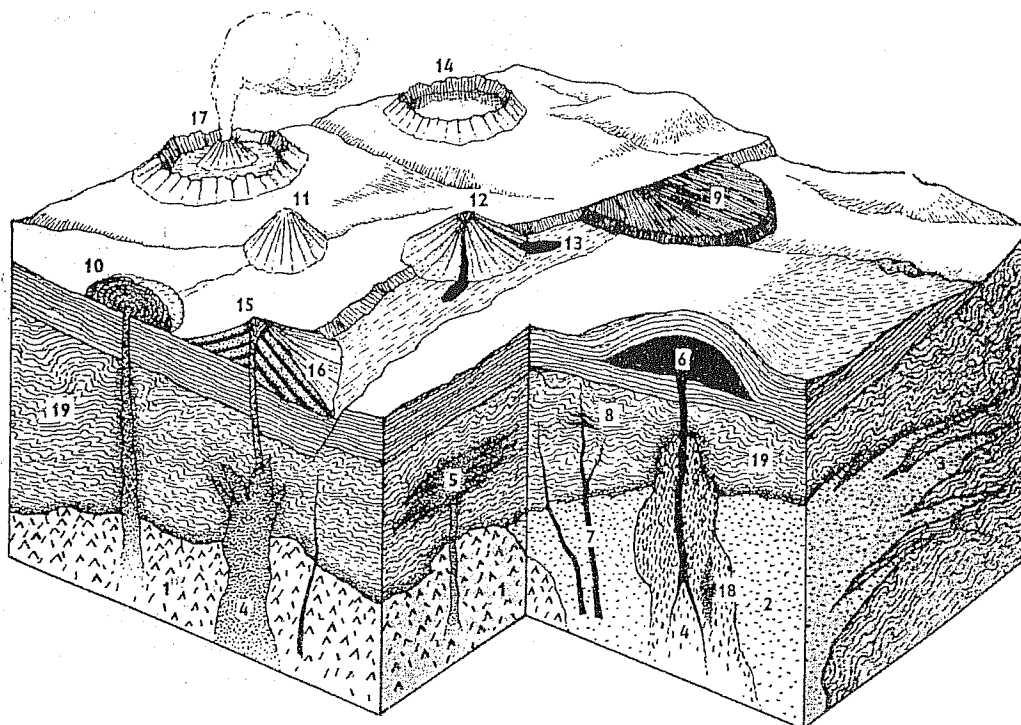
Hlubinná (abysální) tělesa

Horniny utuhlé hluboko pod povrchem tvoří většinou tělesa nepravidelného tvaru, která se nazývají **plutony** (často přetrvává negenetické označení **masiv** - tento termín má především regionálně geologické uplatnění). Rozšiřuje-li se těleso do hloubky, mluvíme o **batolitu**. Jestliže pluton směrem k povrchu mění úklon ze strmé polohy do subhorizontální, označuje se **jazykový pluton**. Z plutonu mohou vystupovat menší kuželovitá tělesa, zvaná apofýzy. Těleso zužující se nálevkovitě do hloubky nazýváme **etmolit**.

Při výstupu plutonů hraje významnou roli pohyblivost magmatu, která je dána chemickým složením (kyselé horniny jsou méně pohyblivé než bazické), jeho teplotou, množstvím plynů a pár a otevřením přístupové cesty. Ve velkých hloubkách zemské kůry, kde je vysoký tlak a teplota proto klesá, je pohyb velmi pomalý. Jakmile se magma dostane do pásma menšího tlaku, výstup se urychlí. Cestou výstupu jsou tedy tlakově méně exponované partie jako antiklinály nebo hlubinné zlomy. Magma při své cestě kůrou natavuje okolní horniny a těleso narůstá.

Typické plutony vytvářejí granitoidy. Bazické horniny (gabra) tvoří rozměrem menší tělesa, rozmístěná na hlubinných zlomech. Poklesem tlaku ve svrchních částech zemské kůry se zvyšuje teplota bazického magmatu a tím i jeho pohyblivost. Proto snadno proniká kůrou a využívá vrstevních spár a dalších mezer, např. puklin, k rozlévání uvnitř kůry. Ultrabazické horniny tvoří malá tělesa

nebo pásovitá tělesa vázaná rovněž na zlomy. Protože jsou hustotně těžší než okolní zemská kůra, soudí se, že je k jejich výstupu třeba tektonický tlak, který je vytlačuje k povrchu.



Obr.5. 1 - batolit, 2 - jazykový pluton, 3 - apofýzy, 4 - pně, 5 - lakolit cedrového typu, 6 - lakolit, 7 - pravé žíly, 8 - ložní žíly, 9 - lávový příkrov, 10 - vytačená kupa, 11 - homole, 12 - sopečný kužel s kráterem, 13 - lávový proud, 14 - kaldera vyplněná jezerem, 15 - kráter se sopouchem, 16 - stratovulkán, 17 - kaldera se sopečným kuželem, 18 - smouha (šlára), 19 - kontaktně přeměněné horniny na styku s magmatickými tělesy.

Žulové plutony jsou hustotně lehčí než horniny, jimiž žula prostupuje. Při jejich výstupu tedy účinkují vztlačkové síly a lehčí horniny se snaží dostat blíže k povrchu. Jev se označuje jako diapirismus. Výzkumy posledních let a geofyzikální práce nasvědčují, že diapirismus je častým způsobem výstupu plutonů.

V Českém masivu i v Karpatech je velké množství plutonů. Jako jazykový pluton byl označen středočeský pluton, jako etmolit je označován třebíčský pluton. Nejrozsáhlejším plutonem Českého masivu je molданubický pluton, nejrozsáhlejším plutonem Evropy je lužický pluton.

Podpovrchová (hypabysální) tělesa

Z hornin utuhlých pod povrchem a v trhlinách jsou nejrozšířenější tělesa deskovitého tvaru, která obvykle vyplňují trhliny v zemské kůře - jsou to žíly. Prostupuje-li magma trhlinou orientovanou napříč nebo kolmo k vrstvám, tj. diskordantně, vzniká žila pravá (obr.5). Otevře-li se vrstevní spára a vnikne do ní magma, vznikne žila ložní - konkordantní (obr.5). Ložní žila nemusí mít horizontální pozici, ale může mít úklon okolních vrstev. Ten je předintruzivní nebo pointruzivní (ložní žíly jsou zvrásněny s okolními horninami). Příkladem takových žil jsou některé těšínitové intruze ve spodní křídě Beskyd. Žíly mohou být vyplněny horninami obdobnými hornině hlubinné (porfýry, porfýrity), nebo odlišnými, tzv. odštěpnými horninami (světlé aplity a pegmatity, tmavé lamprofýry), případně užitkovými aj. nerosty (rudní, křemenné, kalcitové aj. žíly).

U žil posuzujeme jejich mocnost (kolmá vzdálenost mezi plochami žíly). Mocnost žil je často nestálá - žíly naduřují, ztenčují, příp. se zcela vytrácejí. Dochází k rozštěpení žil - vzniku odžilek (žilky, odštěpené od hlavní žíly) a žilníků (soustava tenkých žil, které se vzájemně sbíhají a rozštěpují).

Žíly magmatických hornin (pegmatitů, aplitů, lamprofýrů, křemenných žil) prostupují často žulovými plutony. Podle polohy puklin v chladnoucím a tlakově odlehčeném tělese vznikají žíly strmé a ploché.

K žilným tělesům řadíme i přírodní cesty magmatu, které se vylilo na zemský povrch. Přírodní cestou může být trhlina a pak podpovrchovým tělesem je žíla. Jestliže magma prorazí zemskou kůru válcovitým tělesem, např. na křížení dvou trhlín - vzniká **sopouch** či sopečný komín. Válcovitý kanál, prorazený explozí plynů, je obvykle vyplněn útržky magmatických hornin (vulkanická brekie) a nazývá se **diatréma**. Pokud výplň sopouchu tvoří zvláštní typ ultrabazické horniny, zv. kimberlit, která bývá nositelem diamantů, hovoří se o kimberlitových trubkách.

K hypabysálními tělesům jsou rovněž řazeny **lakolity** (obr.5), které tvoří bočníkovité elevace, vklíněné mezi vrstevní komplexy. Lakolity mají často bohatý žilný doprovod. Extrémním případem je lakolit **cedrového typu**, který v profilu připomíná rozvětvenou korunu cedru. Mohutné ložní žíly naduřující uprostřed, resp. u přírodního kanálu, jsou nazývány **fakolity** (obr. 7d). Fakolity vzniknou i tam, kde magma vyplnilo vrstevní spáry v sedlech vrás. Podpovrchová tělesa bývají často na zemském povrchu obnažena a vypreparována a tvoří tak významné povrchové dominanty. Obnažené čedičové žíly jsou známy ze severních Čech (Čertova zeď, Vrkoč). Významně se morfologicky uplatňují vypreparované sopouchy (Dáblova věž ve Wyomingu v USA). Rovněž lakolity bývají na povrchu obnažovány a jako odolnější vůči větrání tvoří na povrchu vypouklé tvary. K českým lakolitům se např. počítá Mariánská hora v Ústí n.L. a Milešovka.

Výlevná (efuzivní) tělesa

Tělesa magmatických hornin, která utuhla na zemském povrchu, jsou tvarově rozmanitější než intruzivní tělesa. Povrchové magmatické jevy se souhrnně označují **vulkanismus**. Můžeme proto hovořit i o vulkanických tělesech. Výlev se označuje **efuze** nebo **extruze**, hovoříme tedy i o **efuzivních** nebo **extruzivních** tělesech.

Při vzniku výlevných těles se uplatňuje chemismus vystupujícího magmatu na povrch - **lávy**, obsah plynů a charakter prostředí, do něhož se láva vylévá (vzduch, voda). Lávy bazické jsou silně tekuté a vytváří plochá výlevná tělesa. Kyselé lávy jsou viskózní a tvoří tělesa kupovitá. Obsah plynů v lávě podmiňuje její explozivnost. Při explozích se láva rozstříkuje za vzniku sopečných úlomků (nesouvislé sopečné vyvrženiny - **pyroklastika**).

Láva, pyroklastika a sopečné plyny jsou hlavními produkty vulkanické, resp. sopečné činnosti. Nejběžnějším povrchovým tvarem sopečné činnosti je **sopka** (vulkán), charakteristická sopečným **kuzelem**, v jehož středu je sopečný **kráter** (jícen), do kterého vyúsťuje **sopouch** (obr.6). Sopky se na zemském povrchu vyskytují jednotlivě (centrální sopky) nebo v liniích, na tektonických poruchách (lineární nebo čárové sopky). Sopky se zpravidla rozdělují podle povahy činnosti a tedy i podle charakteru sopečných produktů, kterými jsou tvořeny, na sopky **explozivní**, **efuzivní** a **smíšené**. Zvláštní skupinu pak tvoří sopky **složené**.

Explozivní sopky vznikají explozí plynů a rozstříknutím láv. Pyroklastika se na vzduchu ukládají v podobě sopečného kužele a sopky se označují **nasypané sopečné kužele**. Rozsáhlým nasypaným sopečným kuzelem je např. japonská Fudžijama. Usazeniny pyroklastik na vzduchu se nazývají **sopečné tufy** případně **tefra** a mají u uvedeného typu sopek **periklinální** uložení (jsou vrstvené po obvodu kužele se sklonem po jeho svahu). Pyroklastika ukládaná ve vodě tvoří **tufity** a **tufitické horniny** a mají subhorizontálně vrstevnaté uložení. Tyto horniny mají často značné regionální rozšíření, příp. se vyskytují ve značné vzdálenosti od svého vzniku (transport popelů větrnými proudy v atmosféře). Sopečné uložení se klasifikují obdobně jako sedimentární úlomkovité horniny, tj. podle velikosti součástí. Největší úlomky jsou v sopečných agregátech (bloky, balvany, pumy) v lapillových a struskových tufech, jemnější vytváří písečné a prachové tufy, nejjemnější pak sopečný popel. Druh sedimentovaných pyroklastik závisí do značné míry na druhu exploze.

K explozivním sopkám jsou rovněž řazeny nálevkovité deprese, které byly vytvořeny explozí plynů a par. Někdy bývají lemovány nízkým valem utržených hornin nebo pyroklastik. Jejich pojmenování je různé - diatremy, maary, výbuchová hrdla, sopečná embrya. Typicky jsou maary vyvinuty v pohorí Eifel v Porýní, kde jsou často vyplněny vodou (maarová jezera).

Lávové (efuzivní) sopky vznikly volnými výlevy tekutých nebo vytlačením tuhých láv. Centrální sopky tohoto typu se označují **sopky štítové**. Vyznačují se rozsáhlými kužely s velmi mírnými (1^0 - 10^0) svahy, velkým kotlovitým kráterem s jezerem roztavené lávy. Tyto sopky dosahují výšek několik km a proto mají jejich základny obrovské rozměry. Významně jsou tyto sopky vyvinuty v Tichém oceánu. Tvoří zde podmořské sopky nebo vystupují nad hladinu (někdy do nadmořských výšek přes 4 km) v podobě sopečných ostrovů a souostroví. Jsou např. typické pro Havajské souostroví, podle jehož názvu jsou tyto sopky označovány jako **sopky havajského typu**. Spolu s podmořskými sopkami se vyskytují i tzv. **goyoty** - podmořské sopky s horizontálně seříznutými vrcholy, které původně vystu-

povaly nad hladinu, kdy byly jejich vrcholové části erodovány. Sopečný základ má i většina tichomořských korálových ostrovů a atolů.

Tekuté lávy se na zemském povrchu rozlévají a tvoří tabulové sopky (z centrálních efuzí) nebo rozsáhlé lávové příkrovy, které vznikaly efuzí lávy na trhlinách nebo i protavením zemského povrchu. Platobazalty nebo trappy jsou i několik set tisíc až milionů km² rozsáhlé výlevy čedičových láv o mocnostech až několika km. V ČR jsou známy menší lávové příkrovy melafyrů z podkrkonošského permu. Obrovské příkrovy platobazaltů jsou např. v oblasti Dekkan v Indii, na Sibiři, v s. Atlantiku (thulská formace), v oblasti Paraná v Jižní Americe, v Kolumbijském plató v USA aj.

Lávy utuhlé na vzduchu mají většinou nepravidelně rozpukavý, balvanitý tvar - balvanité lávy, příp. tvar silných zkroucených lan - provazové lávy. Lávy vylité na mořském dně mají bochníkovitou a kulovitou stavbu a označují se polštářové či pillow lávy. Fosilní lávy utuhlé pod vodní hladinou (subaquetické výlevy) jsou většinou pohřbeny pod nadložními usazeninami. V obnaženém sledu hornin (na geol. odkryvech, ve vrtných profilech) mají efuzivní lávové příkrovy obdobnou pozici jako intruzivní ložní žíly. Efuzivní horniny poznáme podle polštářových textur, podle přítomnosti dutin, pórů a mandlí, podle přítomnosti tufitů v okolí těles nebo v jejich nadloží. Mají obvykle sklovitý nebo polosklovitý sloh a vyvolávají kontaktní přeměnu pouze na svém podloží. Intruzivní tělesa vyvolávají kontaktní přeměnu na svém podloží i v nadloží, nemají typické struktury výlevných hornin (póry, mandle, polštáře) a chybí v jejich okolí tufity. S tělesy tohoto typu, tvořenými paleobazalty (diabasy), se setkáváme v proterozoiku západních Čech, v ordoviku a siluru středních Čech (Barrandienu), v devonu na Moravě (Drahanská vrchovina, Nízký Jeseník), ve spodní křídě Podbeskydských pahorkatin (těšínitová formace) aj.

Tekuté lávy po svahu stékají různou, zpravidla mírnou rychlostí (mohou dosahovat rychlosti až 60 km za hod.) a po utužení vytvářejí lávové proudy. Větší rychlosti dosahuje láva v korytech, kanálech či dutinách, které vznikly z již dříve utuhlé lávy. V těchto prostorách se po vyhasnutí sopečné činnosti tvoří lávové jeskyně.

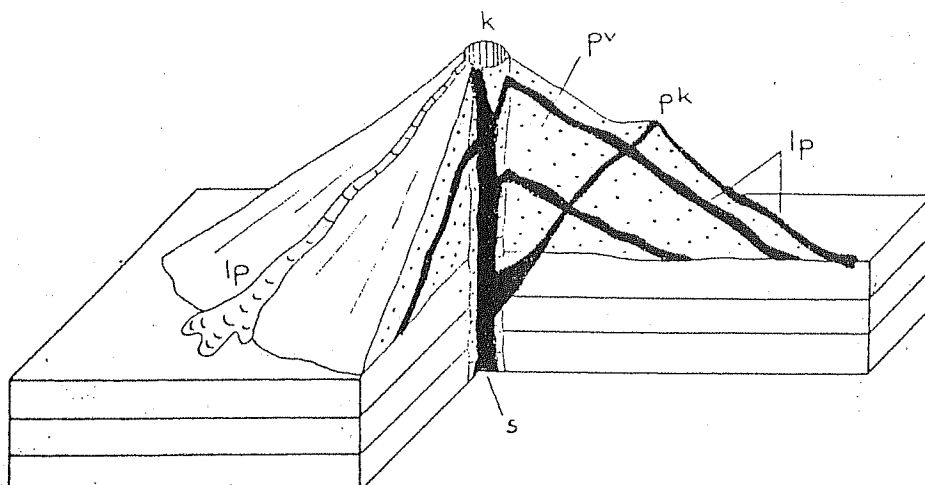
Viskózní lávy jsou z centrálního sopouchu vytlačovány v podobě vytlačovaných kup. U lineárních efuzí na trhlinách vznikají lávové valy, stěny a hřbety, u masových efuzí lávové valy a kopce. Typickými lávovými hřbety jsou tzv. středooceánské vulkanické hřbety, které se tvoří na dně oceánů symetricky kolem středového příkopu (riftu).

Sopky smíšené (stratovulkány) mají sopečný kužel tvořený pyroklastikou i lávami jako důsledek střídající se efuzivní a explozivní činnosti sopky. Tento typ centrálních sopek se vyskytuje nejčastěji. Často vzniká stratovulkán složený. Kromě centrálního kráteru se na svazích kuželu tvoří boční lávové proudy, vystupující z bočních (parazitických) kráterů. U složených sopek bývá také vyvinuta kaldera nebo její zbytky. Kaldera připomíná rozsáhlý kotlovitý kráter (v průměru i několik km) s příkrými obvodovými stěnami. Kaldera bývá vyplněna lávou (u vyhaslých sopek jezerem). Vznik kaldery je vysvětlován mohutnou explozí vulkánu, při které je sopečný kužel rozmetán, takže z něho zůstane pouze základna nebo její část. Někdy je vznik kaldery vysvětlován protavením a zborcením původního kužele. Často se uvnitř kaldery při následující vulkanické činnosti vytvoří nový sopečný kužel, který je lemován kalderou nebo jejím zbytkem - vznikne tu dvojvulkán. Příkladem je Vesuv u Neapoli. Původní mohutná sopka Monte Somma byla v r. 79 rozmetána a uvnitř zbytku kaldery vyrostl nový sopečný kužel zv. Vesuv. Zbytek kaldery tvoří kolem Vesuvu polokruhový oblouk.

Příkladem jednoduchých stratovulkánů z našich neovulkanických oblastí je Komorní Hůrka u Chebu, Malý a Velký Roudný a Uhlířský vrch z Nízkého Jeseníku. Rozsáhlé a složené stratovulkány představují Doupovské hory a na Slovensku např. Polana s původní nadmořskou výškou až 5 000 m.

Odlučnost magmatických hornin

Chladnutím magmatu i lávy a snižováním napětí v horninách vlivem výstupu magmatu nebo intruzivního tělesa k povrchu - do tlakově odlehčených pásem, vytváří se v tělesech plochy menší soudržnosti, příp. trhliny a pukliny. Zvláště u granitických hornin se vytváří jednak párový systém na sebe kolmých ploch menší soudržnosti, které jsou orientovány kolmo k povrchu tělesa a kolmo k zemskému povrchu (pukliny **S** - souhlasné s protažením tělesa a pukliny **Q** - příčné), jednak plochy menší soudržnosti, které jsou téměř vodorovné, paralelní s povrchem tělesa (plochy **L**). Systém těchto na sebe kolmých ploch způsobuje blokovou nebo kvádrovou odlučnost žul, granodioritů, příp. jiných hornin (obr.7). Nejmenší soudržnost tělesa je podle **Q** ploch a trhliny, které v tomto směru vznikají, bývají vyplněny žilami pegmatitů. Podél **S** puklin jsou obvykle protaženy minerály a uzavřeniny v magmatu (smouhy, šlíry). Kvádrová odlučnost se výrazně projevuje při větrání žul a granodioritů jejich blokovým rozpadem. Kvádrové odlučnosti se využívá při lomové těžbě monolitů a jejich dalším rozpojování.



Obr.6 Řez stratovulkánem: lp - lávový proud, k - kráter, pk - parazitický kráter, s - sopouch, pv - pyroklastika.

Sloupcovitá odlučnost se tvoří v žilných tělesech, kde vznikají chladnutím pukliny, orientované kolmo k povrchu (k plochám) žil. Sloupce žil mívají vějířovité uspořádání. Tento typ odlučnosti je charakteristický především pro čedičové horniny. Vzácně se vyskytuje i u hornin kyselých.

V lakolitech se vytvářejí pukliny obdobné jako u žulových těles. Početné ložní (L) pukliny podmiňují vznik deskovité odlučnosti. Tento typ odlučnosti je významný pro fonolity (znělice), ale můžeme jej pozorovat i u jiných hornin podpovrchového i výlevného charakteru (např. u andezitů).

Centrická stavba (textura) některých hornin podmiňuje i jejich kulovitou odlučnost, projevující se především při jejich zvětřování. Polštářová odlučnost je výsledkem zvětřování bazických podmorských láv. Jestliže se hornina rozpadá na drobné kuličky, hovoříme o kuličkovité, bobové nebo perlitické odlučnosti. Kuličkovitá a bobová odlučnost je významná pro bazaltické horniny, s perlitickou odlučností se setkáváme u některých sopečných skel (perlity).

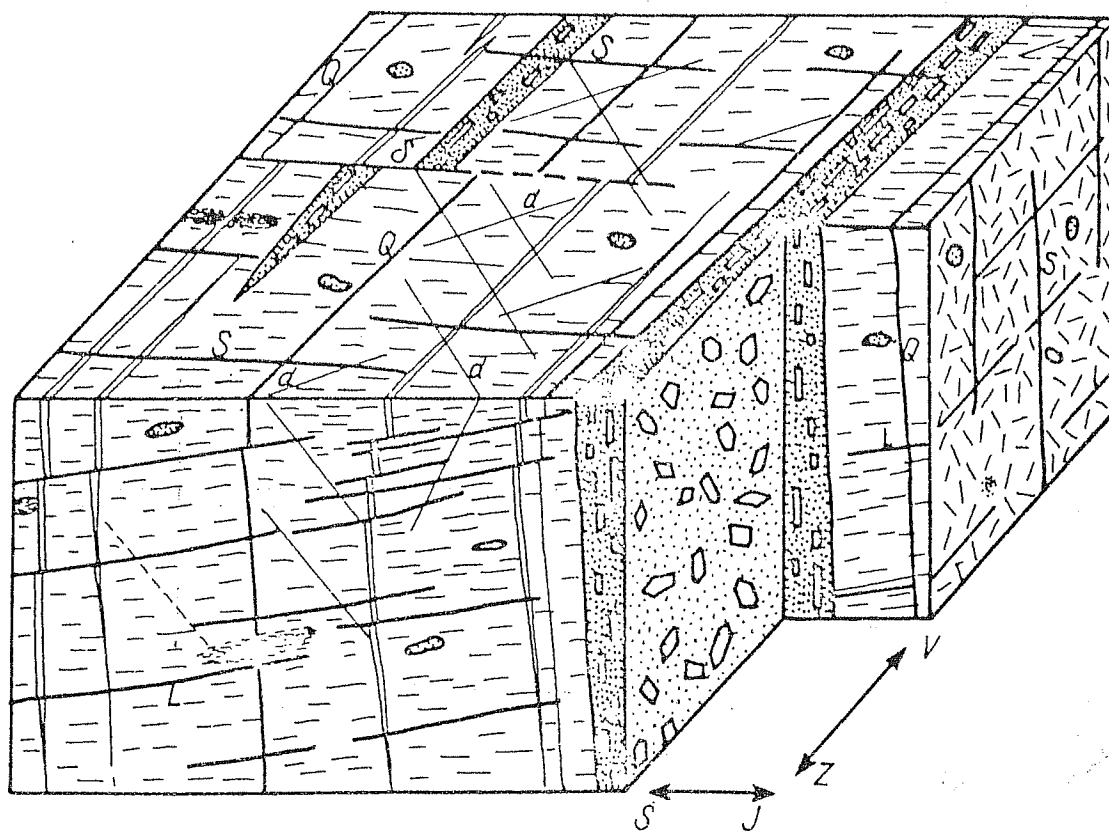
Typy odlučnosti se vzájemně kombinují. Velmi často je např. sloupcovitá odlučnost doprovázena odlučností deskovitou - výsledkem je příčný rozpad sloupců. Tělesa po sobě následujících výlevných hornin mají naopak často odlišnou odlučnost hornin, což umožňuje identifikovat jednotlivá tělesa (např. nad sebou ležící lávové proudy). U bazaltů má často spodní lávový proud odlučnost sloupcovitou a svrchní proud bobovou.

Tělesa metamorfovaných hornin

Tělesa metamorfovaných hornin mají stavbu sedimentů, pokud jde o přeměněné sedimenty, nebo magmatických hornin, pokud jsou přeměněny tyto horniny. Původní pukliny sedimentů se při metamorfóze ztrácejí a hornina vlivem tlakového a teplotního působení získává novou vnitřní stavbu. Minerály se orientují kolmo na působící tlak. Ve vrásách jsou nerosty orientovány shodně s osou vrás (lineace nerostů). Při přeměně se tvoří tzv. metamorfní břidličnatost (kliváž), která je podmíněna orientací nerostů a jejich rozdílnými vlastnostmi.

Při vysoké přeměně dochází k plastickému stavu hornin a tečení pohyblivých složek. Nejpohyblivější bývají vodou nasycené světlé složky oxidů Si, K a Na - světlé proužky v migmatitech. Protože v hloubkách, odpovídajících metamorfóze, je velký tlak, nemohou vznikat velké vrásy přímé. V omezeném prostoru se tvoří jen malé, většinou ležaté a složitě zaklíčené vrásy, které se označují ptygmatické.

Granitizací se tvoří polohy lehčích hmot, které nadzvedávají nadloží do kleneb. Hlubinné klenby jsou běžnou strukturou metamorfních sérií. Zlomky se vytvářejí v mělkých zónách metamorfních sérií po skončení metamorfních podmínek, kdy vznikají pevné horniny, které reagují křehce na napětí. Hlubinné zlomy v místech natavení mizí a začelují se. Dochází-li k posunu bloků, udržuje se zlom i ve velké hloubce a to proto, že vůči nárazovým pohybům se chová plastická hornina jako hmota křehká.



Obr.7. Blokdiagram hlubinného granitického plutonu s kvádrou odlišností. S - podélné, Q - příčné, L - ložní plochy, d - střížné pukliny

TEKTONICKÉ PORUCHY

Druhotné (sekundární) geologické struktury, označované jako tektonické poruchy, se tvoří po vzniku primárních struktur a to jejich porušováním a přetvářením. Tyto poruchy patří do zájmu tektoniky - nauky o poruchách zemské kůry v nejširším slova smyslu. Dříve tektonika jevy spíše jen popisovala, dnes se je snaží vysvětlovat a hledat příčiny tektonického porušení. Přitom hledá cesty mechanismu tektonických pochodů na základě fyzikálních vlastností hornin a fyzikálních zákonů. Vysvětlení tektonických poruch na základě pohybů hluboko v Zemi podává geodynamika.

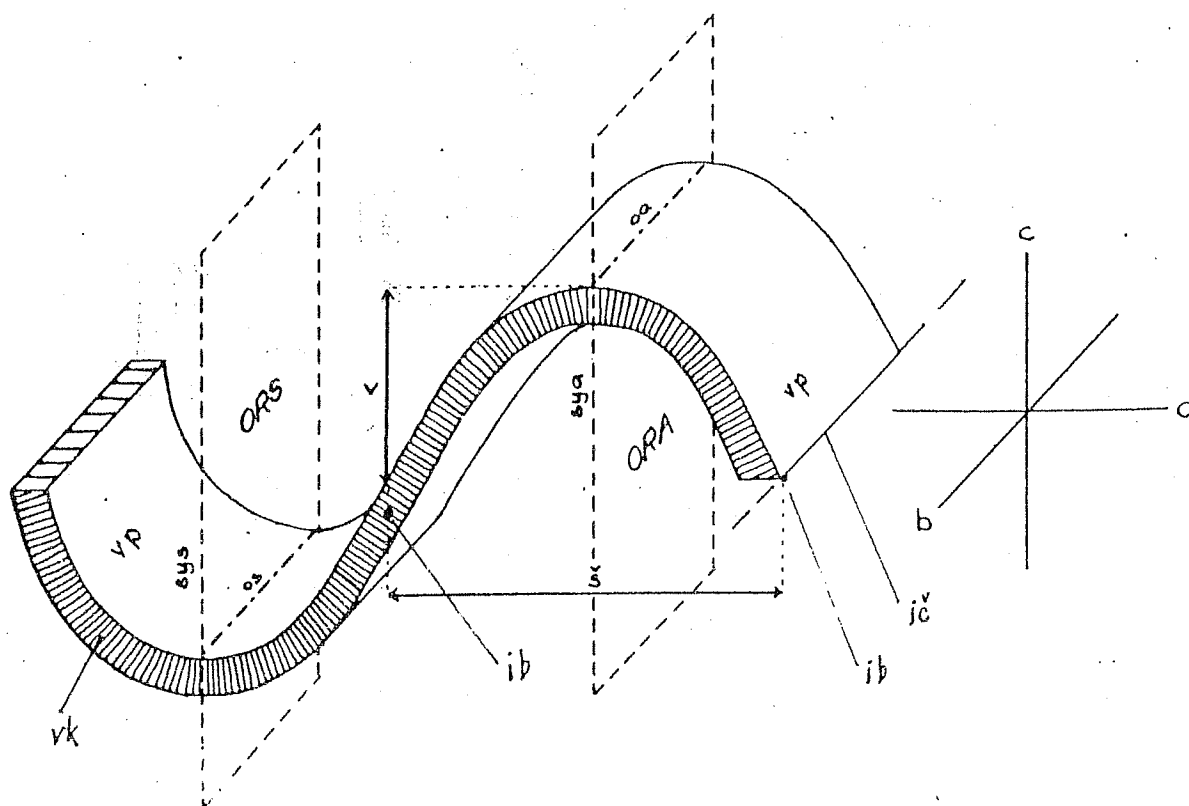
Rozlišujeme tektonické poruchy spojité, bezlomové či vrásové a poruchy nespojité, disjunktivní, se zlomem.

Poruchy spojité

Nejjednodušším příkladem spojitě poruchy vodorovně uložené desky (vrstvy) je její ohyb - koleno-vité ohnutí, vyvolané stlačením ve směru zemské tíže (radiálním tlakem). Přechází-li tlakem skloněná deska opět do vodorovné polohy, vznikne dvojohyb čili flexura. Flexury často přecházejí směrně nebo do nadloží do zlomu. Je to výsledek rozdílných mechanických vlastností hornin nebo nerovnoměrné rychlosti pohybů v prostoru.

Při vychýlení vrstvy (desky) z horizontální polohy zjišťujeme její prostorovou orientaci pomocí tří strukturních znaků: směru vrstvy (plochy či foliace), směru sklonu vrstvy a velikosti sklonu vrstvy. Oba směry zjišťujeme geologickým kompasem a jsou vyjádřeny úhlem (azimutem), který svírá směrnik daného směru se SJ poledníkem. Směrníkem směru vrstvy je průsečnice vodorovné roviny s nakloněnou plochou vrstvy. Směrníkem směru sklonu vrstvy je přímka, která probíhá v horizontální rovině ve směru úklonu vrstvy a která je na směr vrstevní plochy kolmá. Velikost sklonu vrstvy je úhel, který svírá nakloněná plocha vrstvy s horizontální rovinou a měříme ji sklonoměrem. Strukturní jevy, které probíhají ve směru vrstev se označují směrně (např. směrná délka, tj. vzdálenost ve směru

ru vrstev), příp. podélné. Ty jevy, které jsou kolmé na směr vrstev označujeme jako příčné. Směry, které svírají se směrem vrstev jiný úhel jsou šikmé, diagonální.



Obr.8. Vrása a její prvky: a, b, c - osy tektonického kříže, os - osa synklinály, ORS - osní rovina synklinály, bys - symetrála synklinály, oa - osa antiklinály, ORA - osní rovina antiklinály, sya - symetrála antiklinály, š - šířka antiklinály, v - výška antiklinály, vp - vrásavá plocha, vk - vrásavá křivka (čelo vrásky), ib - inflexní bod, ic - inflexní čára.

Bočním tlakem na vrstvu dochází k jejímu sinusovitému zvlnění a ke vzniku vrásky (obr.8). Vyklenutá část vrásky se nazývá antiklinála (sedlo) a prohnutá část tvoří synklinálu (koryto). Vrása je omezena rameny vrásky, přitom ta část vrásky, která spojuje antiklinálu se synklinálou je středním ramenem a obě boční ramena vrásky se nazývají křídla vrásky (příp. antiklinály nebo synklinály). Nejvyšším bodem v antiklinále je vrchol antiklinály a přímka, která tvoří spojnici vrcholů v antiklinále je osa antiklinály. Obdobně nejnižším místem v synklinále je spodina a spojnicí spodin je osa synklinály. Osy vrásky jsou kolmé na působení tlaku, kterým byla vrstva zvrásněna a pokud mají horizontální průběh, jsou paralelní se směrem vrstev. Pro jednotnou orientaci vrásky při popisu a měření byl zvolen trojosý souřadnicový systém, ve kterém osa **b** (předozadní) je totožná s osou vrásky, osa **a** (pravolevá) probíhá ve směru tlaku, kterým vrása vznikla a osa **c** je vertikálou.

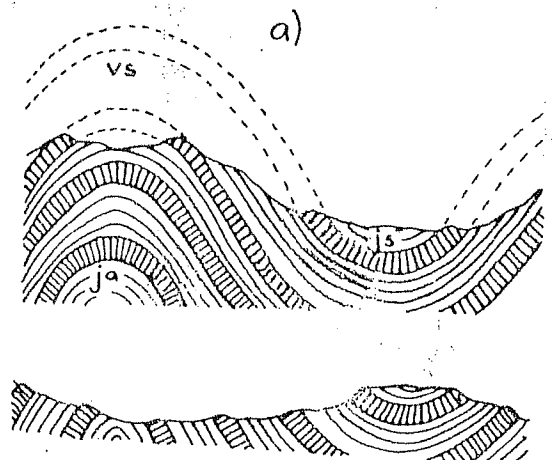
Roviny proložené vrásovými osami jsou osními rovinami antiklinály a synklinály. Při pohledu zepředu se rovina vrásky jeví jako přímka, pro kterou se užívá, ne zcela vhodně, název symetrála - ta pak rozděluje vrásovou křivku (křivku čela vrásky) ve dvě části. Vrstvy, které vystupují v souvrství uvnitř křivky antiklinály jsou starší a tvoří jádro antiklinály. Vrstvy nad křivkou synklinály jsou mladší a tvoří jádro synklinály. Je-li vrása seříznuta erozí (obr.9), rekonstrukce průběhu vrásky se provádí podle stáří vrstev. Při hluboké erozi vrásových území může nastat inverze reliéfu, kdy v jádru antiklinály vzniká údolí a v jádru synklinály hřbet. Průběh vrásky nad terénem se rekonstruuje čárkovane (vzdušná sedla).

Jednotlivé druhy vrás rozlišujeme zpravidla podle utváření vrásových křivek, pozice osních rovin a charakteru jader vrás. Symetrické vrásky jsou na rozdíl od nesymetrických vrás rozděleny osní rovinou na dvě souměrné části. Svislé osní roviny mají vrásky přímé (obr.10a) - ty jsou zároveň souměrné. Nakloněním osních rovin vznikají vrásky šikmé a překoceně. U šikmých vrás (obr.10b) jsou křídla vrásky protiklonná, u překocených vrás je střední rameno překoceně (obr.10c). Téměř horizontální pozici

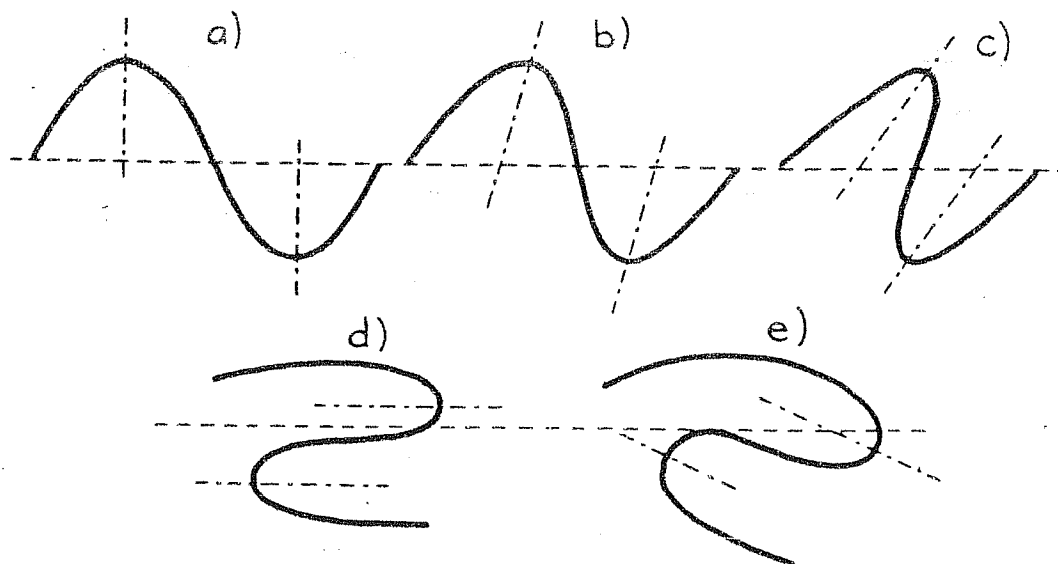
osních rovin mají vrásy ležaté (obr.10d). Zabořením antiklinál vznikají vrásy ponořené (obr.10e), u kterých v jádru antiklinály vzniká zdánlivá synklinála a v jádru synklinály zdánlivá antiklinála.

Rozestupující se ramena vrás mají vrásy otevřené. U vrás uzavřených se ramena vrásy sbíhají od vrcholu vrásy, takže dochází k zaškrcování vrásových jader. Nejlépe lze zaškrcování vrásových jader pozorovat u vějířovitých vrás. Zaškrcování jader vrásy nacházíme i u ponořených vrás (obr.10e) a u vrás izoklinálních (obr.10d), u kterých jsou ramena vrásy téměř paralelní s osní rovinou. Vrásy se zaoblenou křivkou se označují oblé vrásy. Ostré křivky antiklinál a synklinál mají vrásy klikaté. Příkladem oblých vrás jsou vrásy vějířovité, kufrovité (se zaobleně kvádrovitým tvarem antiklinál) a vrásy hříbovité (široké vějířovité antiklinály mají ve vrcholu druhotnou mělkou synklinálu).

Obecně se soudí, že růstem bočního tlaku se vrásy vyvíjejí z přímých a plochých (nizkých) vrás až do izoklinálních vrás. Současně dochází k naklánění osních rovin antiklinál ve směru působení tlaku - směr úklonu vrás se nazývá vergence vrás. Pro naklánění je třeba volný prostor. Proto k překocování dochází nejčastěji mělce pod povrchem nebo na povrchu. Při povrchu dochází i ke vzniku ležatých nebo ponořených vrás. Přímé nebo izoklinální vrásy jsou častější ve větších hloubkách, kde chybí potřebný prostor a proto se struktury stlačují.



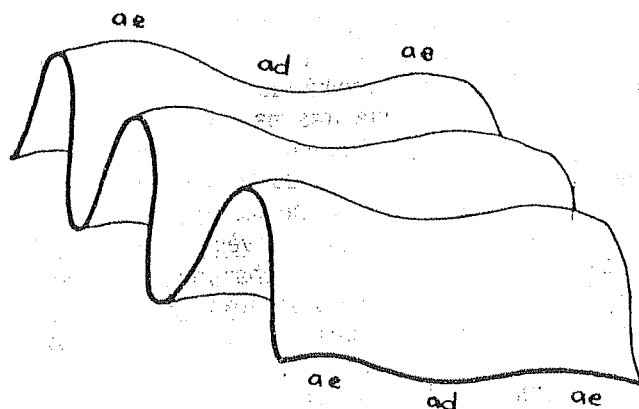
Obr.9. a) rekonstrukce erodované vrásy, vs - vzdušné sedlo, ja - jádro antiklinály, js - jádro synklinály b) inverze reliéfu.



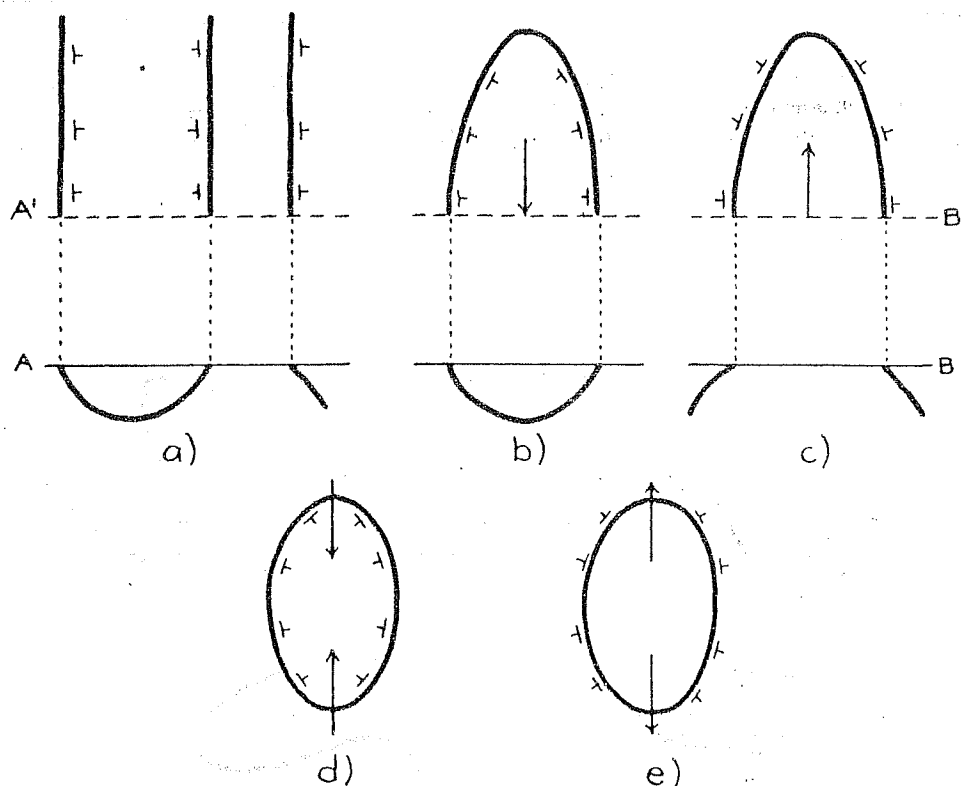
Obr.10. Druhy vrás: a - přímá, b - šikmá, c - překocená, d - ležatá, izoklinální, e - ponořená, uzavřená.

Pokud probíhají vrásové osy paralelně a v horizontální rovině, rozprostírají se obvykle vrásy na značnou vzdálenost. Takové vrásy se nazývají lineární (cylindrické). V důsledku zprohýbání vrásových os ve svislé (osní) rovině, vrásy postupně zanikají (zavírají se) nebo vznikají (otevírají se) za vzniku osních (axiálních) elevací a depresí (obr.11). Uzavíráním antiklinál vznikají brachyantiklinální závěry (obr.12c) a uzavíráním synklinál vznikají brachysynklinální závěry (obr.12b).

Dochází-li k uzavírání synklinály v obou směrech její délky v důsledku synklinálního vývoje osy synklinály, vzniká brachysynklinála (mísa, deprese). V jádru mísy vystupují mladší vrstvy, které se sklánějí do jejich středu (obr.12d). Dochází-li k uzavírání antiklinály v obou směrech její délky v důsledku vyklenování osy antiklinály, vzniká brachyantiklinála (klenba, kupole, dóm). V jádru klenby vystupují starší vrstvy, které zapadají od středu klenby k jejím okrajům (obr.12e). Brachyvrásy (tj. výše popsané struktury, které vznikají zvlněním vrásnových os) tvoří zpravidla vrásnové soustavy, rozšířené ve zvrásněných oblastech.



Obr.11. Vrásy s příčně zvrásněnými osami vrás tvoří osní elevace (ae) a osní deprese (ad).



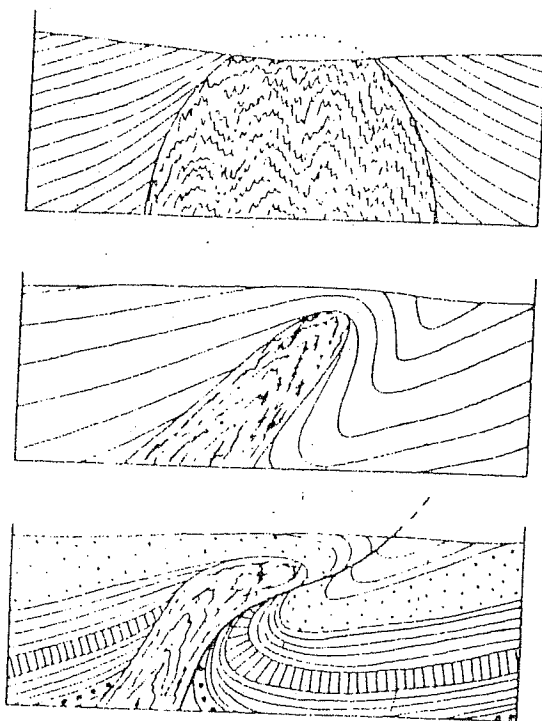
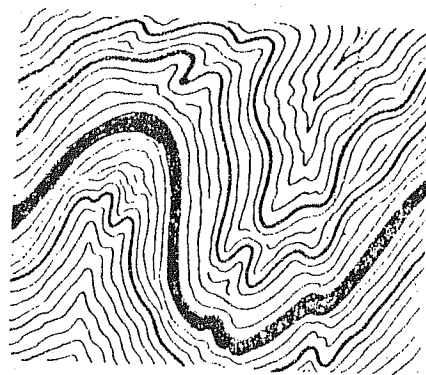
Obr.12. Vývoj vrás v závislosti na průběhu vrásnových os: a - lineární vrása (osy vrás přímé, paralelní), b - brachysynklinální závěr (osa synklinály stoupá k závěru), c - brachyantiklinální závěr (osa antiklinály klesá k okraji závěru), d - brachysynklinála (osa stoupá k okraji mísy), e - brachyantiklinála (osa klesá k okraji klenby). A-A' - řez podle linie A-B'.

Příkladem **vrásnových soustav** jsou antiklinoria a synklinoria. Při vzniku antiklinorií dochází k vyklenutí zvrásněné oblasti do vlny velkých rozměrů. U synklinorií tvoří zvrásněná oblast rozsáhlou synklinálu. Tyto velké struktury jsou základními stavebními jednotkami zvrásněných oblastí.

Při vrásnění jsou ohýbány vrstvy s různou pevností a plasticitou. Mocné lavice pískovců jsou špatně vrásnitelné a tvoří oblouky o malé výšce. Vrstvy tenké a břidlice střídající se s tence vrstvenatými pískovci jsou dobře vrásnitelné a tvoří mezi pevnými vrstvami malé zaklíčené vrásy. Tento jev se nazývá disharmonické vrásnění a je významné v souvrstvích s flyšovou sedimentací, kde se střídají lavice masivních pískovců s lehce vrásnitelnými polohami prachových a jílovitých břidlic (obr.13).

Zvláštním případem vrásových soustav jsou diapiry a diapirové vrásy. Byly poprvé popsány ze solinových souvrství (obr.14). Lože plastické soli jsou vytlačovány nejen bočním tlakem, ale hlavně hmotností nadložních vrstev s větší hustotou než má sůl. Místem vzniku antiklinály soli je trhlinka nebo zlom ve vrstvách. Vrchol vrásy roste do výše, zatímco ze synklinál odtéká sůl. Diapir v nadloží vyklenuje vrstvy a tvoří solné klenby. Kolem nich se tvoří deprese sedáním hornin nad odtékající solí. V místě menšího tlaku při povrchu dochází k horizontálnímu roztékání soli a vzniku přesmykových zlomů. Plastický sediment, který vytváří diapir, je intenzívně provrásněn. Diapirismus je širším jevem, založeným na přesunování lehčího a plastického materiálu a projevuje se i při vzniku magmatických těles (viz níže).

Obr.13. disharmonické vrásnění.



Obr.14. Různé typy diapirových vrás

Vrásy mají rozměry od několika milimetrů do několika desítek i set km. Nejmenší vrásy se označují drobné vrásy, největší jsou velevrásy (megavrásy). K velevrásám patří již zmíněná antiklinoria a synklinoria. Rozsáhlé ploché vrásy na pevninách se označují vrásy fundamentu nebo vrásy kůry. Náleží sem anteklízy (rozsáhlá vyklenutí kontinentů) a syneklízy (rozsáhlé deprese kontinentů). Jako homoklinály (příp. monoklinály) se označují rozsáhlé, jednotně nakloněné formace s velmi malými úklony. Úzké, protáhlé prohýby kontinentů, založené většinou na zlomech, jsou aulakogény. Geosynklinály (v současném geotektonickém pojetí je termín geosynklinála nahrazován termínem mobilní zóna) jsou rozsáhlé deprese zemské kůry s aktivním poklesem a sedimentací (subsidiací). Členěním geosynklinál vznikají geantiklinály, příp. kordillery.

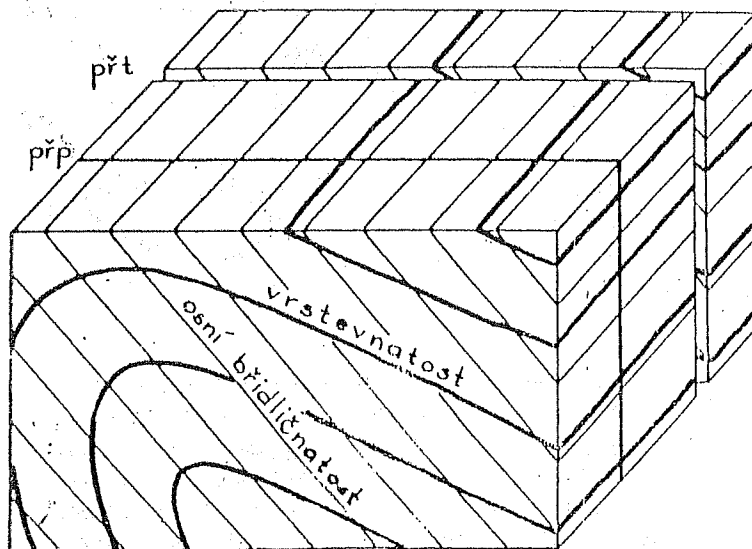
Poruchy nespojité

Mezi nespojité tektonické poruchy řadíme pukliny u kterých nedošlo k vzájemnému přemístění rozpojeného skalního masivu a zlomy, kde došlo k přemístění rozpojených hornin. Tektonické dislokace vznikají porušením pevnosti hornin, které může být vyvoláno dlouhotrvajícím tlakem, kdy horniny prodělaly již plastické tečení a jsou tlakově tak zpevněny, že získaly vlastnosti hornin křehkých. Rovněž k porušení pevnosti hornin dojde rychlým tlakovým působením, kdy hornina přejde z pružného stavu ve stav křehký.

Pukliny

Pukliny jsou sekundární plochy nespojitosti skalního masivu bez vzájemného pohybu jeho jednotlivých segmentů. Vznikají především v poli tlakového a smykového napětí. Stlačováním zpravidla vzniká osní břidličnatost (také osní kliváž), tj. rozpojitelnost hornin podle rovnoběžných ploch, probíhajících hustě vedle sebe. Směr ploch osní břidličnatosti je shodný se směrem vrásových os, resp. směrem vrstev (podélné pukliny).

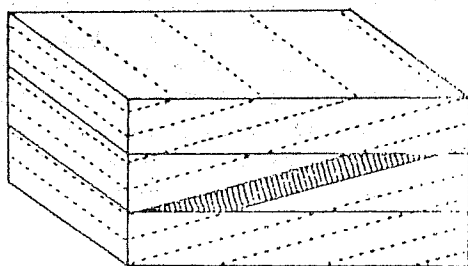
Sklon ploch osní kliváže může být vůči vrstevním plochám různý (obr.15,16). Krajním případem je kolmý sklon ploch břidličnatosti k plochám vrstev (obr.16b) a paralelní průběh břidličnatosti s vrstevnatostí.



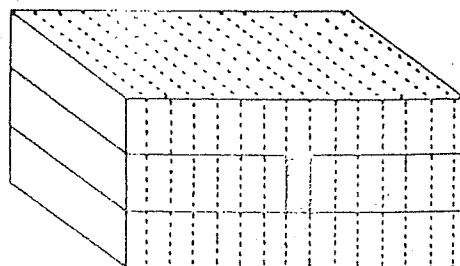
Obr.15. Antiklinála porušená příčnými puklinami (přp), příčnými trhlinami (přt) a systémem ploch osní břidličnatosti.

Osní břidličnatost většinou podmiňuje charakteristický rozpad horniny (střípkovitý, hranolovitý, roubíkovitý). Břidličnatost s vrstevnatostí paralelní vyvolává u „břidlic“ výbornou plošnou štípatelnost (břidlice pokrývačské).

Tahovým napětím vznikají rozvřené pukliny zvané trhliny. Jsou orientovány rovnoběžně i kolmo k tahu a vznikají tak příčné (obr.15) resp. podélné trhliny. Vrásněním vznikají trhliny ve vrásových ohybech při odtržení vrstev od sebe a mají podobu dutin srpovitého tvaru. Jsou většinou zaplněny intenzívně zvrásněnými plastickými horninami (disharmonické vrásnění). Tahové trhliny bývají vyplněny (vyhojeny) žilnými horninami nebo nerosty (žilami). Trhliny mají obvykle nerovný průběh a nerovné plochy.



a)



b)

Obr.16. Vzájemný poměr mezi vrstevnatostí a břidličnatostí (tečkovaně), a) břidličnatost je šikmá k vrstevnatosti, b) břidličnatost je kolmá na vrstevnatost

Většina puklin vzniká smykovým napětím. Smykové neboli střížné pukliny vznikají při stlačení nebo v tahu. Přitom jsou orientovány vůči ose největšího napětí (σ_1 na obr. 20) pod úhlem kolem $30^\circ - 45^\circ$. Ke směru vrstev mají kosý průběh (diagonální pukliny). Mohou být uzavřené nebo otevřené (trhliny), probíhají přímo a mají hladké plochy. U trhlín dochází k vyhojení (zaplnění).

Zlomy

Zlomy vznikají jednak pohybem ker po puklinách (kerné zlomy) jednak redukcí a vyvlečením ramene deformace (zlomy s vlekm).

Zlomy s vlekm jsou výsledkem nepřetržitého působení tlaku na rameno deformace, které se v místě největšího napětí prodlužuje, ztenčuje a nakonec při ztrátě plastických vlastností hornin přetrhne. U flexur tlakem kolmým na vrstevní plochu vzniká pokles s vlekm (obr.17a). Působí-li podélný tlak na vrásu, vzniká postupně z šikmé a překocené vrásy přerušením a vyvlečením středního ramene vrásový přesmyk. Přitom antiklinální část původní vrásy se přesune přes synklinálu (obr.17b).

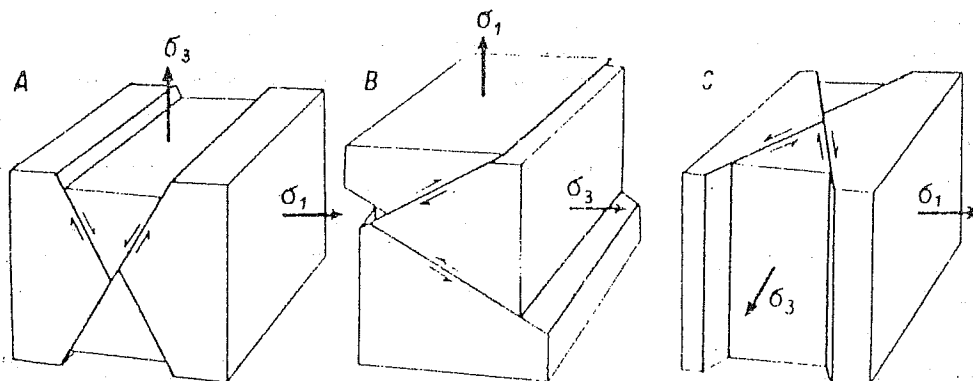
Kerné zlomy vznikají posunutím ker po zlomových plochách, na nichž došlo k přerušení souvislosti skalního masivu a vytvoření zlomové spáry. Zárodkem kerného zlomu je většinou puklina nebo trhlina. Rostoucím napětím vzniká stále větší množství puklin, které se postupně spojují a přitom roste jejich délka. Spojením puklin vzniká puklinové pásmo - pásmo oslabení vrstev. Pohybem masivu se vytvoří zlom, který opakujícími se pohyby dále roste do délky i do hloubky. Zlomová plocha je dále provázána pásmem podélných i příčných puklin, které lemují zlomovou plochu (zpeřující pukliny). Pukliny svírají se zlomovou plochou ostrý úhel, který naznačuje směr pohybu. Na zlomových plochách se nacházejí stopy po vzájemně posouvání kráč. Dochází k vyhlazení ploch

v tektonická zrcadla, případně k jejich rýhování. Rýhy směřují ve směru pohybu ker. Zlomové spáry bývají vyplněny rozdrčenými, rozhnětenými, vyvlečenými, příp. rozčočkovanými horninami, zv. mylonit. Tato tektonická drť může být druhotně stmelena v tektonickou brekci. U zlomů velkých rozměrů se tvoří mylonitizovaná pásma případně pásma tzv. melanže, která mohou dosahovat šířky několika km a délky několika desítek km. Tvoří se v místech zlomových systémů resp. pásem zlomů, kde probíhá několik zlomů vedle sebe.

Zlomová plocha může mít různou velikost úhlu sklonu. Podle velikosti sklonu zlomové plochy hovoříme o zlomech strmých (kolmých), kde je sklon větší než 80° , o zlomech se středním sklonem zlomové plochy a o zlomech s mírnými (plochými) sklony, tj. menšími než 30° . Průsečníci zlomových ploch s terénem je zlomová linie. Podle vztahu zlomové linie k hlavním strukturám oblasti (směrům vrstev), rozlišujeme obdobně jako u puklin, zlomy podélné s linií zlomu paralelní se směrem vrstev, zlomy příčné (zlomová linie je napříč směru vrstev) a zlomy diagonální (zlomová linie jde šikmo na směr vrstev).

Pohyb na zlomových plochách je většinou přímý - translační zlomy. Může však být rotující a to v ose ker nebo v kloubu (rohu) ker. U translačních zlomů se kry pohybují ve směru zlomové plochy nebo diagonálně. Pohyb na zlomu je většinou vzájemný (obě kry se pohybují současně). Pohyby ker nejsou rovnoměrné, velikost pohybu se mění podél zlomu, takže zlom může přecházet v deformaci a většinou není jednoduchá (obvykle jde o kombinaci pohybů).

Vzhledem k působení tlaku se rozlišují zlomy tahové (dochází k rozestupování ker), zlomy tlakové (tvoří se kolmo na působení tlaku) a zlomy střížné (plochy zlomů jsou šikmé k působení hlavního tlaku a tahu). Vznikají tak tři základní typy kerných zlomů - poklesy, přesmyky a horizontální posuny (obr.18).



Obr.18. Typy střížných zlomů: pokles (A), přesmyk (B), horizontální posun (C), σ_1 - tlak, σ_3 - tah

Při **kerném poklesu** se klesající (podložní) kra, na níž působí hlavní tlak, posunuje ve směru sklonu zlomové plochy, případně šikmo (šikmý pokles). Při poklesu dochází k rozestoupení výchozů na dislokační ploše a ke ztrátě části souvrství. U poklesů mj. zjišťujeme vzdálenost pokleslých ker (výška skoku) a délku rozestupu - přeryvu ker (obr.41B). U strmě ukloněných dislokačních ploch může být vertikální pohyb relativní - dochází k poklesu nebo ke zdvíhu kry.

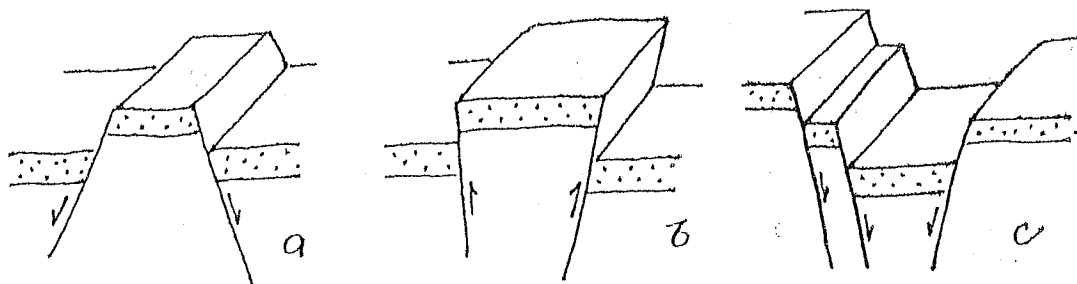
Kerné přesmyky vznikají bočním tlakem na kry, takže nadložní kra se pohybuje proti sklonu plochy zlomu přes kru podložní. Při šikmém pohybu vzniká šikmý přesmyk. Přesmyk způsobuje zdvojení výchozu na zlomové ploše. U přesmyku zjišťujeme mj. výšku zdvíhu a délku překrytí (obr.41A).

Horizontální posuny vznikají vzájemným horizontálním posunutím ker. Hlavní tah a tlak působí ve směru pohybu ker.

Soustavy zlomů

Seskupením kerných zlomů vznikají **soustavy zlomů**. Kry, stupňovitě pokleslé jedním směrem vytvářejí stupňovitý pokles. Soustava zlomů se střední krou v nejvyšší pozici a bočními krami stupňovitě pokleslými tvoří hrášt'. Pokud hrášt' vznikla poklesy, označuje se jako hrášt' xenomorfní

(obr.19a). Pokud vznikla přesmyky, jde o automorfní hrášť (obr.19b). Soustava stupňovitých poklesů se střední krou umístěnou nejnižší se jmenuje příkopová propadlina (obr.20c). Hrášť i příkopová propadlina mohou být jednoduché, jsou-li tvořeny třemi krami, nebo složené, tvoří-li je větší počet ker. Jednostranná příkopová propadlina je na jedné straně tvořena poklesy a na druhé straně vrásou strukturou.



Obr.19 - Xenomorfní (a), automorfní (b) hrášť, c) složená příkopová propadlina.

Přesmyky s velmi ploše ukloněnou zlomovou plochou se nazývají **násuny**. Nasunutí rozsáhlých rozměrů jsou **příkrovy**. Vzdálenost přesunutí příkrovů tvoří několik km až několik desítek km. Rovněž směrná délka i mocnosti příkrovů dosahují rozměrů tisíců metrů.

Příkrovová stavba byla objevena v mladých pásečných pohořích. Původně se učení o příkrovech masově rozmohlo a příkrovy byly hledány i tam, kde nemohly vzniknout. Později byla příkrovová teorie revidována a někteří geologové příkrovovou stavbu vůbec neuznávali.

Vznik **vrásového příkrovu** (obr.20) se vysvětluje přetržením středního vrásového ramene rozsáhlé ležaté megavrasy a přesunutím její antiklinální části přes synklinální část. Antiklinální část přitom tvoří vlastní, při sunutí intenzivně deformovaný, příkrov. Synklinální část tvoří podloží příkrovu zvané autochton. Přesunová plocha příkrovu je mírně ukloněná a slabě zvlněná. Místo odtržení příkrovu od synklinální části je kořen příkrovu. Svrchní část příkrovu se deformuje málo a nazývá se hřbet příkrovu. Největší deformace příkrovu jsou v jeho přední části zvané čelo. Intenzivně zvrásněné struktury v čele příkrovu se zovou digitace. Čelo příkrovu je přesunováno na předpolí, které může být budováno staršími (autochton) nebo i mladšími jednotkami (parautochton) než je vlastní příkrov. Odnosem části příkrovu při jeho denudaci zůstávají v čele příkrovu jeho ojedinělé zbytky, tzv. příkrovové trosky nebo kry, které volně plavou na autochtonu (parautochtonu). Obnažený autochton uvnitř souvislého příkrovu se nazývá tektonické okno. Potvrdilo se, že vrásové příkrovy jsou méně častými strukturami a že vznikají většinou jako dílčí struktury mnohem rozšířenějších **střížných příkrovů**. Ty vznikají oddělením desky zvrásněných či nezvrásněných sérií od svého podloží (autochtonu), která se sune do předpolí pohoří nebo do sousedních depresí. Ke vzniku příkrovu dochází na mírně nakloněné ploše vlivem velké hmotnosti horninových sérií, jejich odtržením od podloží. Přesunování usnadňují polohy jílovitých hornin na přesunové ploše a voda, která je vytlačována z horninových mas do čela příkrovu.

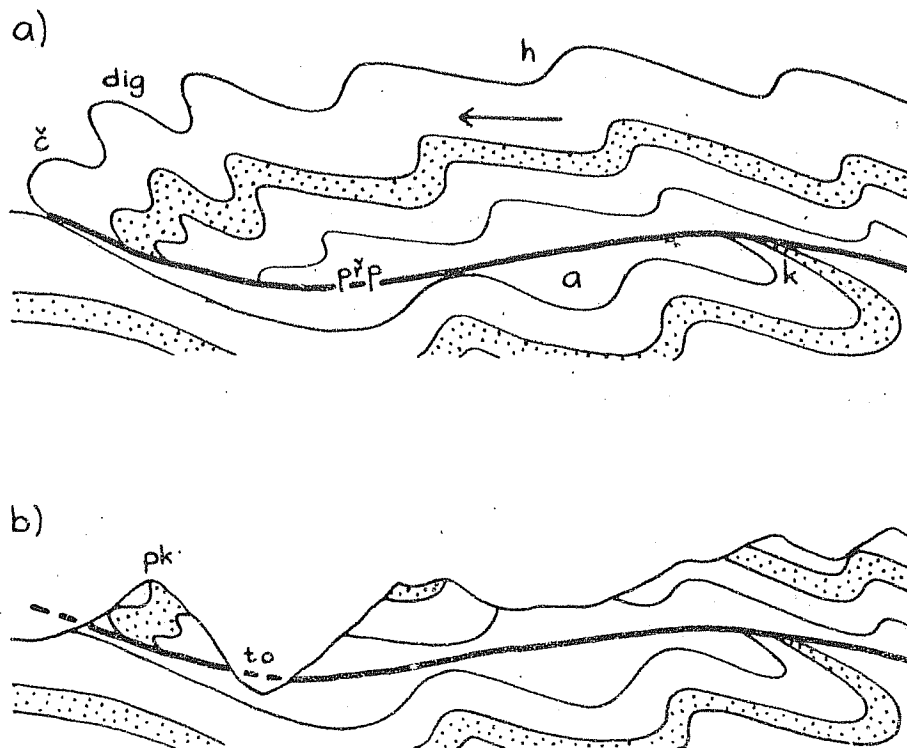
Příkrovové struktury byly zjištěny i v metamorfovaných horninách hlubinného původu. Jejich vznik se vysvětluje bočním stlačením a k jejich vzniku je třeba dostatečná plasticita horninových mas s různou hustotou a hmotností a tektonické rozčlenění takové série. Lehčí granitové a rulové série se diapiricky dostávají k povrchu a zde se roztékají do depresí, jež se vytvořily v místech, kde těžší horniny poklesly na místo vyprázdněné lehčími masami. Podmínkou vzniku těchto struktur je i zvýšený tepelný tok.

Příkrovy jsou popsány ze všech pásečných pohoří různého stáří (Alpy, Karpaty, Apeniny, Ural aj.). Příkrovy, sunoucí se po dnešním povrchu byly zjištěny v Himalájích (tzv. reliéfové příkrovy). Střížné příkrovy jsou dobře známy z flyšového pásma Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydských pahorkatin, kde byly mnohokrát prokázány vrtnými pracemi.

Synsedimentární vrásy a zlomy

Současně se sedimentací v pánvích, ležících na starém, zlomově již členěném podloží, dochází zatížením sedimenty k obnovení pohybů na zlomech. Některé kry klesají rychleji než jiné. Stabilní pásy nebo kry se označují prahy nebo valy. Mezi rovnoměrně klesajícími krami vznikají současně se sedimentací (synsedimentárně) flexury nebo zlomy. Klesající kra má větší mocnost usazenin než stabilní. Při klesání dna v pánvi (subsidence) se dostávají starší vrstvy do pásma stlačení a začnou se vrásnit. Synsedimentární vrásy buď aktivně narůstají, nebo jsou místy zpomaleného klesání. Tvoří se zde v mladších vrstvách mělké vrásy s omezenou sedimentací a menší mocností vrstev než

v synsedimentárních synklinálách. Na ponořených sedlech se vedle menší mocnosti tvoří i mělkovodní sedimenty (pískovce, vápence), zatímco v synklinálách jsou usazeniny hlubších vod (jílovité horniny). Sedla mohou být i místy dočasné denudace.



Obr.20. Vrásový příkrov před denudací (a) a po denudaci (b): č - čelo příkrovu, dig - digitace, h - hřbet příkrovu, přp - přesunová plocha, a - autochton, k - kořen příkrovu, pk - příkrovová kra, to - tektonické okno

Tektonický styl pohoří

Pohoří mají rozdílnou geologickou stavbu. Některá jsou silně zvrásněná, jiná jsou tvořena téměř vodorovnými vrstvami. Různý způsob deformací a celkový ráz geologické stavby pohoří se nazývá tektonický styl.

V pohoří je zachováno podloží, zvané základ (fundament), odpovídající původnímu podloží pánve. Nad ním jsou deformované vrstvy výplně pánve. Základ často vystupuje v hrástích nebo antiklinoriích k povrchu. Obnažený fundament se někdy označuje trosky starého pohoří, nebo jádro pohoří. Fundament je většinou budován krystalickými horninami a magmatickými tělesy. Pevnost (rigidita) fundamentu výrazně ovlivňuje deformaci jeho obalu. V sedimentární výplni se rozlišují tři typy stylu stavby podle stupně porušení:

Zlomový (germanotypní) styl pohoří se vyznačuje malým počtem vrás, většinou jen plochým zvlněním a převahou zlomové tektoniky. Na pevném fundamentu se tvoří především kerné zlomy a jejich soustavy (poklesy, příkopové propadliny, horizontální posuny). Germanotypní styl pohoří je typický pro oblasti se stabilním podkladem. Germanotypně je porušen např. český permokarbon a křídová pánev i východní část hornoslezské pánve.

Vrásový (mediotypní) styl se vyznačuje vznikem vrás a vrásových soustav s různou intenzitou deformace na mobilním podkladu. Většinou se vytvářejí vrásy a jejich soustavy, případně i vrásové přesmyky, které mají často zprohýbané dislokační plochy. Oblast je zvrásněna do dílčích pánví, brachyantiklinál a brachysynklinál. Mediotypní styl vrásnění postihuje zpravidla rozsáhlé pánve s mobilním základem. Příkladem může být stavba kulmu Nízkého Jeseníku, Pražské pánve nebo západní části hornoslezské pánve.

Příkrovový (alpinotypní) styl se vyznačuje odloučením sedimentárního obalu od základu a vznikem příkrovů. Projevuje se silným zvrásněním, které postihuje i základ, který může mít rovněž příkrovovou stavbu, projevující se vznikem hlubinných příkrovů, které jsou výsledkem diapirismu granitoidů. Útržky autochtonu bývají často začleněny i do příkrovů obalu. V pásemných pohořích se setkáváme i s ultrabazickými formacemi, označovanými ofiolity. Považují se za vytržené a obnažené

jednotky spodní části kůry, příp. svrchního pláště. Alpinotypní styl stavby je charakteristický pro pásemná pohoří různých geotektonických etap (např. Karpaty, Alpy, Ural, Kaledonské pohoří apod.).

Pro menší geologické jednotky se rozlišují i další tektonické styly. Např. **bradlový styl** se vyznačuje přítomností tektonických útržků a bloků, které mají na zemském povrchu tvar lineárně uspořádaných skalek (bradel), obklopených často tektonickou drtí - melanží. Tento styl kopíruje často hlubinné zlomy a má povahu rozsáhlých tektonických brekcií (bradlové pásmo Západních Karpat).

HLUBINNÉ ZLOMY

Zlomy značného lineárního dosahu (stovky km), značné hloubky (desítky km) a zpravidla i značné stálosti v orientaci, se označují **hlubinné zlomy** (termín ruských geologů) nebo **lineamenty** (termín anglosaských geologů). Vzhledem k tomu, že některé z těchto zlomů procházejí oceánskou i pevninskou kůrou na značnou vzdálenost, rovnající se až 1/4 zemského poledníku, označují se také **planetární zlomy**. Náleží sem např. východopacifické superlineamenty Murray, Mendocino, Clarion aj., které přecházejí z Pacifiku na pobřeží Kalifornie do severoamerického kontinentu.

Největší hloubkový dosah mají **ultrahlubinné zlomy**, které zasahují až do středního pláště (400 - 700 km). **Hlubinné zlomy** zasahují do svrchního pláště (100-400 km) a **korové zlomy** procházejí zemskou kůrou.

Významnou vlastností hlubinných zlomů je, že oddělují důležité struktury zemské kůry (např. oceány od pevnin, mobilní zóny od platforem) a člení zemskou kůru do segmentů, bloků - desek, různého stupně významu. Důležitý význam pro studium hlubinných zlomů měl výzkum oceánských den, oceánské kůry a okrajů pevnin. Tento výzkum přinesl údaje o segmentaci zemské kůry v rozsáhlé bloky prvního řádu, zvané **litosférické desky**, které jsou vzájemně odděleny hlubinnými zlomy tří typů.

Tahové zlomy jsou reprezentovány tzv. **rifty** a **středooceánskými hřbety**. Tvoří rozpínající se - divergentní okraj desky.

Rift je v podstatě vulkanicky a tektonicky aktivní příkop. Vzniká v kontinentální kůře (vznik byl i modelově ověřen) a jeho vznik je vysvětlován konvekčním prohřátím nadložní litosféry za vzniku dómu v důsledku tepelné expanze. Provalením dómu se vytvoří příkop - rift, tvořený třemi větvemi ve tvaru písmene Y. Větve příkopu svírají úhel 120°. Vulkanicky aktivní zůstávají dvě větve příkopu, třetí se mění v tzv. aulakogén (příkop bez vulkanismu, zaplňovaný sedimenty). U aktivní větve riftu se v důsledku intenzivního alkalického vulkanismu, který se uskutečňuje po hlubokých zlomech, postupně odsouvají stěny riftu. Rift je zaplavován mořem a lineárním nahromaděním láv se postupně vyvíjí oceánský hřbet.

Příkladem současného aktivního **pevninského riftu** je soustava **východoafrických prolomů**, táhnoucí se v délce 4 000 km. Za neaktivní kontinentální rift je považován asijský **rift Tan Ši**, **východomongolský rift** a **bajalský rift**. V Evropě se s počátečními znaky riftu vyvíjel rýnský prolom a v Českém masivu podkrušnohorská deprese s tzv. oháreckým riftem.

V počáteční oceánské fázi je **rift Rudého moře** s vulkanickou aktivitou, vysokým tepelným tokem a výrony submarinních hydroterm a solanek s rozpuštěnými těžkými kovy.

Středooceánské hřbety tvoří nejrozsáhlejší horský hřbet na Zemi, dlouhý 120 000 km. Jeho průběh je patrný z obr.21. Nejvýznamnější úseky tohoto celosvětového riftového systému jsou středoatlantický hřbet, cirkumpacifický (východopacifický a pacificko-antarktický) hřbet a hřbet indického oceánu. Středooceánské hřbety se vyznačují intenzivní vulkanickou činností, bazickým charakterem láv (čediče, tholeity), dvoustrannou symetrií podél středového riftového příkopu, přítomností podélných zlomů, podle kterých vnější části hřbetu postupně poklesávají, vysokým tepelným tokem, vzrůstajícím stářím vulkanických hornin od středu valu, mělkými hypocentry zemětřesení, příčnými transformálními zlomy, členícími rift na segmenty, které se postupně odsouvají od hřbetu do stran v průměru o 4 cm/rok aj.

Tlakové zlomy oddělují tzv. konvergentní okraj desek, který je zpravidla protilehlý divergentnímu okraji. Hlubinné zlomy mají charakter rozsáhlých podsunů, na kterých dochází k podsouvání oceánské okraje desky pod pevninský okraj (**subdukce**) nebo oceánské okraje desky od oceánský okraj (**akrece**).

Hlubinný zlom je doprovázen vznikem hlubokého oceánské příkopu o značné délce. Nejznámější jsou mariánský příkop, chilsko - peruánský příkop aj.

Sklon plochy, po které dochází k podsouvání desek je 32°. Na základě seismických výzkumů bylo zjištěno, že zlom pokračuje až do hloubek 700 km. V zóně podsunu, která je podle objevitele označována Beniofova zóna (Wadati - Beniofova), dochází k postupnému tavení a rozpouštění podsouvané desky. Lehké taveniny, tvořené alkalickovápenatým magmatem prostupují okraj desky v podobě intruzivních těles a vystupují po zlomech k povrchu. V oblastech subdukce se vytvářejí na pevninském okraji kontinentu pásy vulkanických pohoří. Ta lemují a prostupují pásemná pohoří, která se zformovala ze sedimentů z okraje desek. V oblastech akrece vytvářejí vulkanity vulkanické ostrovní oblouky. Beniofovu zónu provází velmi hluboká hypocentra velmi silných zemětřesení. Při kolizi pevninských okrajů desek dochází k obdobným geotektonickým jevům, vč. subdukce, vzniku pásemných pohoří, kumulace granitoidů,

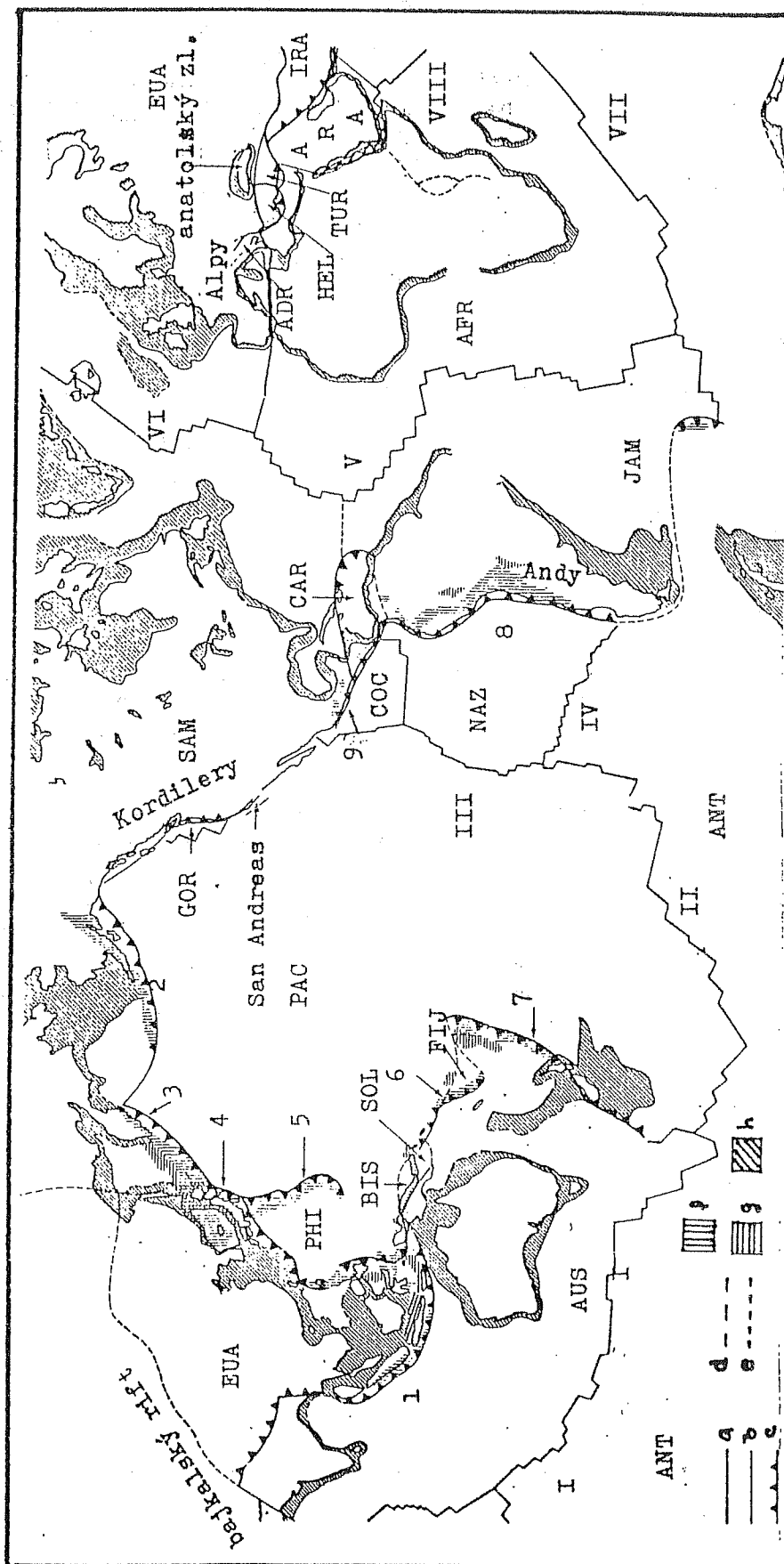
Transformní zlomy oddělují zbývající okraje desek. Mají vertikální sklon a charakter horizontálních posunů. Umožňují pohyb desek, které se po nich horizontálně posunují. Akumulovaná kinetická energie na těchto zlomech vyvolává početná a intenzivní zemětřesení. K významným zlomům tohoto typu náleží zlom San Andreas v Kalifornii.

Podle současných poznatků je výše popsanými hlubinnými zlomy rozčleněna litosféra do většího počtu litosférických desek. Na obr.21 je vyznačeno celkem 19 těchto desek. Obvykle je uváděno 10-12 velkých desek (africká, antarktická, severoamerická, jihoamerická, eurazijská, arabská, Kokos, Nazka, pacifická, indooceánská) a různý počet mikrodesek.

Litosférické desky jsou systémy hlubinných zlomů rozděleny v bloky menších rozměrů a nižších řádů s různým podílem magmatismu, obvykle s různou mocností kůry a s různým geologickým vývojem.

Výraznou blokovou stavbu má Český masiv který je vymezen a členěn významnými hlubinnými zlomy (lineamenty). Na SV je Český masiv vymezen sudetským, na JZ dunajským a na V pieninským lineamentem. Krušnohorskou oblast odděluje od tzv. tepelsko-barrandienského bloku (středočeská oblast) ohřecký lineament (litoměřický zlom s pásmem dalších zlomů tzv. podkrušnohorského oslabeného pásma). Na něm došlo v třetihorách k rozsáhlému vulkanismu. Krušnohorský blok je silně metamorfován a prostoupen četnými granitoidy. V tepelsko-barrandienském bloku, s tenkou kůrou, jsou žulová tělesa vzácnější a mají malé rozměry. Naproti tomu zde dlouho převládal bazický vulkanismus a docházelo k opakovanému klesání a sedimentaci (prakticky od svrchního proterozoika do křídý). Uvedený blok na JV sousedí s blokem moldanubickým s mocnější kůrou a četnými granitoidy. Hranicí jsou hlubinné zlomy (středočeský šev), na nichž se opakovala magmatická a vulkanická činnost od prekambria do prvohor. Leží na nich středočeský pluton. Ten je budován několika dílčími magmatickými tělesy různého stáří. Výstup granitoidů se několikrát opakoval a neprobíhal po celé délce hlubinného zlomu současně - otevírání zlomů nenastávalo ve stejné době po celé délce zlomů.

Hlubinné zlomy sehrávají ve vývoji zemské kůry významnou roli - podmiňují blokovou stavbu zemské kůry, působí jako přírodní kanály hmot a látek, vč. nerostných surovin, jsou přenašeči tepelné a mechanické energie, v průběhu plutonismu působí na gravitační a geochemickou diferenciaci magmatu, výrazně ovlivňují vznik a vývoj pánví a jejich sedimentaci.

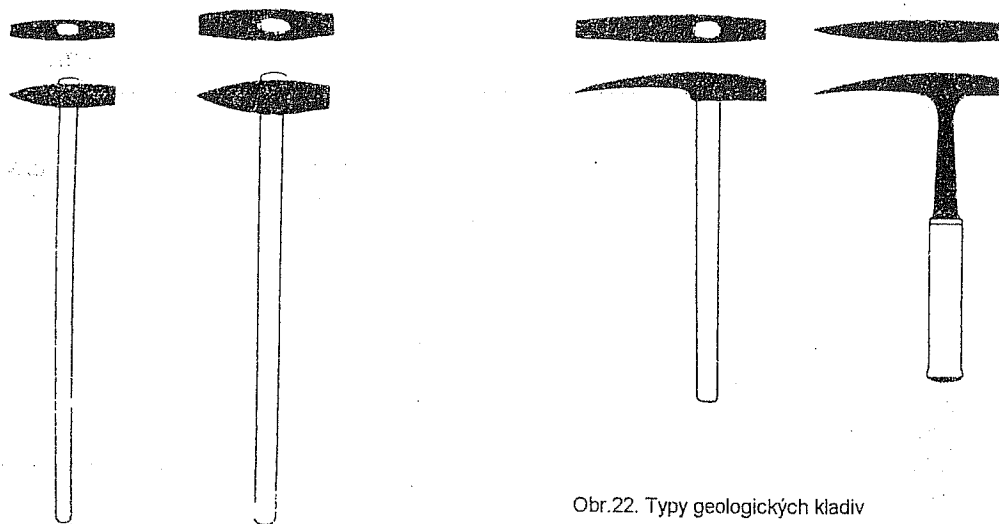


Obr 21. Tektonika litosférických desek. Desky: EUA - eurasijská, AUS - australská, ANT - antarktická, PHI - filipínská, BIS - Bismarkova, SOL - šalamounská, FIJ - Fiji, PAC - pacifická, GOR - Gorda, SAM - severoamerická, JAM - jihoamerická, COC - kokos, NAB - Nazka, CAR - karibská, AFR - africká, ARA - arabská, ADR - adriatická, HEL - helénská, TUR - turecká, IRA - iránská, Ušky středooceánských hřbetů: 1 - jv. částí Indického oceánu, II - pacificko-antarktický, III - východopacifický, IV - chilský, V - středoatlantický, VI - reykjavický, VII - atlanticko-indooceánský, VIII - Carlsberg. Příkopy: 1 - jávský, 2 - aleutský, 3 - kurilský, 4 - japonský, 5 - mariánský, 6 - novohébrský, 7 - kermadecko-tonžský, 8 - chilsko-petuánský, 9 - mexický.

GEOLOGICKÉ PRÁCE V TERÉNU

TERÉNNÍ VYBAVENÍ GEOLOGA

Základními pomůckami, které geolog v terénu nezbytně potřebuje, jsou geologické kladivo, geologický kompas a topografická mapa. Kromě těchto základních pomůcek jsou pro práci v terénu a především pro geologické mapování, potřebné ještě psací a kreslicí potřeby, zápisník, úhloměr, pravítko, skládací či svinovací metr, případně měřičské pásmo, mapovací desky a papírové sáčky. Mimoto bývá geolog ještě vybaven dlátkou, lupou, zředěnou kyselinou solnou. Často má i fotoaparát, někdy dalekohled, výškoměr, případně i polní lopatku a terénní kopáček. Nejpotřebnější pomůcky nosí v geologické brašně. Na větší předměty, výstroj a na vzorky hornin má batoh. Některé z vyjmenovaných pomůcek přenáší pomocník geologa, zv. kolektor, který především odebírá a přenáší vzorky hornin a vypomáhá při dokumentaci odkryvů.



Obr.22. Typy geologických kladiv

Geologické kladivo (obr.22) je vyrobené z houževnaté netřišlivé oceli a je nasazené na houževnatém topůrku. Slouží k odlamování hornin a zhotovování vzorků hornin (formátů). Otvor pro násadu kladiva má konický tvar a topůrko se nasazuje do kladiva shora. Topůrko je zpravidla delší než u běžného kladiva, pro docílení razantního úderu. Ve spodní části topůrka si geolog zhotovuje zářezy, vzdálené od konce topůrka 6, 9 a 12 cm, které usnadňují formatizování vzorků.

Geologický kompas slouží především ke zjišťování pozice geologických těles v prostoru a měření geologických jevů. Je využíván i k orientaci v terénu (obr.24).

Mapa slouží jednak k orientaci, jednak k vedení dokumentace a především k zakreslování geologických jevů při geologickém mapování, tj při zhotovování geologické mapy.

Psacími a kreslicími potřebami jsou neinkoustové tužky různé tvrdosti a sady neinkoustových technických pastelky s označenými barevnými odstíny. K psacím potřebám náleží i dobrá guma, úhloměr a milimetrové měřítka, případně poměrové pravítko a projekční síť pro zhotovování tektonogramů.

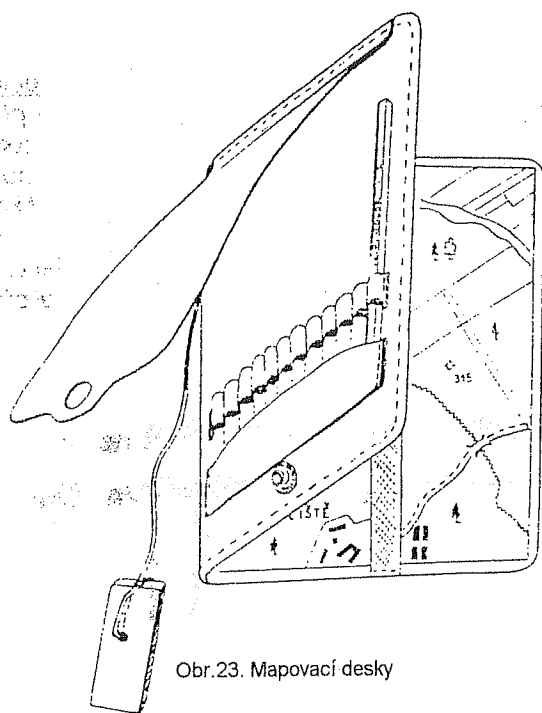
Mapovací desky (obr.23.) slouží jako podložka při zakreslování do mapy a jako ochrana mapy. Tvoří je zpravidla tři chlopně lepenky, potažené a spojené plátnem. Na jednu chlopeň se vhodným způsobem (gumou) připevňuje mapa, příp. průsvítka, další chlopeň má záložku pro zasunutí měřítka a úhloměru a zástrčky pro zasunutí tužek a nejpotřebnějších pastelky.

Lupa je zapotřebí k podrobnějšímu zkoumání hornin, nerostů a zkamenělin. Nejvhodnější je zvětšení 5x až 10x.

Úhloměr a měřítka mohou být papírové. Uplatní se i celokruhový úhloměr.

Do zápisníku zaznamenává geolog svá terénní pozorování a měření. V zápisníku se také vede veškerá psaná dokumentace geologického odkryvu, případně nákresy geologických jevů.

Dlátko je nezbytné k uvolnění a preparaci nerostů a zkamenělin ze skalního masivu.



Obr.23. Mapovací desky

Kyselina solná zředěná (5%), je potřebná ke zjišťování vápnitosti hornin (zvl. úlomkovitých sedimentů) a k rozlišování karbonátů (nejčastěji vápenců a dolomitů). Kyselina se uchovává ve speciálních lahvičkách z umělé hmoty (běžně stačí i lahvička skleněná).

V geologické brašně, zhotovené z kůže a opatřené popruhem k nošení na rameni, se přepravují výše uvedené drobné předměty. Prostor brašny je zpravidla rozdělen v několik oddílů a na její čelní stěně je našito několik kapes pro umístění kompasu, kyseliny apod. Často je na brašně i závěs k zasunutí kladiva.

Skládací metr, svinovací metr, příp. pásma, slouží k měření mocností vrstev a také rozměrů geologických těles.

Papírové sáčky potřebujeme k balení odebraných vzorků, vhodný je i papír na balení (noviny) a etiketní štítky, které bývají už předtištěné.

PRÁCE S GEOLOGICKÝM KOMPASEM

Vedle přesné mapy a geologického kladiva patří geologický kompas mezi nejdůležitější potřeby geologa při jeho práci v terénu. Slouží mu především při geologickém mapování k měření úložných prvků vrstev a dalších těles na geologických výchozech. Údaje získané měřením geologickým kompasem jsou nezbytné pro řešení geologické stavby zkoumaného území a správné řešení tektoniky.

Geologický kompas se vyvinul z hornického kompasu, který se v minulosti používal k zaměřování důlních děl (štol) a sledování žil, loží a slojí užitkových hornin a tektonických poruch. Nejjednodušší geologické kompasy jsou uspořádány obdobně jako hornické kompasy.

Popis geologického kompasu

Základní díly, ze kterých je geologický kompas složen jsou: magnetka, dělený kruh, aretační zařízení, vodováha, sklonoměr a krabice, ve které je kompas uložen.

Magnetka je v podstatě drobný magnet, který má v těžišti ložisko, umožňující jeho volné otáčení na jehle. Severní konec magnetky (konec ukazující k severnímu magnetickému pólu) bývá zakalen nebo jinak označen. Magnetka u geologického kompasu má stejný význam jako u buzoly - určuje severojižní směr (poledník). Svým severním koncem směřuje k severnímu magnetickému pólu Země, který není identický s pólem zeměpisným. Úhel, který svírá magnetický a zeměpisný poledník je magnetická deklinace. Některé kompasy mají stupnici k nastavení deklinace, platné pro oblast ve které se provádí měření.

Dělený kruh geologického kompasu, je obdobně jako u buzoly, rozdělen na stupně (0° - 360°) nebo je dělen na hodiny (hóry), případně na jiné jednotky (grády). Některé kompasy mají označení dvojí (stupně a hóry).

Na starších čs. kompasech jsou světové strany označeny začátečním písmenem českého názvu světové strany (**S J V Z**). Na novějších kompasech naší a na kompasech zahraniční výroby je mezinárodní označení světových stran, převzaté z anglických názvů: sever - **N** (north), jih - **S** (south), východ - **E** (east), západ - **W** (west).

Dělení na hóry (hodiny) má svůj původ v označení směru podle zdánlivého pohybu Slunce kolem Země. Čtyřicet denním hodinám odpovídá 24 hór (hodin, zkr.h) dělené stupnice geologického kompasu ($1h = 15^{\circ}$). Přitom h 6 označuje východ (směr jitrní), h 12 jih (směr polední), h 18 západ (směr západní) a h 0 = 24 je sever (směr půlnocní). Dělení na hóry se vžilo proto, že vzhledem

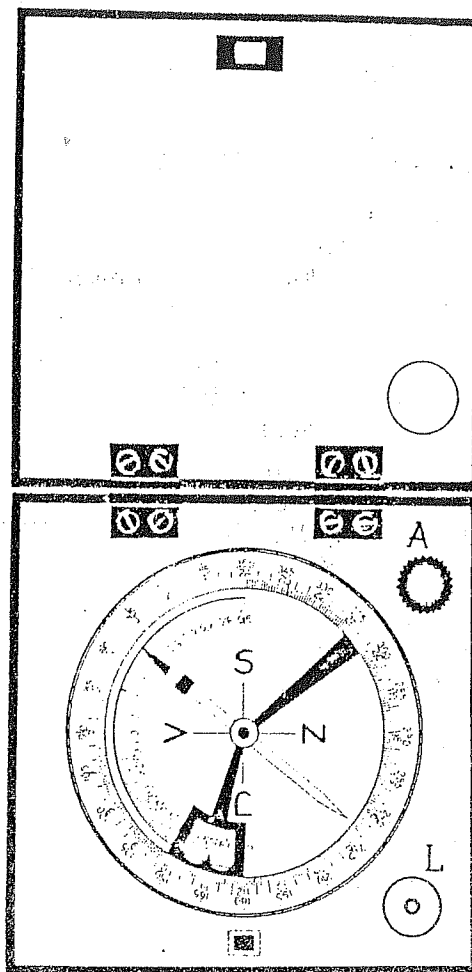
k nerovnostem na měřených objektech (např. na vrstevních plochách), je měření na 1° značně jemné, takže stačí zaokrouhlit naměřené hodnoty na 15° (1 h) nebo na 5° , tj. 1/3 h.

Zásadní rozdíl dělené stupnice geologického kompasu, ve srovnání s buzolou je v tom, že je označení západu a východu na geologickém kompasu přehozeno. Díváme-li se tedy na stupnici geologického kompasu tak, že máme označení severu (N) před sebou, pak je označení východu (E) po levé ruce a označení západu (W) je vpravo.

Také růst stupňů postupuje opačným směrem. Na stupnici buzoly vzrůstají stupně ve směru pohybu hodinových ručiček. U geologického kompasu narůstají stupně, vzhledem k přehození východu a západu, proti pohybu hodinových ručiček.

Popsaná úprava stupnice geologického kompasu umožňuje přímé odečítání měřených směrů, pokud označení severu směřuje při měření ve směru, který měříme. Stojíme-li např. směrem k východu a držíme geologický kompas tak aby označení severu na stupnici směřovalo od nás, tj. k východu, ukazuje severní konec magnetky východ. Kdybychom použili stejným způsobem buzolu, ukazoval by severní konec magnetky opačný směr, tj. západ.

Přehození světových stran a růst stupnice proti směru pohybu hodinových ručiček a děleného kruhu kompasu vysvětlíme i zdánlivým pohybem magnetky při změně směru: postavíme-li se čelem k severu tak, aby se severní konec magnetky kryl s označením severu na stupnici a pak se zvolna otáčíme k východu (tj. doprava), otáčí se severní konec magnetky zdánlivě proti směru pohybu hodinových ručiček, tj. k označení východu E na stupnici.



Obr.24.Geologický kompas

Vodováha (libela) slouží k uvedení kompas, při měření směrů, do vodorovné polohy.

Aretace je zařízení k znehybnění magnetky. Šetří ložisko magnetky před poškozením a umožňuje rychlejší ustálení magnetky při měření.

Sklonoměr slouží k měření velikosti sklonu. Je to v podstatě drobná olovnice (závažíčko), upevněná obvykle v ose kompasu. Závažíčko je upraveno tak, aby bylo možné odečítat na stupnici sklonoměru odchylku hrany krabice kompasu od vodorovné polohy. Úprava sklonoměru je u různých geologických kompasů různá.

Krabice geologického kompasu má pravoúhlý tvar a její hrany jsou rovnoběžné se severo-j jižním a západo-východním směrem dělené stupnice. Krabice bývá buď obdélníková nebo čtvercová a bývá uzavřena víkem.

Krátká a dlouhá hrana geologického kompasu

Hrany geologického kompasu musí být rovnoběžné se severo-j jižním a východo-západním směrem dělené stupnice. To umožňuje na geologickém kompasu rozlišit dlouhou a krátkou hranu kompasu. Za dlouhou hranu považujeme tu, která je rovnoběžná se severojižním směrem na stupnici. Krátká hrana kompasu je pak ta, která je rovnoběžná s východo-západním směrem na stupnici.

Na některých (starších) geologických kompasech skutečně delší hraně krabice odpovídá delší hrana kompasu a kratší hraně kompasu odpovídá kratší hrana krabice. U některých kompasů se čtvercovou krabicí vznikne odklopením víka delší hrana krabice, která se nemusí ztotožňovat s delší hranou kompasu.

Měření geologickým kompasem

Geologický kompas slouží především k měření polohy geologických ploch nebo linií v prostoru. Z **plošných** geologických prvků jsou nejvýznamnější vrstevní plochy. Podobně jako vrstvení plochy můžeme měřit i plochy břidličnatosti u přeměněných hornin, plochy puklin, dislokací, ale i plochy stavebních prvků magmatických hornin – plochy odlučnosti apod. Plošné geologické prvky se obecně, bez přihlídnutí k jejich vzniku, označují **foliace**.

Mezi **lineární** (čárové) prvky, u kterých určujeme polohu v prostoru, patří jednak myslené přímky, jako jsou osy vrás, nebo přímo pozorovatelné linie, jako je protažení nerostů, usměrněná orientace nerostů, rýhy na dislokačních plochách, přednostní orientace valounů, usměrnění protáhlých schránek zkamenělin nebo rostlinných úlomků, hřbety čeřin. Čárové prvky se obecně označují **lineace**.

Poloha plošných prvků v prostoru je dána třemi strukturními prvky: směrem foliace, směrem sklonu foliace a velikostí sklonu foliace. **Polohu lineací** určíme změřením směru sklonu lineace a velikostí sklonu lineace (obr.26).

Směry ploch a lineací jsou určeny směrovou přímkou která je průsečnicí vodorovné roviny s nakloněnou plochou. Při určování směru zjišťujeme úhel, který svírá směrová přímka s magnetickým poledníkem (S-J). Měříme tedy azimut směru. Geologickým kompasem měříme azimut magnetický, který lze po započtení magnetické deklinace převést na azimut zeměpisný.

A_F Směr foliace (např. vrstevní plochy - vrstvy) je odchylka směru roviny plochy od magnetického severu. Všechny nakloněné plochy mají svůj směr. Pouze vodorovná plocha nemá žádný směr. Představa směru nám nejlépe vynikne, uvědomíme-li si jej jako linii, která vznikne na styku nakloněné plochy s vodní hladinou. Linie dotyku představuje směrovou přímku.

Směr vrstvy měříme tak, že **přiložíme kompas k vrstevní ploše delší hranou ve vodorovné poloze a odečteme úhel na jednom z konců ustálené magnetické střílky**. Při odečítání naměřené hodnoty nezáleží na kterém konci magnetky odečítáme, protože směr vrstvy probíhá od jedné světové strany k druhé (např. od S k J nebo od SZ k JV atd.). Obvykle odečítáme a zapisujeme nižší hodnotu (ukazuje-li jeden konec magnetky 90° a druhý konec 180° , odečítáme 90°).

Protože vrstevní plochy, které nejčastěji měříme, nejsou zcela rovné, je třeba směrovou přímku odhadem vyrovnat. Při měření v tomto případě nepřikládáme kompas na vrstevní plochu, ale měříme z krátké vzdálenosti. Uvedení kompasu do vodorovné polohy umožňuje libela.

A_φ Směr sklonu foliace (vrstvy) vyjadřuje směr, ve kterém je plocha nakloněna (ve kterém vrstva zapadá). Směrová přímka sklonu je přitom horizontální průsečnicí spádnice vrstvy. Při určitém směru vrstvy může být vždy směr sklonu dvojitý. Např. při směru vrstvy S-J, může být vrstva skloněna k západu nebo k východu. Je proto nutné směr zapadání vrstvy stanovit jednoznačně. Prakticky měříme směr sklonu vrstvy takovým způsobem, že **k vrstevní ploše přiložíme geologický kompas ve vodorovné poloze kratší hranou tak, aby označení severu (N) na děleném kruhu směřovalo po sklonu (označení jihu je tedy blíže vrstevní ploše) a odečítáme na severním konci magnetky**. Kdybychom postupovali jinak (tj. odečetli na j. konci magnetky nebo měřili s jižní hranou po sklonu a odečetli na s. konci magnetky), měřili bychom právě opačný směr sklonu.

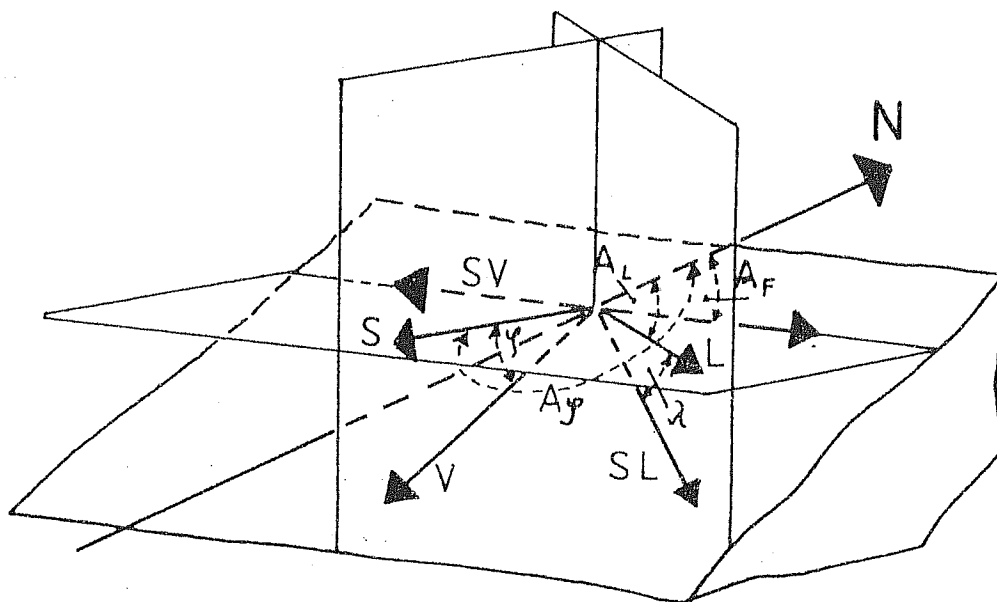
Směr vrstvy je na směr sklonu vždy kolmý. Stačí proto provést pouze jedno měření a druhé vypočteme. Protože jednoznačně musíme určit směr sklonu, stačí když změříme pouze tento směr. Při tom směr vrstvy vypočteme tak, že připočítáme nebo odečteme od naměřené hodnoty směru sklonu 90° (měříme-li ve stupních) nebo 6 hór (měříme-li v hodinách).

Při měření směru kompasem musíme dbát na to, abychom neměřili v blízkosti nějakého magnetického předmětu (nejčastěji geol. kladiva). Měříme-li na větším odkryvu, provedeme větší počet měření, abychom vyloučili chyby v měření. Z těchto měření vypočítáme pak průměr, nebo je můžeme graficky zpracovat.

φ Velikost sklonu foliace (vrstvy) je úhel, který svírá spádnice vrstvy (přímka největšího spádu) se svým horizontálním průmětem. Je to úhel, který vznikne odkloněním plochy od své horizontální roviny. Velikost sklonu měříme sklonoměrem, který má u různých kompasů různou konstrukci. U větších geologických kompasů lze velikost sklonu měřit tak, že krabici kompasu přikládáme delší hranou k ploše, kolmo ve směru jejího největšího spádu, aby závaží sklonoměru směřovalo po sklonu. Úhel odečteme po ustálení závaží na stupnici.

A_L Směr lineace změříme tím způsobem, že **geologický kompas přiložíme k vrstevní ploše ve vodorovné poloze kratší hranou a při pohledu shora na kompas a vrstevní plochu stáčíme kra-**

bici kompasu tak, aby se delší hrana kompasu kryla s převládajícím směrem lineací. Máme-li kratší hranu s označením severu (N) po sklonu, odečítáme hodnotu na severním konci magnetky.



Λ Velikost sklonu lineace nemůžeme změřit běžně konstruovaným sklonoměrem. K tomuto účelu mají některé kompasy kuličkový sklonoměr nebo odklopnou desku, spojenou s vertikálním kruhem (popis viz u kompasu Maška a Clar).

Zapisování naměřených hodnot

Při zapisování hodnot naměřených geologickým kompasem můžeme postupovat dvojím způsobem. První způsob použijeme, měříme-li postupně směr vrstvy, směr sklonu a velikost sklonu. Nejprve zaznamenáme ve stupních nebo v hórách směr vrstvy. Šikmou čarou oddělíme údaj o směru sklonu, který zapisujeme orientačně zkratkou světové strany. Za tímto údajem následuje ve stupních údaj o velikosti sklonu: $135^{\circ}/SV\ 45^{\circ}$ nebo $h\ 9^{\circ}/SV\ 45^{\circ}$.

Zapsané hodnoty čteme: vrstva má směr SZ-JV a zapadá k SV pod úhlem 45°

Zkrácený způsob zápisu použijeme, měříme-li pouze směr sklonu a velikost sklonu. Zápis má podobu zlomku. V čitateli je hodnota směru sklonu a ve jmenovateli velikost sklonu. Podobným způsobem zaznamenáváme i hodnoty lineací. $45^{\circ}/45^{\circ}$ nebo $h\ 3/45^{\circ}$.

Tento zápis čteme: vrstvy zapadají k SV pod úhlem 45°

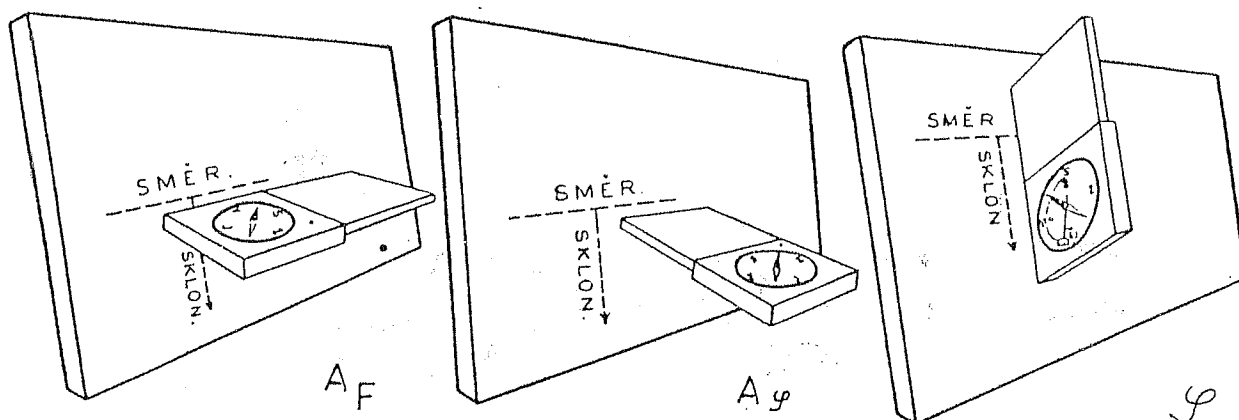
Směr vrstvy si přitom lehce vypočítáme, připočteme-li nebo odečteme-li od naměřené hodnoty směru sklonu 90° nebo 6 hór. V daném případě je tedy směr vrstvy $45^{\circ} + 90^{\circ} = 135^{\circ}$ (JV) nebo $45^{\circ} - 90^{\circ} = 315^{\circ}$ (SZ), v hodinách $h\ 3 + h\ 6 = h\ 9$ (JV) nebo $h\ 3 - h\ 6 = h\ 21$ (SZ). Odečítáme-li od čísla menšího než je 90 nebo 6 hór, odečítáme nejprve k nule a zbytek potom odečteme od 360° nebo 24 hór.

Zakreslení naměřených hodnot do mapy

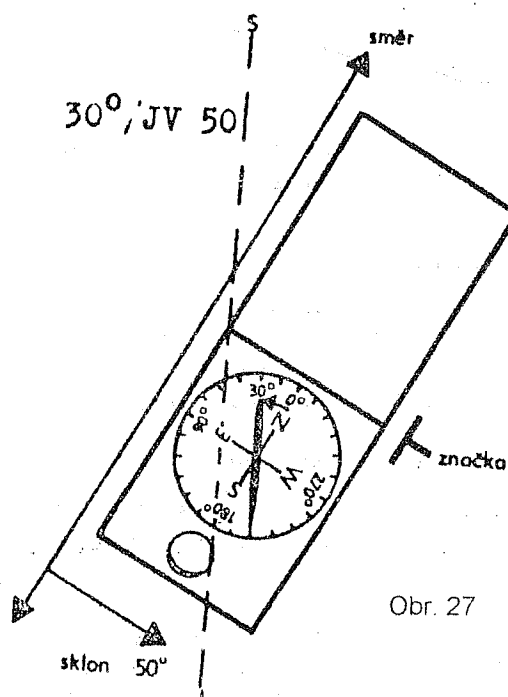
K vynesení směru a sklonu do geologické mapy používáme jednotných značek. Značku tvoří dvě úsečky. Delší úsečkou je vyjádřen směr vrstvy. Kratší úsečkou, která je kolmá na úsečku směru vrstvy, je vyjádřen směr sklonu vrstvy. Velikost sklonu se zapisuje ve stupních k této značce. Obecná značka k vyjádření směru a sklonu vrstev má tuto podobu: \perp . Vodorovně ukloněné vrstvy značíme křížkem $+$. Kolmo ukloněné vrstvy značíme delší úsečkou (směr vrstvy), která je přetřata úsečkou kratší: \perp . Samostatnou značku máme i pro překocené (převrácené, postavené na hlavu) vrstvy \perp . Velikost sklonu můžeme vyjádřit i délkou úsečky sklonu. Přitom nejdelší sklonová úsečka znázorňuje vrstvu s nejmírnějším sklonem a nejkratší úsečka představuje vrstvu s nejstrmějším sklonem.

Směr lineace se vyjadřuje šipkou, kterou kreslíme ke značce pro směr a sklon vrstvy. Velikost sklonu lineace píšeme ve stupních k šípce pro lineaci.

Značku pro směr a sklon vrstvy můžeme do geologické mapy vynášet pomocí geologického kompasu nebo úhloměru. Použijeme-li kompas, přiložíme jeho delší hranu k bodu, který znázorňuje v terénu místo, kde jsme měření prováděli. Severní konec magnetky musí být přitom shodný s magnetickým severem, vyznačeným v mapě. Krabici kompasu potom natočíme do takové polohy,



Obr. 26. Měření směru vrstvy (A_F), směru sklonu (A_ϕ), velikosti sklonu vrstvy (ϕ).



Obr. 27

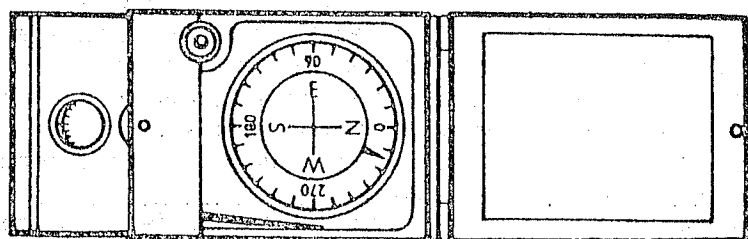
aby severní konec magnetky ukazoval na stupnici hodnotu, kterou jsme naměřili v terénu. Podél krátké hrany kompasu potom vyneseme na příslušném místě v mapě příslušnou přímku značky (obr.27).

K vynesení značky do mapy používáme nejčastěji úhloměr (nejlépe vyhovuje průhledný kruhový úhloměr). Úhloměr přiložíme na mapu tak, aby se jeho střed kryl s místem, kde jsme prováděli měření a zároveň tak, aby se počátek stupnice úhloměru (0° , 360°) shodoval se severem vyznačeným v mapě. Potom ve směru pohybu hodinových ručiček vyhledáme na úhloměru změřený směr a vyneseme příslušnou úsečku, která je spojnici středu úhloměru s vyhledanou hodnotou.

K vynesení značky do mapy používáme nejčastěji úhloměr (nejlépe vyhovuje průhledný kruhový úhloměr). Úhloměr přiložíme na mapu tak, aby se jeho střed kryl s místem, kde jsme prováděli měření a zároveň tak, aby se počátek stupnice úhloměru (0° , 360°) shodoval se severem vyznačeným v mapě. Potom ve směru pohybu hodinových ručiček vyhledáme na úhloměru změřený směr a vyneseme příslušnou úsečku, která je spojnici středu úhloměru s vyhledanou hodnotou.

Popis geologických kompasů

Geologický kompas „Meopta“ (obr.28) má klasické provedení s obdélníkovou krabicí a víkem. Kruhová stupnice je ze spodu průsvitná, což umožňuje čtení měřených hodnot při práci v podzemí. Magnetická střílka má viditelný pouze severní konec. Uložení střílky je velmi jemné a vyžaduje při měření, aby byla krabice v naprosto vodorovné poloze.

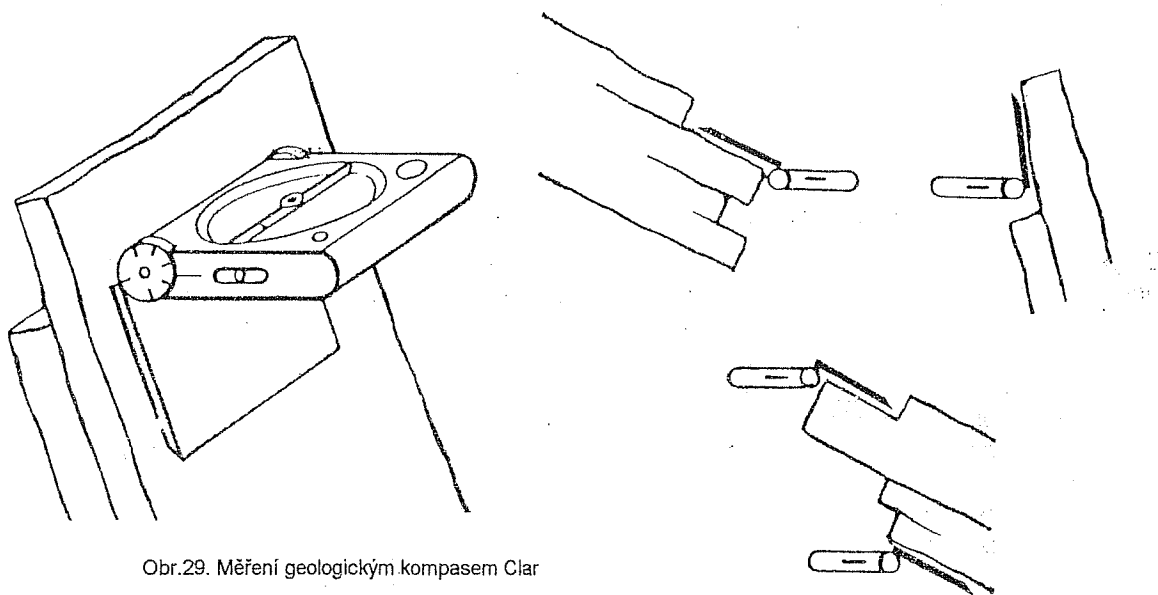


Obr. 28.

Po pravé straně stupnice je aretace, jejímž stisknutím se střílka znehybní, po levé straně stupnice je vodováha. Sklonoměr je umístěn při krátké spodní straně, kde je kruhový otvor pro pohyblivou stupnici. Sklonoměr je ovládán tlačítkem, které je umístěno na boku pravé delší hrany. Stisknutím

tlačítka se sklonoměr uvolňuje. Kompas má buzolové zařízení s průhledítkem a zrcátkem na spodní straně víka.

Dvoukruhový kompas Clar (obr.29) má čtvercovou krabici s odklopnou deskou a je přizpůsoben k současnému měření směru sklonu a velikosti sklonu. Vlastní kompas má normální uspořádání s libelou a aretací, která uvolňuje magnetku při stisknutí tlačítka. Kruhová stupnice, dělená na stupně nebo grády, tvoří horizontální kruh kompasu. Ode dna krabice kompasu lze odklopit desku, která je s krabicí spojena při kratší, jižní hraně. Spojení je provedeno klouby s vertikálním kruhem a stupnicí. Kompasem měříme tak, že odklopíme desku, přiložíme ji na vrstevní plochu a tělo kompasu s horizontálním kruhem uvedeme do vodorovné polohy. Uvolníme magnetku a po jejím ustálení přečteme při severním konci magnetky směr sklonu vrstvy a na vertikální stupnici přečteme velikost sklonu. Kompas je vhodný proto, že jej lze přikládat k vrstevní ploše různým způsobem a proto, že jím lze snadno měřit i lineární prvky. Přitom se odklopná deska přiloží hranou k lineaci a tělo kompasu se uvede do horizontální polohy - směr sklonu lineace odečteme na horizontálním kruhu a velikost sklonu lineace na vertikálním kruhu.



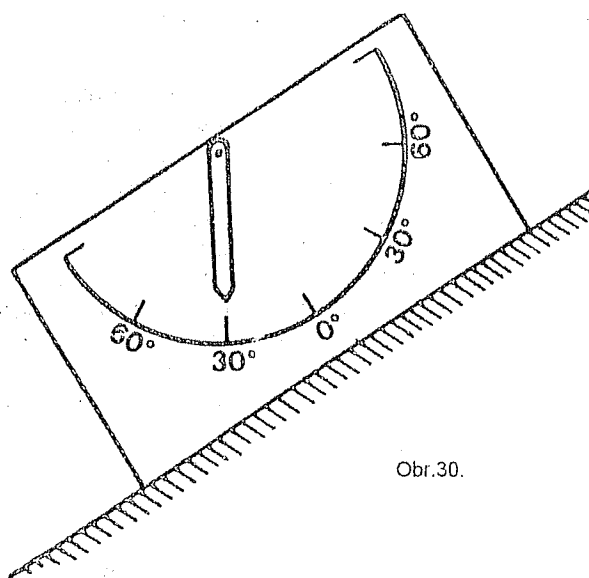
Obr.29. Měření geologickým kompasem Clar

Tektonický kompas „Máška“ slouží k měření tektonických prvků a ke statistickému podchycení měřených hodnot do kruhových tektonogramů. Ve čtvercové krabici kompasu je umístěn vlastní kompas a kuličkový sklonoměr, který slouží k měření velikosti sklonu lineací (přitom přikládáme kompas k vrstevní ploše celou plochou dna krabice a delší hranu krabice orientujeme se směrem lineace). Ve vnitřní straně víka kompasu je kyvadlový sklonoměr a projekční síť, na kterou se pomocí špendlíku upevňuje průsvítka pro zhotovování stereografických tektonogramů.

Úprava buzoly na geologický kompas

Pro práci ve škole si můžeme jednoduše a bez větších nákladů upravit obyčejný kompas nebo buzolu na geologický kompas. Pro úpravu se nejlépe hodí takový kompas, který má rovnostrannou krabici. V jiném případě si musíme takovou krabici zhotovit a kompas do ní vsadit. Potom si zhotovíme z tvrdšího papíru mezikruží a to v takové velikosti, aby jeho plocha zakryla dělenou stupnici původního kompasu, avšak nezakryla magnetickou stětku. Na takto zhotovené mezikruží vyznačíme dělený kruh geologického kompasu a mezikružím zakryjeme stupnici upravovaného kompasu. Takto upraveným kompasem můžeme měřit směr vrstev i směr sklonu vrstev. Protože buzoly mají otáčecí stupnici, nesmíme zapomenout ji nastavit tak, aby se S-J směr na stupnici kryl s delší hranou krabice kompasu.

Abychom mohli měřit velikost sklonu, musíme si zhotovit sklonoměr (obr.30). Jeho základem je obdélník tužšího papíru nebo jiného vhodného materiálu (překližka, plexisklo apod.), na který nalepíme běžný papírový úhloměr a to tak, aby se delší strana podložky kryla s přímou stranou úhloměru. Ve středu úhloměru provrtáme do podložky otvor, kterým provlékneme nit a tu na rubu podložky upevníme (knoflíkem, uzlem, zalepením apod.). Na volný konec úhloměru, který je na lici sklonoměru připevníme závažíčko (šroubek apod.). Délka volné nitě úhloměru musí být kratší než délka kratší



Obr.30.

strany úhloměru. Nakonec upravíme stupnici úhloměru. Původní označení stupňů přelepíme proužkem papíru, na který napíšeme nová označení a to tak, aby 0° bylo uprostřed spodní, delší hrany skloňoměru (tj. tam, kde je na úhloměru 90°) a 90° vyznačíme na okrajích úhloměru, kde bylo původně 0° .

DOKUMENTACE GEOLOGICKÝCH ODKRYVŮ

Za geologickou dokumentaci považujeme soubor všech psaných, obrazových a hmotných dokladů o geologickém výchozu. Tkví ve velmi přesném, všestranném a trvalém zachycení všech geologických jevů, zjištěných v terénu. Poskytuje tak velmi přesný obraz o geologické stavbě studovaného území. Základní údaje o geologické stavbě výchozů, získané a zachycené geologem při práci v terénu označujeme základní geologická dokumentace.

Soubor všech psaných dokladů o geologickém výchozu tvoří písemnou dokumentaci, všechny obrazové doklady tvoří obrazovou dokumentaci a vzorky hornin, odebrané při práci v terénu tvoří hmotnou dokumentaci.

Každá geologická činnost v terénu (především mapování) musí být doložena zpracováním určitého počtu geologických výchozů, z nichž každý má charakter tzv. dokumentačního bodu. Hustota dokumentačních bodů je pro každý druh prací stanovena předpisy. Základní údaje o geologických výchozech zaznamenává geolog při práci v terénu do dokumentačního zápisníku. Zároveň si vede i mapu dokumentačních bodů, do které si zaznamenává pozici jednotlivých zpracovaných lokalit.

Geologický výchoz

Geologický výchoz je místo v terénu, kde vystupují na zemský povrch (na den) horniny skalního podkladu. Za výchoz pokládáme jen takové místo, kde se nalézají horniny na svém původním místě (in situ). Za výchoz nepovažujeme místo, kam byly horniny skalního podkladu uměle přeneseny. I tak je pojem výchozu velmi široký. Horniny při povrchu většinou podléhají zvětrávání a na povrchu leží nánosy nepřemístěných zvětralin (eluvium), v nichž se objevují úlomky hornin, které leží v podloží. Takovýto typ úlomkovitého výchozu se nazývá polovýchoz.

Výchozy, ve kterých vystupuje na den skalní podklad ve více méně nezvětralé podobě, se označují geologický odkryv. Podle způsobu vzniku odkryvu, rozlišujeme odkryvy přirozené a umělé. Přirozený odkryv vznikl obnažením skalního podkladu přirozenými silami (denudací, erozí). Umělé odkryvy vznikly umělé činností člověka a to buď při těžbě nerostných surovin (lomy, hornické práce) nebo při stavbě komunikací a různých inženýrských staveb (zářezy tratí, cest, základy, výkopy, studny aj.), ale i při geologickém průzkumu (průzkumné rýhy, sondy, šachtice, štoly, vrty apod.).

Postup při dokumentaci výchozu

PÍSEMÁ DOKUMENTACE

Dokumentační bod

Při práci v terénu je vhodné označit zpracovávané výchozy pořadovými čísly, pod kterými je veden výchoz v dokumentačním deníku, kterým označujeme výchoz v mapě dokumentačních bodů a které případně uvádíme na sáčkích nebo etiketách odebrané hmotné dokumentace apod. Číslo dokumentačního bodu často uvádíme zlomkem - např. 25/1978. Přitom první údaj je pořadové číslo bodu, dru-

hý údaj je rokem zpracování. V dokumentačním zápisníku uvedeme ještě měřítko, název a číslo topografického listu dokumentační mapy, ve které je bod zakreslen.

Geografická pozice výchozu

Přesná lokalizace polohy výchozu se provádí geodeticky a vyjadřuje se pomocí souřadnic (X, Y) a nadmořské výšky (Z). Souřadnice lokality můžeme odečíst i z topografické mapy, na které je vyznačena kilometrová síť.

Pozici lokality musíme v zápisníku stanovit vždy přesným popisem. Všimáme si při tom zvláště významných orientačních bodů (významné stavby, mosty, křižovatky cest, okraj lesa, osady, významné stromy apod.). Přitom se snažíme o co nejpřesnější odhad vzdáleností a směrů, které si ověříme měřením v terénu a v mapě i použitím geol. kompasu (měření azimutů). Vzdálenosti uvádíme v metrech a směry ve světových stranách (nikoliv vpravo, vlevo). Např.: Výchoz se nachází 3500 m SV (40°) od kostela v obci XY a 800 m ZSZ (195°) kóty 385 m. Lokalita je dosažitelná z obce XY po silnici z směrem. Po 500 m od okraje obce odbočuje k SV udržovaná polní cesta, po které jdeme 1800 m až k opuštěné lísce, kde ssz. směrem odbočuje zarostlá lesní cesta, která nás po 250 m zavede přímo k výchozu.

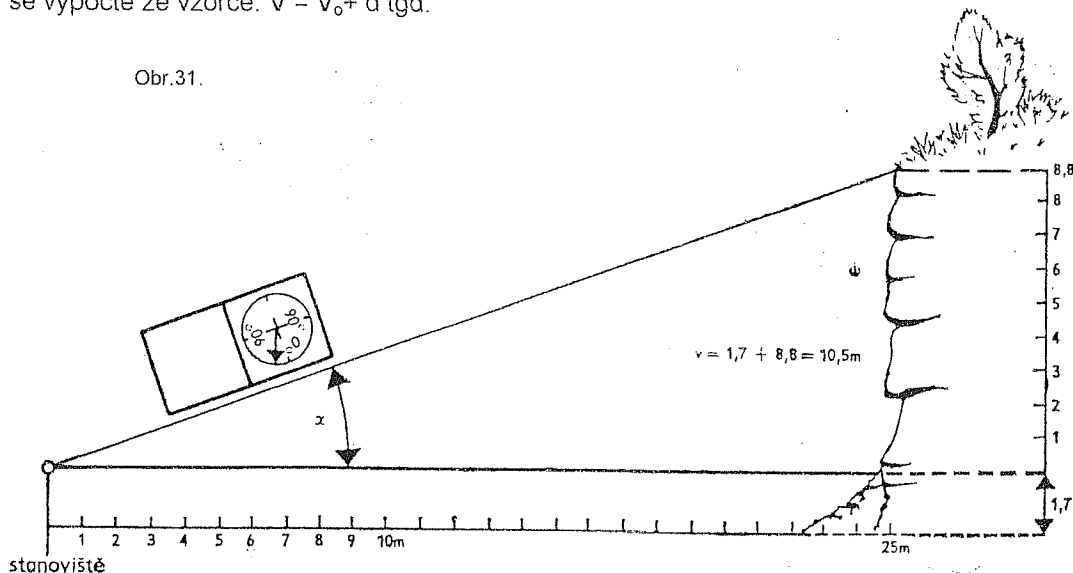
Povaha výchozu

Zjišťujeme a zapisujeme charakter odkryvu, jeho rozměry, všimáme si znečištění výchozu, jakosti horniny a pokryvných útvarů, které jsou v okolí výchozu vyvinuty.

Charakter odkryvu: jedná-li se o polovýchoz nebo skalní odkryv a jeho bližší popis (přírozený nebo umělý odkryv, zářez v řece, skalka, lom, železniční zářez, výkop, pískovna, hliniště aj.).

Rozměry odkryvu: uvádíme šířku a výšku odkryvu, počet a výšku etáží, všimáme si rozmístění a velikosti hald apod. Rozměry určujeme odhadem (krokováním), přímým měřením a výpočtem. Výšku nepřístupné skalní stěny zjistíme buď odhadem - a to nanášením známé výšky (kterou si odměříme u paty odkryvu) z určitého odstupu pomocí tužky - nebo měřením úhloměrem a výpočtem. Měříme ze známé vzdálenosti od stěny lomu (např. 20 m) = d. Pomocí úhloměru zjišťujeme úhel, který svírá vodorovná rovina ve výši oka (výška oka = V_o) se spojnicí oko - horní hrana odkryvu = α . Výška stěny (V) se vypočte ze vzorce: $V = V_o + d \cdot \tan \alpha$.

Obr.31.



Znečištění odkryvu: všimáme si druhu a míry znečištění odkryvu, především je-li zavalen sutí, zarostlý, zahliněný, zaplavený, případně zanesený skládkou odpadků.

Jakost horniny: zjišťujeme, zda je hornina odkryvu čerstvá nebo zvětralá a posuzujeme stupeň zvětrání. Rovněž si všimáme výsledků erozivní činnosti a působení mrazu na stěnu odkryvu - selektivní zvětrávání, voštiny, skalní římsy, kulisy, škrapy, geologické varhany, ronové rýhy, jeskyně, mrazové zvřítní, mrazové klíny apod.

Pokryvné útvary: posuzujeme pokryvné útvary, které jsou vyvinuty v nadloží odkryvu nebo částečně zakrývají odkryv, zjišťujeme jejich mocnost a určujeme druh pokryvných útvarů.

Zvětralínový plášť (eluvium): zjišťujeme jeho mocnost a charakter - hlinitý, písčitý, jílovitý, kamenitý, balvanitý. V případě vytvoření půdních horizontů stanovíme jejich druh a na základě vývoje půdních horizontů můžeme stanovit půdní typ, případně sestavit stratigrafický půdní profil.

Svahové uloženiny (deluvium): svahové suti a hlíny, kamenná moře, sesuvy, změny na skalním podkladu vyvolané mrazem a gravitací - hákování vrstev (stáčení čel vrstev po svahu).

Říční (fluviální) usazeniny: aluvia (nejmladší nánosy řek a potoků), říční terasy (stupně nad úrovní dnešní hladiny toků, pokryté říčními štěrky, štěrkopísky a písky, často s křížovým zvrstvením). Na terasách vystavených větrné erozi nalézáme hrance a sluňáky.

Větrné (eolické) usazeniny: spraše (obsahují vápnité konkrce zvané cicváry), sprašové hlíny (odvápněné spraše) a váte písky.

Ledovcové (glacienní) uloženiny: tilly (ledovcové nánosy - souvkové hlíny s valouny místních i exotických hornin), ledovcovo-říční usazeniny (štěrky, štěrkopísky a písky), ledovcovo-jezerní usazeniny (dobře vytríděné a jemnozrné písky, jíly, páskované jíly).

Příslušnost k většímu geologickému celku

Začlenění odkryvu ke známé oblastní geologické jednotce, případně do širšího geologického rámce - např.: kulm Nížkého Jeseníku - moravické souvrství (svrchní část spodního karbonu), nebo - flyšové pásmo západních Karpat, slezská jednotka, bašský vývoj, štramberský vápenec (svrchní jura).

Údaje zjistíme z geologické literatury nebo existující geologické mapy. Nejpřístupnější jsou Geologické mapy předčtvrtohorních útvarů 1:200.000 a vysvětlivky k těmto mapám, které pokrývají celou ČR a vyšly tiskem znovu v r. 1989.

Geologický popis výchozu

Způsob popisu geologických jevů na odkryvu závisí především na tom v jakých horninách je odkryv založen, tj. vystupují-li zde horniny sedimentární, vyvěřelé nebo metamorfované. Při popisu geologických jevů využíváme poznatků geologických disciplín, především obecné geologie, petrografie a paleontologie.

Popis odkryvu usazených hornin

Při zpracování odkryvu v usazených horninách se nejdříve snažíme posoudit, zda je na odkryvu vyvinuto jedno nebo více souvrství. Zároveň musíme posoudit vzájemný vztah souvrství, tj. jsou-li obě souvrství v souhlasném (konkordantním) nebo nesouhlasném (diskordantním) vztahu.

Po zhodnocení vztahu souvrství zkoumáme podrobně jednotlivé vrstvy odkryvu. Začínáme obvykle nejstarší, tj. nejspodnější vrstvou výchozu a postupujeme do nadloží. Přitom ale musíme posoudit původní sled vrstev a zda nedošlo v důsledku vrásnění k převrácení vrstevního sledu. Správné posouzení vrstevního sledu je nutné i u strmě uložených vrstev. Využíváme při tom především nerovností na vrstevních plochách (obr. 22), gradačního zvrstvení a u uhlonosných souvrství i přítomnosti kořenových půd pod počvou slojí.

Záznamy o jednotlivých vrstvách zapisujeme do zápisníku a jednotlivé vrstvy označujeme od spodu (od nejstarších) pořadovým číslem. Zjišťujeme mocnost vrstev, jejich petrografické složení, litologii vrstev, tj. především přítomnost a povahu vnitřních a vnějších textur (zvrstvení, nerovností na vrstevních plochách, konkrací, zbarvení) a přítomnost zkamenělin. Poznámky o charakteru a vývoji vrstev spolu s petrografickým popisem hornin představují psaný profil vrstev odkryvu a jsou základem pro sestavení stratigrafického profilu, který tvoří součást obrazové dokumentace.

Při zjišťování mocnosti vrstev usilujeme o měření pravé mocnosti. Tam kde okolnosti na odkryvu neumožňují změřit pravou mocnost (**m**) přímo, vypočteme mocnost ze sklonu vrstev (**φ**), sklonu svahu (**σ**) a měřitelné nepravé mocnosti vrstev (**l**), pomocí vzorců:

- u vrstev, zapadajících po svahu: $m = l \cdot \sin(\varphi - \sigma)$

- u vrstev zapadajících proti sklonu svahu: $m = l \cdot \sin(\varphi + \sigma)$

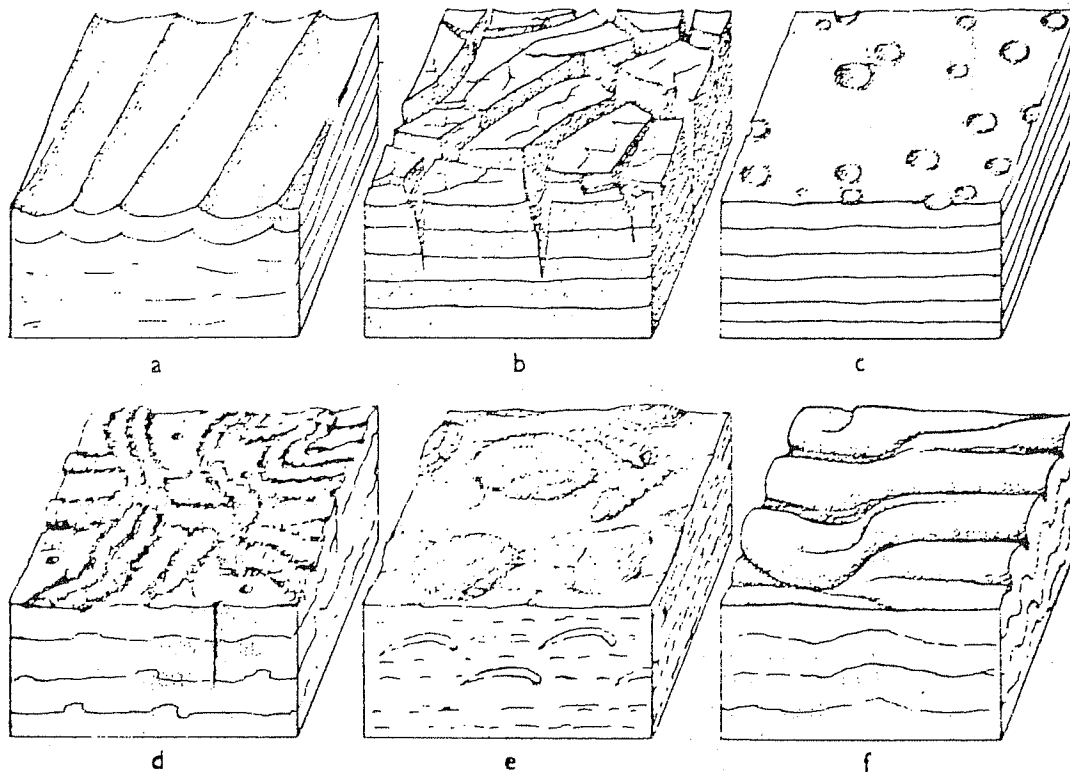
Posuzujeme-li mocnost vrstev neopomineme popsat i jejich laterální stálost, případně změny v mocnosti (ztenčování, naduřování, vykliňování, vznik čoček). U čoček měříme jejich ložnou délku (ve směru vrstev), úklonnou délku (ve směru sklonu) a největší mocnost.

Litologický rozbor vrstev a jejich petrografické určení jsou významnou součástí faciální analýzy a určení facie. Původní sedimentační prostředí může indikovat již barva sedimentu. Hnědé až rezavé zbarvení usazenin, vyvolané přítomností oxidů a hydroxidů Fe^3 udává oxidační prostředí. Přítomnost červených kontinentálních sedimentů svědčí o teplém a suchém (aridním) klimatu. Pestře zbarvené -

skvrnité sedimenty (červené, zelené, oranžové, fialové) se tvořily v podmínkách subtropického zvětřávání (pestré vrstvy). Zelené zbarvení mají také mořské uloženiny mělkých (epikontinentálních) moří, v nichž se tvořil zelený fylosilikát glaukonit (glaukonitické pískovce a glaukonitovce). Do zelena bývají rovněž zbarveny horniny z dosahu podmořské vulkanické činnosti (tufity i vlastní vulkanické horniny). Zelené zbarvení hornin je zde způsobeno přeměnami (chloritizací) tmavých nerostů těchto hornin. Horniny redukčního prostředí (sloučeniny Fe^{2+}) jsou většinou tmavě zelené. Pokud bylo redukční prostředí bohaté na hniloucí organickou hmotu, vznikaly černé až černozelelé horniny (břidlice), obsahující obvykle pyrit, který je buď v hornině rozptýlený (pyritové břidlice) nebo zde tvoří povlaky a konkrce. Černé zbarvení hornin je často vyvoláno rozptýlenou, karbonatizovanou organickou, především rostlinnou hmotou - horniny uhelných sérií. Také přítomnost Mn sloučenin způsobuje černé zbarvení vrstev (oxidy a hydroxidy manganu, např. wad) vytvářejí v horninách keříčkovité výkvěty.

Pro posouzení sedimentačního prostředí má značný význam rozbor **zvrstvení** hornin (obr.33) a **nerovností na vrstevních plochách** (obr.32). Klidnou sedimentaci indikují textury bez zvrstvení nebo s rovnoběžným zvrstvením. Zvlněné zvrstvení a čeřiny na vrstevních plochách jsou výsledkem vlňení (symetrické čeřiny) nebo mírného proudění (nesymetrické čeřiny) mělkovodního (vodní čeřiny) nebo kontinentálního (větrné čeřiny) prostředí.

Velmi živá sedimentace mělkovodního, říčního (deltového), větrného prostředí je indikována proudovým (šikmým a křížovým) a čočkovým zvrstvením. Na povrchu vrstveních ploch jsou časté mechanoglyfy, zvláště erozní rýhy, stružky, proudové rýhy, stopy po vlečení předmětů, hnutí bahna, rozmyvy. Ve štěrcích se proudová sedimentace projeví doškovitým uspořádáním valounů. Proudění a vlňení vodního prostředí také způsobuje usměrnění schránek či stonků organismů.



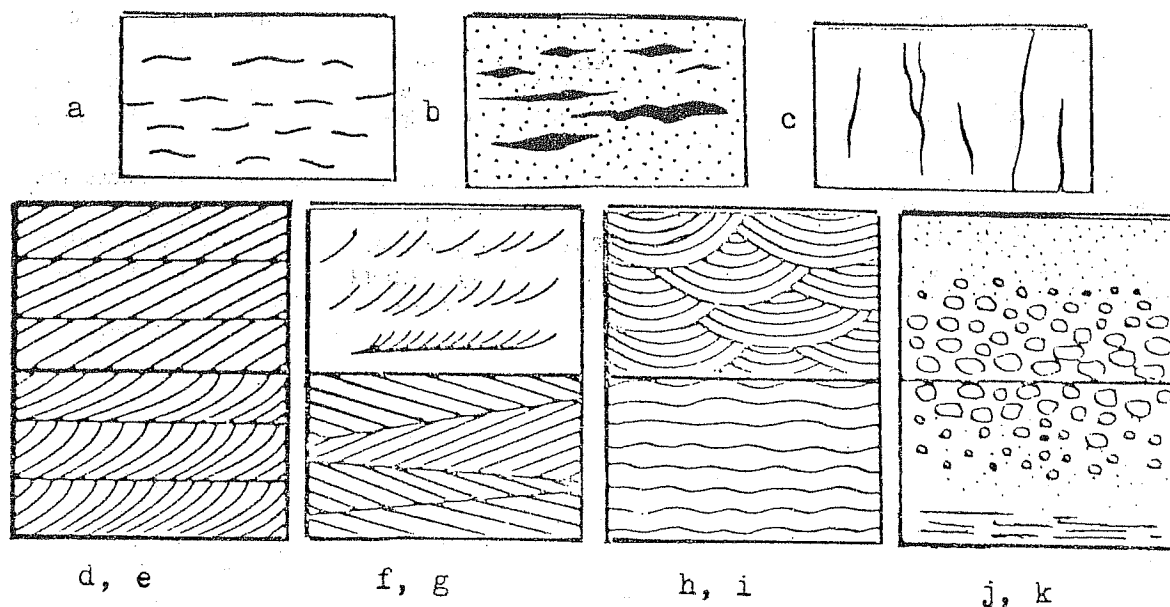
Obr.32. Nerovnosti na vrstevních plochách: a - nesymetrické vodní čeřiny, b - bahenní praskliny, c - vtisky po deštových kapkách, d - bioglyfy (stopy po lezení mlžů a svislé nory), e - schránky měkkýšů (misky mlžů orientované proudem klenutím nahoru), f - mechanoglyfy vzniklé hnutím bahna.

Usazeniny, které vznikaly v prostředí s velkou kinetickou energií, mají často zvržené textury. S tímto typem zvrstvení se setkáváme u sedimentů usazených z bahenních (turbiditních) proudů, známých hlavně z flyšových komplexů. U těchto sedimentů je časté i gradační zvrstvení, které zde má svůj původ v sedimentaci ze suspenze kalného proudu. Zvržené zvrstvení může mít svou příčinu i v činnosti hrabavých a vrtavých organismů. Tyto typy zvrstvení jsou označovány jako bioturbace. Mělkovodní prostředí s dočasným vynořením prozrazují bahenní praskliny (vznikající vysycháním bahna), případně s vtisky deštových kapek. Často se vyskytují vodní čeřiny, a erozní rýhy.

Velmi přesně lze hodnotit sedimentační prostředí podle přítomnosti zkamenělin. Přitom ale musíme počítat s druhotným přemístěním zkamenělin. Také fosilní společenstvo organismů (tanatocenóza), které zjišťujeme nemá jednotný ráz. Vedle druhů žijících na dně (bentos), které jsou

nejčastější můžeme nalézt i zástupce volně se vznášejících (plankton) nebo i aktivně plavajících (nekton) organismů. Na základě zkamenělin většinou snadno rozlišíme kontinentální (sladkovodní fauna, vegetace), přechodné (brakická a mělkovodní, často tlustoskořepatá fauna) a mořské (mořská fauna) facie. Přítomnost zbytků organismů umožňuje i detailnější členění kontinentálních, přechodných a mořských facií. Zkameněliny a stopy po činnosti organismů pomáhají určit hloubku původního sedimentačního prostředí, jeho salinitu, teplotu, klimatické poměry apod. Tyto závěry je však nutno konfrontovat s výsledky litologických rozborů, případně dalšími metodami (geochemie).

Studiem vrstevních souborů můžeme objasnit i režim sedimentace. Všíáme si proto pravidelného opakování některých členů vrstevního sledu, např. dvoučlenných rytmtů u rytmické sedimentace, případně cyklického opakování celých vrstevních souborů u cyklické sedimentace.



Obr.33. Typy zvrstvení: a - přerušované horizontální a mělce zvlněné, b - čočkovité, c - nezřetelné, d - šikmé, e - šikmé sbíhavé, f - šikmé přerušované, g - křížové, h - korytovité, i - zvlněné, j - gradační pozitivní, k - gradační negativní

Popis odkryvu vyvřelých hornin

Při zkoumání odkryvu s vyvřelými horninami zkoumáme nejdříve jedná-li se o odkryv budovaný tělesem hlubinných, podpovrchových nebo výlevných hornin.

Hlubinné vyvřeliny mají zpravidla všesměrnou stavbu, sloh celokrystalický, rovnoměrně zrnitý, případně porfyrický. Tělesa hlubinných hornin jsou velkých rozměrů, takže na odkryvu většinou nemůžeme pozorovat jejich kontakt s okolím. Z vnitřních struktur hlubinných těles nás především zajímají uzavřeniny, žíly, které hlubinné těleso prorážejí a také odlučnost.

Vnitřní uzavřeniny (šlíry, smouhy, xenolity) se liší od základní horniny na první pohled barvou - bývají zpravidla tmavší (někdy jsou světlejší) a mají podobu smouh, čoček, kulovitých útvarů s ostrým až zcela neostrým vnějším omezením. Uzavřeniny mohou být magmatického i nemagmatického původu. Někdy se jedná o přetavené nebo přeměněné útržky z okolí (z pláště) magmatického tělesa. Jindy se jedná o kyselejší (světlejší) nebo bazičtější (tmavší) produkty diferenciacce nebo asimilace magmatu, případně vyloučeniny z procesu odměšování (likvace) a první krystalizace magmatu.

Hlubinné intruze jsou často proraženy jedním nebo několika systémy žilných těles, která jsou často různého stáří. Žíly mohou být tvořeny světlými (křemen, pegmatit, aplit) nebo tmavými typy hornin (př. mineta). Při zjišťování relativního stáří těchto těles se řídíme zásadou, že proražené těleso je starší než těleso prorážející. Žíly často vyplňují různě orientované pukliny a jejich výplň může být doprovázena i zrudněním.

Odlučnost hlubinných hornin je většinou bloková, kvádrovitá nebo deskovitá a je způsobena obvykle existencí tří na sebe kolmých ploch nespojitosti, vyvolaných tuhnutím magmatu. Vedle primárních ploch nespojitosti bývají magmatická tělesa postížena i systémem puklin, které vznikly postmagmatickými tektonickými pochody. Výzkum a hodnocení směrů nespojitosti magmatických těles (ploch odlučnosti, puklin, trhlin, usměrnění minerálů, uzavřenin) má značný význam pro rekonstrukci genese magmatického tělesa (tvar, omezení) i jeho pozdějšího geologického vývoje. Velkou roli mají tyto znalosti i pro těžbu a technologické zpracování horniny.

Podpovrchové a žilné vyvěřeliny mají sloh zpravidla porfyrický s jemnozrnnější základní hmotou. Nejsou však výjimkou rovnoměrně zrnité horniny velmi jemnozrnně krystalované horniny, ale i horniny velkozrnné (pegmatity). Z hornin sem náleží porfyry a porfyrity, které se svým složením neliší od běžných hlubinných hornin.

Aplity a pegmatity jsou světlé žilné horniny a vznikly odštěpením kyselých frakcí magmatu. Jestliže odštěpené magma obsahovalo malé množství těkavých látek, vznikaly jemnozrnné aplity. Při velkém nahromadění těkavých látek vznikaly hrubozrnné pegmatity. Tmavé žilné horniny, které se vytvořily při diferenciaci magmatu jako protiklad kyselým pegmatitům, jsou lamrofyry.

Hlavním znakem podpovrchových a žilných těles je jejich tvar. Vytvářejí většinou deskovitá nebo válcovitá tělesa daleko menších rozměrů, než jsou tělesa hlubinných hornin. Především mocnost deskovitých těles je nesrovnatelně menší než ostatní dva rozměry. Všímací si vztahu těchto těles k okolním horninám (koncordance - diskordance), abychom mohli určit typ tělesa (ložní nebo pravá žíla). Zvláštní pozornost věnujeme i kontaktu tělesa s okolím. Podpovrchová tělesa způsobují kontaktní přeměnu v nadloží i podloží. Mezi konkordantní tělesa patří ložní žíly a lakolity. Mezi tělesa podpovrchových hornin s diskordantním vztahem k okolí patří pravé žíly, válcovité sopouchy, odžilký, odnože či apofýzy hlubinných těles. Žíly mohou být jednoduché nebo složené a mohou vytvářet systémy žil (žilník, pásma, roje). Složené žíly se vyznačují nejednotnou výplní, která mohla být způsobena diferenciací magmatu nebo hydrotermálního roztoku nebo vícenásobnou injekcí téhož magmatu nebo různých magmat při střídavém rozevírání puklin.

Výlevné horniny mají většinou velmi jemnozrnnou a často sklovitou základní hmotu, která vznikla prudkým ochlazením lávy. Pro výlevné horniny je významná jejich stavba: prouděním lávy vznikají proudovité textury. Při tuhnutí lávy na povrchu se tvoří provazové lávy. Láva je nasycena velkým množstvím plynů, které při tuhnutí vytvářejí pórovité textury; póry pak mohou být zaplněny druhotnými nerosty (mandlovcovitá stavba).

Málo viskózní magma vytváří na zemském povrchu lávové příkrovy nebo proudy, které kopírují reliéf povrchu a tvarově připomínají tělesa usazenin. Viskózní magma vytváří kupolovité, někdy i sloupcovité útvary. Vystupování magmatu na zemský povrch je většinou doprovázeno vynášením nesouvislých sopečných vyvrženin (pyro- nebo také vulkanoklastik), které tvoří uloženiny nezpevněné tefry, tufů, tufitů a tufitických hornin. Horké páry, plyny a vodní roztoky, provázející vulkanickou činnost způsobují řadu přeměn na okolních horninách.

Pro výlevná tělesa je charakteristická i jejich odlučnost. Nejznámější je sloupcovitá (čtyřboká, šestiboká, nepravidelná) odlučnost bazaltů. Znělce, andezity mají častou deskovou odlučnost. U podmořské výlevě bazaltů se setkáváme s kulovitou odlučností a rovněž s tuhnutím lávy v podobě polštářových láv. Utuhlá tělesa (polštáře) jsou přitom vyklenuta k povrchu. Obdobně pórovité a mandlovcovité textury jsou soustředěny při vnějším (horním) okraji těles. Ložní žíly a lávové příkrovy jsou vystupováním podobné tělesům sedimentů. Odlišení ložních (intruzivních) těles od výlevných lávových příkrovů umožňuje řada znaků:

- ložní žíla způsobuje kontaktní přeměnu jak svého podloží, tak i nadloží;
- příkrov metamorfuje jen své podloží;
- výlevná tělesa jsou doprovázena tufy a tufity;
- horniny výlevných těles mají polokrystalický nebo sklovitý sloh a pórovitou, mandlovcovitou stavbu a podmořské výlevy mají polštářové uspořádání.

Na odkryvu výlevných hornin můžeme pozorovat i několik výlevů (proudů, příkrovů) nad sebou. Lze je odlišit podle přítomnosti tufů mezi jednotlivými tělesy (výlevy), podle rozdílné stavby a odlučnosti jednotlivých těles, podle vývoje polštářů a pórovitosti.

Můžeme rovněž posoudit i prostředí ve kterém výlevná hornina vznikla. Submarinní výlevy bývají obklopeny mořskými uloženinami a tufitickými horninami s mořskou faunou. Výlevy jsou většinou konkordantní k podloží a jsou uloženy subhorizontálně. Při větších akumulacích však vznikají lokální elevace s periklinálním zvrstvením tufitů a místní diskordance. Vyskytují se polštářové lávy. Zvětráváním získávají submarinní výlevné horniny zelené zbarvení. Poměr suchozemských těles je k podloží většinou diskordantní. Lávy jsou doprovázené rezavě zbarvenými pyroklastiky, která obsahují pumy slzovitého tvaru, lapily a jiné produkty, které utuhly v ovzduší. Lávy mají balvanité někdy i provazovité uspořádání.

Popis odkryvu přeměněných hornin

Podle povahy přeměněných hornin se snažíme usoudit na druh přeměny, na intenzitu přeměny a v příznivých případech i na typ původní horniny.

Kontaktně přeměněné horniny obsahují obvykle typickou asociaci kontaktních nerostů jako je kordierit, andaluzit (chiastolit), wollastonit, korund apod. Stavba kontaktních hornin je většinou masivní a všesměrná. Jsou pro ně charakteristické barevné změny a vznik plodových a skvrnitých textur. U kontaktů můžeme i na krátkou vzdálenost pozorovat rostoucí intenzitu přeměny - kontaktní dvůr.

Magmatická hornina, která způsobila přeměnu a také její okolí bývají postiženy přeměnami, které vyvolalo působení horkých plynů a par, příp. horkých roztoků. V Pobeskydí můžeme podobné jevy pozorovat na lokalitách tzv. těšínové formace. Výsledkem přeměn je rozklad a zatlačení nerostů původní horniny a vznik nových nerostů, které zaplňují póry, dutiny, trhliny. Mezi tyto přeměny patří např. chloritizace (přeměna tmavých nerostů na chlority), serpentinizace (přeměna olivínu na serpentin), sericitizace a kaolinizace (rozklad živců, karbonitizace (vznik karbonátů, kalcit, aragonit, dolomit, ankerit aj.), silicifikace (prokřemenění za vzniku odrůd křemene, kvarcitů, plasmy aj.). Významné jsou také kontakty s karbonáty a vápnitými horninami na kterých vznikají horniny s typickou asociací vápnitých křemičitanů (vápenatosilikátové rohovce - erlány).

Přínosem chemických látek do rozlehlých horninových masivů dochází k metasomatickým přeměnám za vzniku dolomitů, magnezitů, skarnů, sideritů, kvarcitů aj.

Formace oblastně metamorfovaných hornin jsou významné přítomností různých typů krystalických břidlic, jejichž nejrozšířenějším společným znakem je výrazná břidličnatost. Další časté textury jsou okaté a perlové. Kromě zrnitých struktur jsou časté struktury lupenité. V porfyroblastických strukturách vyniká z nerostů granát, staurolit, kyanit.

Intenzitu přeměny indikují indexové nerosty a jejich asociace. Slabý stupeň přeměny (fylitová zóna, či zóna zelených břidlic) je provázen sericitem, chloritem, albitem. Střední stupeň přeměny je prezentován muskovitem, biotitem, granátem, staurolitem, amfibolem. Silný stupeň přeměny (rulová, eklogitová zóna) je charakterizován živci, silimanitem, slídami, kordieritem, granáty, pyroxeny, amfiboly aj.

Určit předmetamorfni typ horniny se podaří snadno u málo přeměněných hornin a tam, kde můžeme pozorovat přechody do nepřeměněných sérií. Značné potíže může vyvolat odlišení rul, tj. pararul od ortorul. U ortorul převládají porfyroblastické a granoblastické struktury, hornina bývá stejnorodá, s převahou světlých nerostů, které v hornině zpravidla netvoří souvislé pásy; draselné živce mívají růžové zbarvení; vytvářejí rozsáhlejší tělesa. U pararul můžeme zjistit přechody do nepochybných parabřidlic, v hornině jsou relikty sedimentární skladby (vrstevnatost, zvrstvení, klastické struktury); objevují se vložky jiných parabřidlic (kvarcity, erlány); ze světlých nerostů převažuje křemen a plagioklasy, ze slíd biotit, z ostatních nerostů je typický silimanit, staurolit, granát, grafit, kyanit.

Při zpracování odkryvu oblastně přeměněných hornin věnujeme patřičnou pozornost přítomnosti různých vložek, které mohou mít sedimentární původ (krystalické vápence, erlány, kvarcity, grafit, Fe rudy) nebo i magmatický původ (přeměněné žilné i efuzivní horniny, šlíry, xenolity apod.) a nacházíme pak vložky skarnů, zelených břidlic, amfibolitů, hadců aj.

Makropetrografický popis hornin

U každého typu horniny, který zjistíme na odkryvu, provádíme makropetrografický popis. Tzn. popisujeme všechny jevy, které můžeme na hornině pozorovat pouhým okem nebo za pomoci kapesního lupy. Popis provádíme přímo v terénu a můžeme jej doplnit na odebraných vzorcích v laboratorních podmínkách. Při popisu hornin využijeme všech svých znalostí z mineralogie a petrografie. Používáme přitom petrografickou literaturu, určovací klíče a různé tabulky a atlasy. Při makropetrografickém popisu hodnotíme především barvu horniny, její mineralogické složení a skladbu (struktury a textury). Výsledkem je makropetrografické určení horniny.

Barva horniny

Popisujeme celkovou barvu horniny při pohledu z blízka i z dálky, příp. za sucha i za vlhka. Hodnotíme proměnlivost v barvě, barevné přechody a odlišnosti (smouhy, skvrny, pásy, žíhání, mramorování, čocky apod.). Poznamenáme barvu čerstvé a navětralé horniny. Při vyjadřování barvy připojujeme k základní barvě předponu s jejím odstínem (např. zelenošedá). Barvu součástí horniny vyjadřujeme přívlástkem (zelenohnědě skvrnitá nebo zelenohnědě páskovaná).

Mineralogické složení horniny

Určujeme všechny makroskopicky pozorovatelné nerosty (používáme lupy) a popisujeme je v pořadí: podstatné, vedlejší, akcesorické, příp. druhotné nerosty. Odhadneme procentuální zastoupení nerostů. Zjišťujeme:

- velikost určených nerostů (relativní i absolutní, maximální, minimální i průměrnou);
- tvar - habitus nerostů (stejnorozměrný, stébelnatý, sloupcovitý, lištovitý, tabulkový, šupinatý aj.);
- opracování klastů u sedimentů (ostrohranný, poloostrohranný, polozaoblený, zaoblený, dokonale zaoblený);
- omezení nerostů u magmatických a metamorfovaných hornin (idiomorfní, hypidiomorfní, xenomorfní, idioblastické, xenoblastické).

U živců se snažíme posoudit jejich povahu ze zbarvení nebo ze srůstů (dvojčatění u ortoklasu, lamelové srůsty u plagioklasů).

Posuzujeme přeměny nerostů: kaolinizace živců, chloritizace tmavých nerostů, serpentinizace olivínu ap.

U nerovnoměrně zrnitých hornin popisujeme zvlášť větší nerosty (vyrostlice, porfyroblasty, klasty) a zvlášť jemnozrnné nerosty v základní hmotě, základní tkáni nebo pojivu. U vyvřelin posuzujeme sukcesí vzniku nerostů.

Skladba horniny

Strukturní a texturní znaky hornin patří k jejich charakteristickým a identifikačním znakům. Pomáhají nám určit typ horniny a často i způsob jejího vzniku. Při popisu hornin posuzujeme nejprve struktury a to zrnitost (absolutní a relativní velikost zrn) a potom textury.

Struktury sedimentů Zrnitost úlomkovitých hornin

velikost mm	klast	hornina	pyroklastika
psefity (rudity)			
nad 250	balvan	balvanitý	blok, aglomerát
50-250	hrubý valoun	hrubozrnný	sopečná puma
10-50	střední valoun	střednozrnný	sopečná puma
2-10	drobný valoun	drobnozrnný	lapilli
psamity (arenity)			
0.5-2	hrubé zrn	hrubozrnný	
0.25-0.5	střední zrn	střednozrnný	sopečný písek
0.05-0.25	jemné zrn	jemnozrnný	
aleurity (lutity)			
0.005-0.05	prachové zrn	prachovec	sopečný prach
pelity (lutity)			
pod 0.005	jílová částice	jílovec	sopečný popel
biochemické s.			
nad 1	hrubozrnný	hruběkrystalický	
0.25-1.0	střednozrnný	středněkrystalický	
0.25-0.05	jemnozrnný	jemněkrystalický	
pod 0.05	mikrozrnný	mikrokrystalický	

Kromě absolutní velikosti součástí, hodnotíme relativní velikost klastů (rovnoměrně a nerovnoměrně úlomkovitá struktura); opracování klastů (brekciovitá, konglomerátová u psefitů; ostrohranné až dokonale zaoblené); tvar klastů (stejnorozměrný, diskovitý, čepelovitý, vřetenovitý; posoudíme i původ klastů (hranáč - říčením, hranec - eolickou abrazí, valoun - vodní erozí, souvek - ledovcovou činností).

U pojiva posuzujeme jeho genezi (základní hmota - primární pojivo, tmel - sekundární pojivo), jeho druh, množství a způsob spojení klastů (pojivo bazální, pórovité, dotykové, výplňové, povlakové).

Významný je stupeň vytřídění materiálu (dokonalé a nedokonalé vytřídění). Dokonale vytříděné horniny s rovnoměrně úlomkovitou strukturou a dokonale zaoblenými klasty svědčí o vysokém stupni zralosti horniny (tj. intenzivní mechanické diferenciaci, opracování a transportu). Nedokonale vytříděné horniny s nerovnoměrně úlomkovitou strukturou a nedokonale zaoblenými až ostrohrannými klasty svědčí o nízkém stupni zralosti hornin.

Při hodnocení úlomkovitých hornin tvořených dvěma zrnitostními složkami postupujeme podle schématu zastoupení:

100% - 80% - 50% - 20% - 0%
0% - 20% - 50% - 80% - 100%

Psefitická a psamitická složka:

slepenec - písčitý slepenec - slepencový pískovec - pískovec

Psamitická a prachová složka:

pískovec - prachový pískovec - písčité prachovec - prachovec

Jílovitá a prachová složka:

jílovec - prachovitý jílovec - jílovitý prachovec - prachovec

Jílovitá a uhelná složka:

jílovec - uhelný jílovec - jílovité uhlí - uhlí

U hornin s biochemickou součástí a u pyroklastik postupujeme při hodnocení hornin podle schématu:

100% - 90% - 50% - 10% - 0%

0% - 10% - 50% - 90% - 100%

Klastická a biochemická složka:

pískovec - vápnitý pískovec - písčité vápenec - vápenec

jílovec - vápnitý jílovec - jílovitý vápenec - vápenec

Biochemické složky:

vápenec - dolomitický vápenec - vápnitý dolomit - dolomit

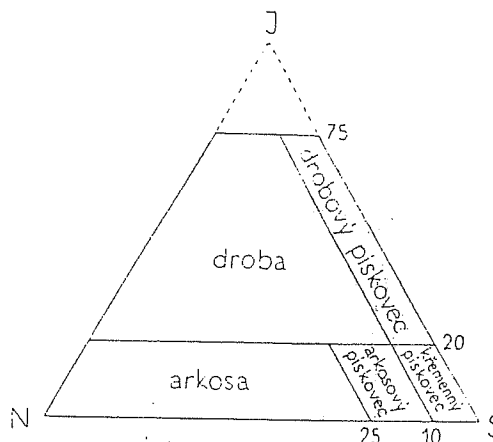
Pyroklastika:

tuf (tefra) - tufit - tufitická hornina - sedimentární hornina

Horniny tvořené třemi složkami se hodnotí pomocí trojúhelníkových klasifikačních diagramů (obr.34). Značný význam to má u psamitů, kde se posuzuje poměr stabilní složky (křemen, muskovit, kvarc, těžké nerosty), nestabilní složky (živce, biotit, tmavé nerosty, klasty hornin) a jílovitého pojiva (lutitu).

Podle vzájemného poměru těchto tří složek se rozlišují základní druhy psamitů: droby a drobové pískovce, arkózy a arkózové pískovce a křemité pískovce. Lutitu mají droby a drobové pískovce více než 20%, arkózy, arkózové pískovce a křemité pískovce méně než 20%.

Nestabilních zrn a živců mají 10-25% arkózové pískovce, více než 25% arkózy, méně než 10% drobové pískovce a více než 10% droby. Stabilních zrn obsahují křemité pískovce přes 90%, drobové a arkózové pískovce méně než 80%, droby a arkózy méně než 70%. Samostatným druhem psamitů tvoří křemence (ortokvarc), u kterých jsou křemenná zrna tmelena křemítem, který se zrn splývá v jednotnou masu.



V názvosloví se podíl složky vyjadřuje koncovkou **-ový, -ný** pro podstatnou složku (jílová břidlice, křemenný písek); koncovkou **-itý, -ický, -atý** pro vedlejší složku (prachovitý jílovec, vápenatý pískovec, kaolinický jíl); koncovkou **-ičitý** se vyjadřuje podstatný podíl (více než 10%) neklastického křemene (křemičitý vápenec). Vodítkem pro názvy trojsložkových hornin je trojúhelníkový diagram.

Poznámka: U lutitů s dokonalou paralelní (vrstevní) štípatelností používáme termín sedimentární břidlice (prachová, jílovitá vápnitá aj.). U vápnitých jílovců a jílovitých vápenců se při obsahu kalcitu v rozmezí 25-75% používá termínu slín (slínovec).

Karbonáty tvořené schránkami organismů označujeme jako organogenní (zbytky nejsou opracované) nebo organodetritické (zbytky organismů v úlomcích). Podle původu organismů rozlišujeme struktury fytogenní a zoogenní. Další členění je podle systematické příslušnosti fosilií (u vápenců např. litotamniové, lasurnaté, korálové aj.). U vápenců bez vápnitých schránek se používají termíny kalový (kryptozrnitý - mikritový), oolitický (seménkový, s oolity), pizolitický (hrachovec, s pizolity), hlíznatý, chuchvalcovitý, uzlovitý (s hlízami a chuchvalci vápnité hmoty), brekciovitý (s ostrohrannými vápnitými klasty), laminární (s ploše paralelními texturami).

Silicity jsou horniny s více než 50% neklastického křemene a mají zpravidla specifické názvy (u siliců organického původu je název podle zúčastněných organismů).

Manganolity obsahují víc než 10% nerostů Mn. Podle nerostného složení jsou oxidické a karbonátové, podle struktur detritické, oolitické, pisolitické a kalové.

Fosfority obsahují min. 50% nerostů fosforu a podle struktur se rozlišují biogenní, biodetritické, oolitické a kalové.

Ality obsahují víc než 50% hydroxidů hliníku. Náleží sem zemité laterity a oolitické, pisolitické pórovité i kompaktní bauxity.

Ferolity obsahují min 50% Fe. Podle nerostného složení jsou oxidické, silikátové, karbonátové, podle struktur se rozlišují oolitické a pisolitické (seménkové), zrnité, kalové, detritické.

Evapority obsahují víc než 50% solí. Dělí se podle mineralogického složení (sádrovec, halit) a podle struktur (zrnité, vláknité, sférolitové).

Textury sedimentů

Většina usazenin má ploše paralelní čili vrstevnatou stavbu. Vrstevnatost rozlišujeme podle mocnosti vrstev (lavicovitá, deskovitá, lupenitá).

lavicovitá	velmi tlustě	nad 100 cm	lavice
	tlustě	50 - 100 cm	
	tence	25 - 50 cm	
deskovitá	tlustě	5 - 25 cm	desky
	tence	1 - 5 cm	
lupenitá	hrubě	0,2 - 1 cm	laminy
	tence	pod 0,2 cm	

Usazeniny, kterým chybí paralelní stavba označujeme masivními. Většina sedimentů má pórovitou stavbu. Mezi vnitřní textury patří zvrstvení a nerovnosti na vrstevních plochách o kterých už bylo pojednáno.

K významným vnitřním texturám patří konkrece, které mohou mít různé složení (jílovité, křemité, karbonátové, pyritové, fosforitové, manganové).

Struktury magmatických hornin

- podle absolutní velikosti

velkozrnné	větší než 33 mm
hrubozrnné	3.3 - 33 mm
střednězrnité	1.0 - 3.3 mm
drobnozrnné	0.33 - 1.0 mm
jemnozrnné	0.1 - 0.33 mm
velmi jemnozrnné	pod 0.01 mm
- podle stupně krystalizace: celokrystalické (faneritické), polokrystalické, sklovité (vytrofyrické);
- podle relativní velikosti součástí: rovnoměrně zrnité a porfyrické;
- podle stupně idiomorfie a stupně krystalizace nerostů (tyto struktury lze většinou spolehlivě stanovit jen mikroskopicky), patří sem např. granitická, gabrově zrnitá, ofitická (lišťovitá), grafitická (písmenkovaná) a řada dalších.

Textury magmatických hornin

Většina vyvřelých hornin má všesměrnou stavbu. Paralelní textura se projevuje přednostní orientací nerostů, smouh, uzavřenin, dutin, pórů, mandlí. Specifickým typem této textury je proudovitá textura, způsobená prouděním magmatu výlevných hornin. Centrické textury se projevují seskupením nerostů kolem určitých center. Nejčastější je kulovitá stavba, která podmiňuje i kulovité zvětrávání. Patří sem i perlitická a bobová stavba některých sopečných skel a výlevných hornin. Pro lávy utuhlé pod vodní hladinou je typická polštářová stavba.

Intruzivní horniny mají kompaktní stavbu. U výlevných hornin se setkáváme s pórovitou a mandlovcovitou stavbou.

Struktury metamorfovaných hornin

- podle absolutní velikosti zrn (zrnitost) se metamorfované horniny hodnotí obdobně jako vyvřeliny;
- podle habitu převládajících nerostů: zrnité (granoblastické), lupenité (lepidoblastické), sloupcovité (nematoblastické), jehličkovité a vláknité (fibroblastické);
- podle relativní velikosti součástí: homeoblastické, heteroblastické, porfyroblastické;
- reliktní struktury se vyjadřují předponou blasto- k původní struktuře (př. blastoporfyrická, blastopsamitická ap.);
- deformační struktury: tektonoplastická (nerosty jsou deformovány), tektonoklastická (nerosty jsou drceny), porfyroklastická (v drti vystupují větší zrna), mylonitická (drť bez reliktních zrn).

Textury metamorfovaných hornin

Všesměrné textury mají u přeměněných hornin některé krystalické vápence, hadce, eklogity, příp. skarny, magnezity apod. Většina přeměněných hornin má textury paralelní a to především ploše paralelní nebo lineárně paralelní (pokud je výrazná lineace). U paralelních textur rozlišujeme dále páskované, pláštěvné a stěbelnaté. Mezi další časté textury patří okaté, perlové, čočkovité, brekciovité, skvrnité.

Významné textury mají smíšené horniny (migmatity): stromatit (paralelně páskovaný), ptygmatit (silně zprohýbaný stromatit), flebit (síťovité žilkování), oftalmit (se světlými čočkovitými útvary), agmatit (brekciovitý), nebulit (tmavé smouhy), stiktolit (migmatit žulového vzhledu).

Lom a čerstvost horniny

Lom horniny může být rovný, nerovný, lasturnatý, tříštnatý, zemitý. Lomné hrany ostré nebo zaoblené. Pro některé úlomkovité horniny je typický rozpad (je podmíněn puklinatostí). U jílovců je častý rozpad střípkovitý, destičkovitý, roubíkovitý; u prachovců i polygonální, kostkovitý. Pro magmatické horniny je typická odlučnost (kvádrovitá, deskovitá, sloupcovitá, kulovitá).

Podle čerstvosti rozlišujeme horniny čerstvé (nerosty nejsou ani navětralé), navětralé (některé nerosty jsou zvětralé), zvětralé (většina nerostů je zvětralá), rozložené (všechny nerosty jsou změněny druhotnými přeměnami; druhotné přeměny vedou i ke změně barvy horniny).

Tektonika

Na výchozech skalního podkladu zjišťujeme a zaznamenáváme strukturní údaje o směru a sklonu vrstev a dalších strukturních prvků, posuzujeme polohu vrstev, hodnotíme pukliny a studujeme tektonické poruchy, které lze na odkryvu pozorovat. Orientaci foliací a lineací zjišťujeme známým a vpředu popsaným způsobem geologickým kompasem.

Foliace - strukturní plochy geologických těles, jsou výsledkem dělitelnosti hornin podle systému paralelních ploch. Primární dělitelnost sedimentů je vrstevnatost, ve strukturní geologii označovaná jako plochy S_1 (někdy S , ss , případně F_1). Druhotné foliace vznikají jako důsledek namáhání a deformace primárních těles a označují se kliváž (někdy břidličnatost). V některých případech můžeme v hornině pozorovat několik systémů paralelních plošek - kliváže (plochy S_2 , S_3 atd.); v extrémním případě může být kliváž rovnoběžná s vrstevnatostí.

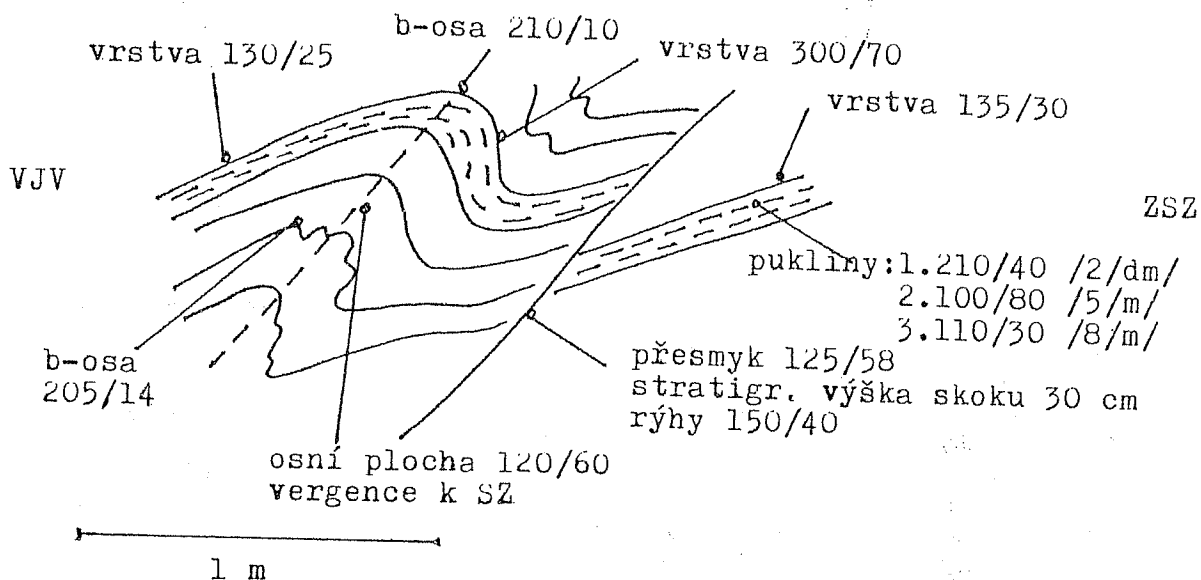
Obdobně jako plochy vrstev či kliváže zjišťujeme, označujeme a měříme i další strukturní plochy, jako jsou plochy puklin, dislokační plochy, u magmatických hornin plochy odlučnosti, žíly.

Lineace je negenetický název pro strukturní prvky protažené v linii. Při tektonické analýze území mají lineace prvořadý význam. Lineace jsou často v hornině uspořádány do paralelních systémů a jejich nositeli bývají plochy. Rozměr lineací je různý - od mnohakilometrových megastruktur (hlubinné zlomy, osy vrásových soustav) až po mikroskopické rozměry (protažení minerálů ve výbruse).

Při práci v terénu zjišťujeme tyto lineární prvky:

- osy vrás: spojnice nejvyšších bodů v antiklinále a nejnižších bodů v synklinále;
- vergence vrás: směr náklonu o překocování vrás, který od povídá směru působení tlaku při vrásnění; vergence je obvykle kolmá na osy vrás;
- u sedimentárních hornin zjišťujeme směr uspořádání delších os protažených valounů a směr jejich doškovitého uspořádání, orientace zkamenělin, především uspořádání dlouhých schránek nebo stonků; uspořádání hieroglyfů (proudových stop, vlečných rýh, os čeřin, šikmého zvrstvení aj.);

- u magmatických hornin měříme orientaci, případně protažení pórů, mandlí, dutin, uzavřenin, šlírů apod.;
- u metamorfovaných hornin měříme směry vráskování a svrštění na foliacích, orientaci protažení minerálů, ok, čoček aj.;
- u tektonických struktur měříme orientaci rýhování na dislokačních plochách, orientaci průsečnic tektonických ploch s plochami prvního řádu, tj. především systémy puklin.



Obr.35. Jednoduchý náčrt geologického detailu s naměřenými strukturálními prvky.

Při měření lineací na plochách můžeme použít jenom úhloměru; v takovém případě však musíme toto měření vztáhnout vůči určitému směru, který změříme na foliaci kompasem.

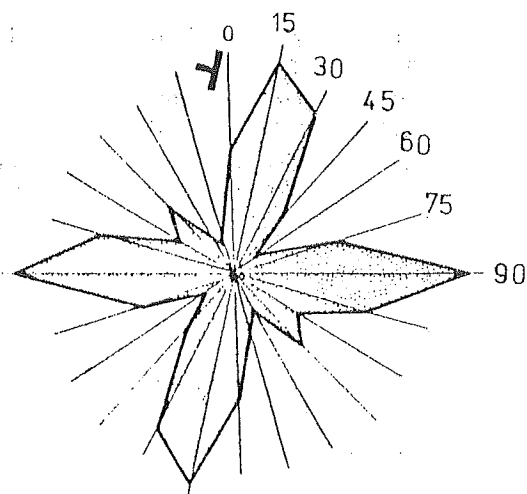
Měříme-li strukturální prvky na odkryvu, označujeme shodné prvky shodným symbolem, abychom mohli provádět větší počet měření téhož prvku. Zároveň je vhodné zhotovit jednoduchý náčrt měřených prvků s jejich označením (obr.35). Při analýze vztahů mezi uspořádáním strukturálních prvků a směrem tektonického pohybu, který toto uspořádání podmínil, používáme prostorového pravouhlého souřadnicového systému; v něm mají jednotlivé osy určitou orientaci vůči směru hlavního pohybu:

- osa **b** směřuje kolmo na směr hlavního pohybu a je shodná se směrem vrásových os, s průběhem lineací, protažením minerálů aj. a leží v ose hlavní foliace;
- osa **a** je orientována ve směru hlavního pohybu, je kolmá na osu **b** a leží v rovině foliace;
- osa **c** je kolmá na rovinu proloženou osami **a** a **b**.

Vzhledem k tomu, že se pro správné hodnocení strukturálních systémů provádí obvykle větší počet měření téhož prvku, je nutné výsledky měření zpracovat statisticky, případně graficky. Nejčastěji se používá tzv. tekonogramů, tj. stereografických, bodových nebo čárových projekcí naměřených hodnot.

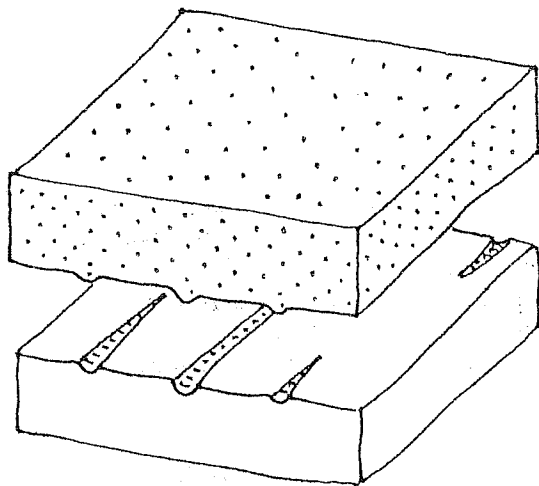
V nejjednodušším případě můžeme pro statistické hodnocení většího počtu měření použít výpočtu aritmetického průměru, případně rozptylu naměřených hodnot. Jednoduchou grafickou metodu hodnocení jednoho strukturálního prvku (např. směru sklonu) je růžicový (puklinový) diagram (obr.36). Z diagramu vyčteme hlavní a vedlejší směry sledovaného strukturálního prvku, příp. rozptyl hodnot. Diagram zhotovujeme z velkého počtu měření nejčastěji směrů puklin, následujícím způsobem:

- naměřené hodnoty např. směru sklonu puklin rozdělíme do grup, např. po 10^0 (1^0 - 10^0 , 11^0 - 20^0 atd.);
- sestrojíme růžici (příp. její polovinu) a od středu růžice vynášíme paprsky se středními hodnotami zvolených grup;
- na paprsky vynášíme ve zvoleném měřítku četnost puklin;
- body četnosti na sousedních paprscích vzájemně spojíme.



Obr.36. Cloosův růžicový diagram puklin.

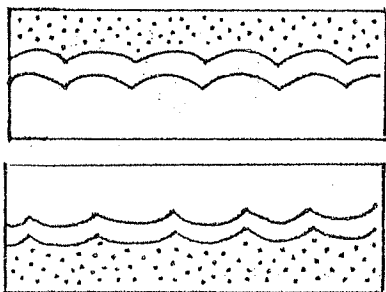
Poloha vrstev v normálním stratigrafickém sledu je zachována pouze v tektonicky málo porušených oblastech. Na území postiženém výraznějším vrásněním se setkáváme s převráceným či překocným sledem vrstev (vrstvy jsou postaveny na hlavu). Překocené polohy indikuje celá řada jevů, které můžeme na vrstvách pozorovat. Správnou pozici nám pomáhá především objasnit zvrstvení a nerovnosti na vrstevních plochách. Hieroglyfy bývají zpravidla vyvinuty na spodních vrstevních plochách pískovců, jako výplně depresí svrchní vrstevní plochy jílovců a prachovců, kde vznikaly hrabavou činností organismů, případně jako erozní stružky, vlečné rýhy ap. V případě, že se nám tyto výplně objeví v nadloží, můžeme usuzovat, že se jedná o spodní vrstevní plochy převráceného sledu (obr.37). Obdobně lze dobře vyhodnotit převrácenou nebo původní polohu čeřin, případně jejich výlitků na spodní vrstevní ploše (obr.38).



Obr.37. Erozní stružky na svrchní ploše vrstvy jílovce a jejich výlitek na spodní ploše pískovce.

Rovněž podle bahenních prasklin lze velmi dobře indikovat jak svrchní, tak i spodní vrstevní plochu vrstvy, ve které prasklina vznikla, ale i spodní vrstevní plochu vrstvy, která se usadila na vrstvě s bahenními prasklinami a která praskliny vyplnila (obr.39). Převrácený vrstevní sled lze dobře posoudit i z pozice sbíhavého či křížového zvrstvení a z pozice pozitivně gradačního zvrstvení (u překocných vrstev dochází ke zjemňování frakce od shora dolů). Převrácený vrstevní sled můžeme posoudit i z orientace zkamenělin - většina klenutých schránek nebo misek je pohřbena klenutostí vzhůru (je to důsledek proudění a vlnění). Nalezneme-li ve vrstvě polohu se zkamenělinami orientovanými klenutostí dolů, můžeme předpokládat, že vrstva byla převrácena. V uhlonosných souvrstvích jsou naspodu slojí vyvinuty tzv. kořenové (stigmariové) půdy, tj. prachovce s kořínky uhlotvorné květeny.

Pukliny a trhliny doprovázejí zpravidla tektonicky silně namáhané série. Trhliny, které jsou výsledkem tahových napětí (tvoří se paralelně s osou **a**) bývají otevřené nebo druhotně vyplněné zpravidla kalcitem nebo křemenem, případně žilnými horninami nebo i rudními žilami. Povrch ploch trhlin je většinou nerovný a zazubený. Tlakové pukliny (tvoří se hlavně kolmo na tlak, paralelně s osami **b**) jsou obvykle přímé, mají hladké plochy, jsou sevřené a často je odhalíme až při odlamování horniny kladivem. Podle orientace puklin k převládajícímu směru vrstev, rozlišujeme pukliny příčné, podélné a šikmé. Vrstevní pukliny jsou shodné s vrstevnatostí. Často můžeme pozorovat pukliny jen v některých vrstvách souvrství (např. ve vrstvách pískovců) a do nadložních či podložních plastičtějších hornin jílovců nebo prachovců nepokračují (obr.40).



Obr.38. Vodní čerňiny v původní a překocené poloze.

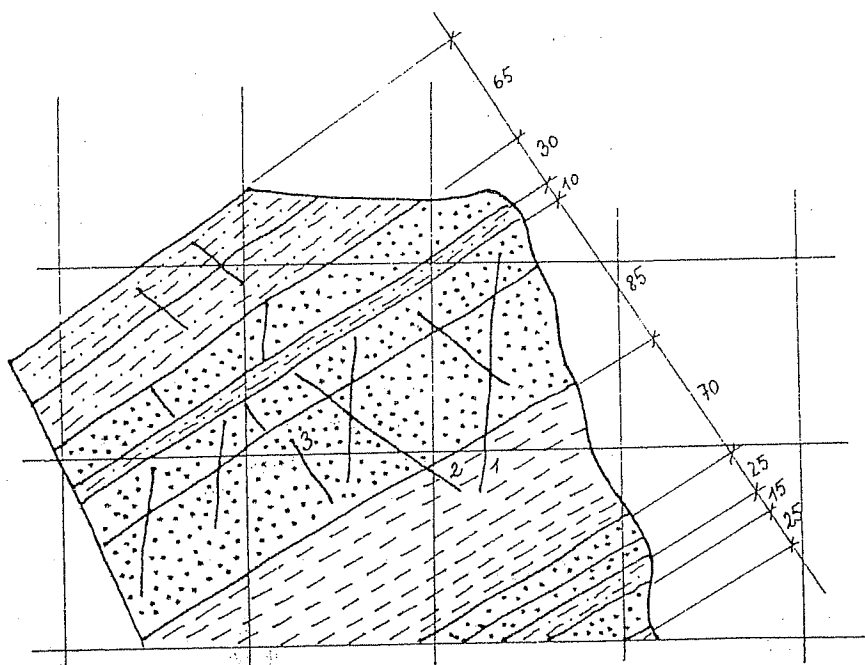
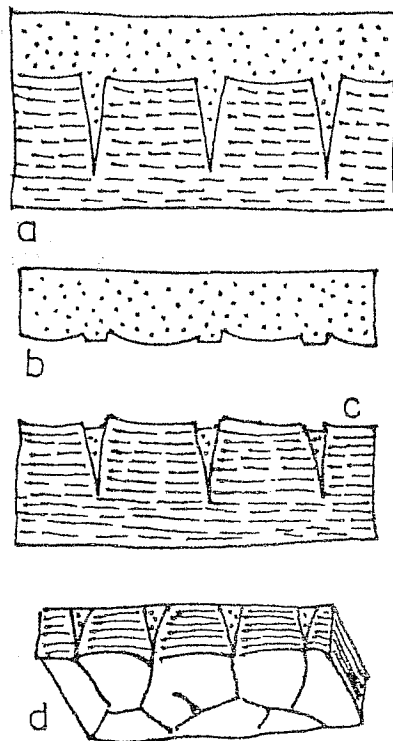
Při měření puklin kompasem můžeme měřit plochy puklin, ale častěji měříme průmět pukliny v ploše vrstvy jako lineaci nebo systémy lineací. U systémů puklin pak zjišťujeme četnost puklin na jednotku délky. Četnost zjišťujeme kolmo na směr puklin. Při hodnocení puklin na odkryvu je vhodné zobrazit orientaci puklin jednoduchým náčrtem (obr.35). Při studiu puklin se tedy zaměřujeme na jejich orientaci, četnost, rozevřenost, kvalitu ploch puklin, výplň puklin a puklinové soubory. Důležitými znaky jsou i směr sklonu plochy pukliny a velikost jejího sklonu - můžeme je měřit jen na ploše pukliny.

Tektonické poruchy lze na menších odkryvech posoudit jenom z nespojitosti v průběhu primárních struktur, případně z rozdílu sklonů vrstev. Na větších odkryvech můžeme pozorovat některé vrásné či zlomové poruchy.

U vrásných poruch nebo jejich částí zjišťujeme druh poruchy, která se na odkryvu vyskytuje (vrása, flexura, antiklinála apod.), dále druh vrásy (šikmá, izoklinální ap.), její strukturní znaky (osa vrásy, vrchol, zámková linie ap.) a její rozměry (šířku, výšku). Všimáme si charakteru vrásných jader, disharmonického vrásnění, rozpukání, ohlázů, zaškrcování ap.

U dislokací zjišťujeme druh dislokace (posun, přesmyk, pokles), smysl pohybu ker u kerných dislokací, orientaci dislokace s ohledem na směr vrstev (příčné, směrné, diagonální) a s ohledem na úklon vrstev a zlomové plochy (souklonný a protiklonný zlom). Zároveň si musíme ujasnit zda se jedná o dislokaci kernou nebo vrásovou a v případě, že lze na odkryvu pozorovat jen jednu z ker dislokace, uvážíme zda se jedná o kru nadložní nebo podložní. Zvláštní pozornost věnujeme charakteru, směru a sklonu dislokačních ploch a měření vzdáleností ker na zlomu.

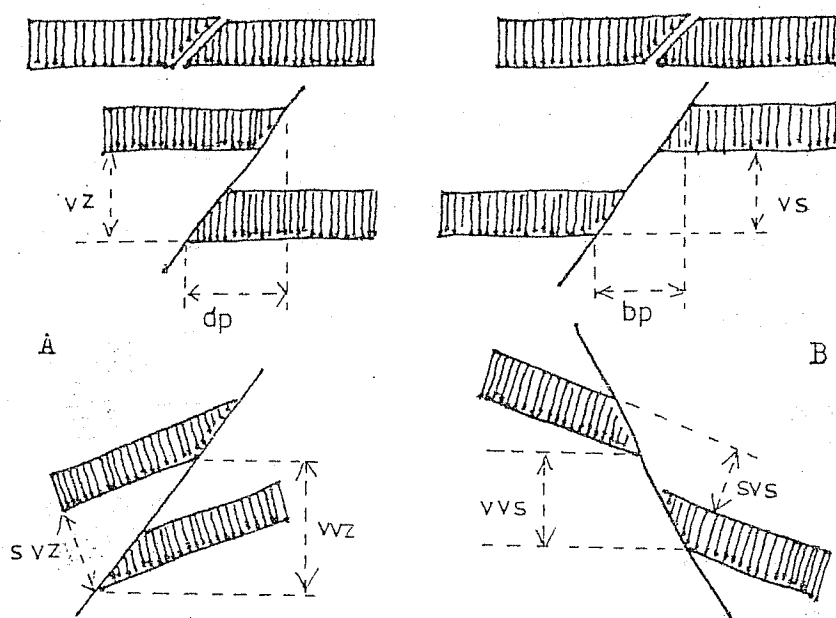
Obr.39. Bahenní praskliny; a - vyplnění prasklin pískem, b - odlomená vrstva pískovce, c - vrstva jílovce s prasklinami vyplněnými pískovcem, d - spodní plocha vrstvy s prasklinami.



Obr.40. Detailní náčrt skalní stěny s vyznačením druhu hornin, mocností a systémů puklin.

U zlomů měříme vertikální (strukturní) výšku skoku (zdvihu) - vertikální vzdálenost horizontálních rovin proložených průsečíky spádnice zlomové plochy s identickou vrstevní plochou na vysoké a nízké kře; stratigrafickou výšku skoku (zdvihu) - kolmou vzdálenost mezi identickou vrstevní plochou na vysoké a nízké kře; délku překrytí u přesmyku - horizontální vzdálenost překrytí ker v řezu kolmém na strukturu; délku přeryvu (u poklesu) - horizontální vzdálenost oddálení ker v řezu kolmém na strukturu (srv. obr.41).

Relativní pohyb zlomových ker lze posoudit z povahy dislokačních ploch. Pokud jsou vyhlazené (tektonická zrcadla) můžeme na nich nalézt (někdy jen hmatem) rýhování, zv. také tektonické seismogramy. Směr rýhování lze měřit jako lineace a naznačuje nám směr vzájemného pohybu ker. Smysl pohybu lze posoudit hmatem. Pohybujeme-li dlaní ve směru pohybu kry po dislokační ploše, dlaň (prsty) se pohybují volně - v opačném směru pocítujeme odpor. Ve směru pohybu kry se rovněž rýhy na dislokační ploše rozšiřují a prohlubují. Někdy můžeme smysl pohybu ker zjistit z vleků a ohybů okraje kry u zlomové plochy, ale i z mylonitů nebo tektonických brekcí, které mohou vyplňovat poruchovou zónu.



Obr.41. Přesmyk A, pokles B; vz, vs - výška zdvihu (skoku); svz, svs - stratigrafická výška zdvihu (skoku); vwz, vvs - vertikální výška zdvihu (skoku); dp - délka překrytí (přeryvu).

Hydrogeologické a ložiskové poznámky

Zjišťujeme a zaznamenáme případný vývěr podzemní vody (pramen, příp. jeho druh) v blízkosti studovaného odkryvu. Pokud se pramen vyskytuje přímo na odkryvu, označíme místo výronu (vrstvu puklinu apod.) Poznamenejme rovněž druh vody (prostá, minerální), případně vydatnost pramene (v l/sec.) a chemismus.

Z hlediska nerostných surovin nás bude zajímat, je-li nebo byla-li hornina na odkryvu využívána jako nerostná surovina a k jakému účelu (příležitostná těžba stavebního kamene ap.). Rovněž zjišťujeme projevy mineralizace.

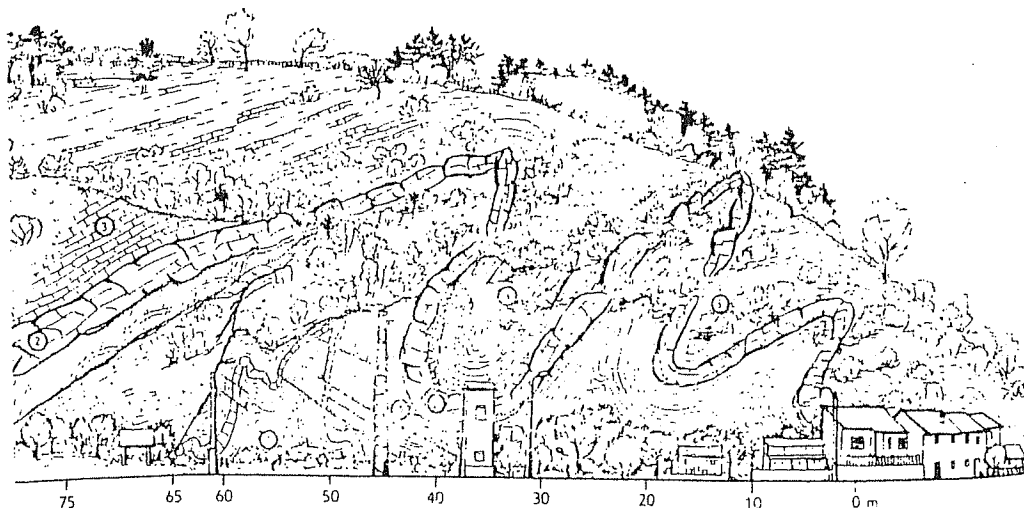
OBRAZOVÁ DOKUMENTACE

Jako obrazovou dokumentaci pořizujeme přehledný, příp. i půdorysný nákres odkryvu, jednak, podle okolností, detaillní kresby nebo fotografické snímky zajímavých geologických jevů a náčrty strukturních prvků, které měříme. Kresby provádíme v určitém zmenšení nebo do čtvercové sítě s udanými rozměry čtverců. U odkryvů sedimentárních hornin zhotovujeme stratigrafický profil vrstevního sledu. Obrazová dokumentace obsahuje vedle měřítka také název lokality, topografickou orientaci, datum vyhotovení a jméno autora.

Nákres odkryvu

Do nákresu odkryvu, který slouží jako geologická dokumentační skica, zachycujeme důležité geologické jevy na odkryvu z celkového pohledu (obr.42). Vyznačíme celkové proporce odkryvu a hlavní geologické struktury jako průběh vrstev, významné tektonické poruchy - vrásky, zlomy, stratigrafická

rozhraní a průběh významných horizontů. Obrazovou dokumentaci lomů je vhodné doplnit půdorysným nákresem s vyznačením lomových stěn, jam, hald, manipulačního prostoru apod. Náskres doplníme vysvětlivkami a vhodným měřítkem.



Obr. 42. Celkový náskres odkryvu

Detailní kresby

Významné drobnější geologické jevy (např. drobné vrásy, zlomy, diskordance, kontakty, žilky, hieroglyfy aj.) zachytíme pečlivou kresbou. Uvedeme přesné rozměry. Sem náleží rovněž náčrty měřených strukturních prvků, u kterých můžeme uvést i naměřené hodnoty (obr. 35 a 40).

Fotodokumentace

Pomocí fotoaparátu zachycujeme geologické poměry odkryvu a některé detaily. Fotografie nám může do značné míry nahradit předcházející kresby. Přitom je možné na snímcích zdůraznit graficky (např. tuší) důležitá rozhraní nebo jiné významné geologické jevy. Při fotografování menších celků nebo detailů je nutné přiložit k fotografovanému jevu měřítko nebo porovnatelný předmět (kladivo, kompas, mince).

Stratigrafický profil

U odkryvů, které jsou tvořeny usazenými horninami, případně vulkanoklastiky, sestavujeme stratigrafický profil. Je to kolonka, ve které jsou ve stratigrafickém sledu znázorněny dohodnutou šrafovou a ve vhodném měřítku, horniny jednotlivých vrstev, které v odkryvu vystupují. Stratigrafický profil je samozřejmě dokumentací všech geologicko průzkumných prací jako jsou vrty, sondy, šachtice, rýhy ap.

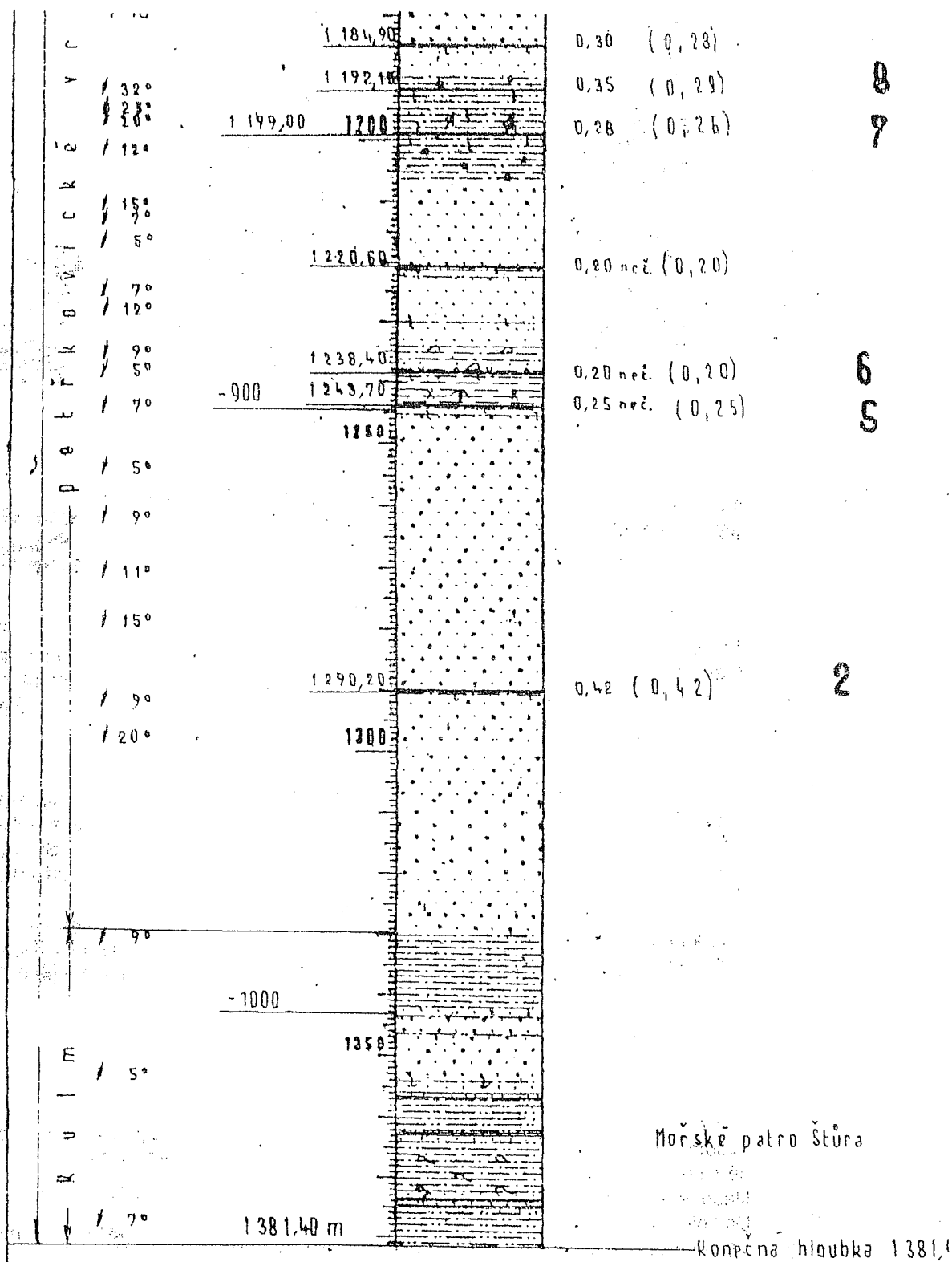
V profilu se naspodu znázorňují nejstarší vrstvy odkryvu a nahoře nejmladší. Mocnost vrstev se zaznamenává v měřítku (zmenšení), které se volí podle okolností (velikost odkryvu, celková mocnost vrstevního sledu, účel použití aj.). Profil sestavujeme nejčastěji v těchto měřítkách:

1:100	1 m	=	1 cm
1:200	10 m	=	5 cm
1:250	10 m	=	4 cm
1:500	10 m	=	2 cm
1:1000	10 m	=	1 cm

Po pravé straně profilu (kolonky) zapisujeme ke každé vrstvě její mocnost v cm. Po levé straně uvádíme číslo vrstvy (číslování provádíme odspodu, od nejstarších vrstev na odkryvu), které je shodné s číslem horniny v makropetrografickém popisu. Po levé straně se také poznamenává odběr dokladového vzorku (např. číslo v kruhu). Toto označení je pak shodné s číslem na sáčku se vzorkem. Do kolonky příslušné vrstvy poznamenáváme smlouvenou značkou výskyt zkamenělin, konkrécií apod. Vrstvy mezi kterými probíhá diskordance oddělujeme vlnovkou.

U stratigrafických profilů vrtů je po levé straně měřítko délky vrtu od jeho ústí v metrech, údaj o vzdálenosti (hloubce) významných horizontů, příp. slojí od ústí vrtu v metrech a stupnice nadmořských výšek. Rovněž zde bývají hodnoty inklinometrických a stratametrických měření (úklony vrstev) a další údaje.

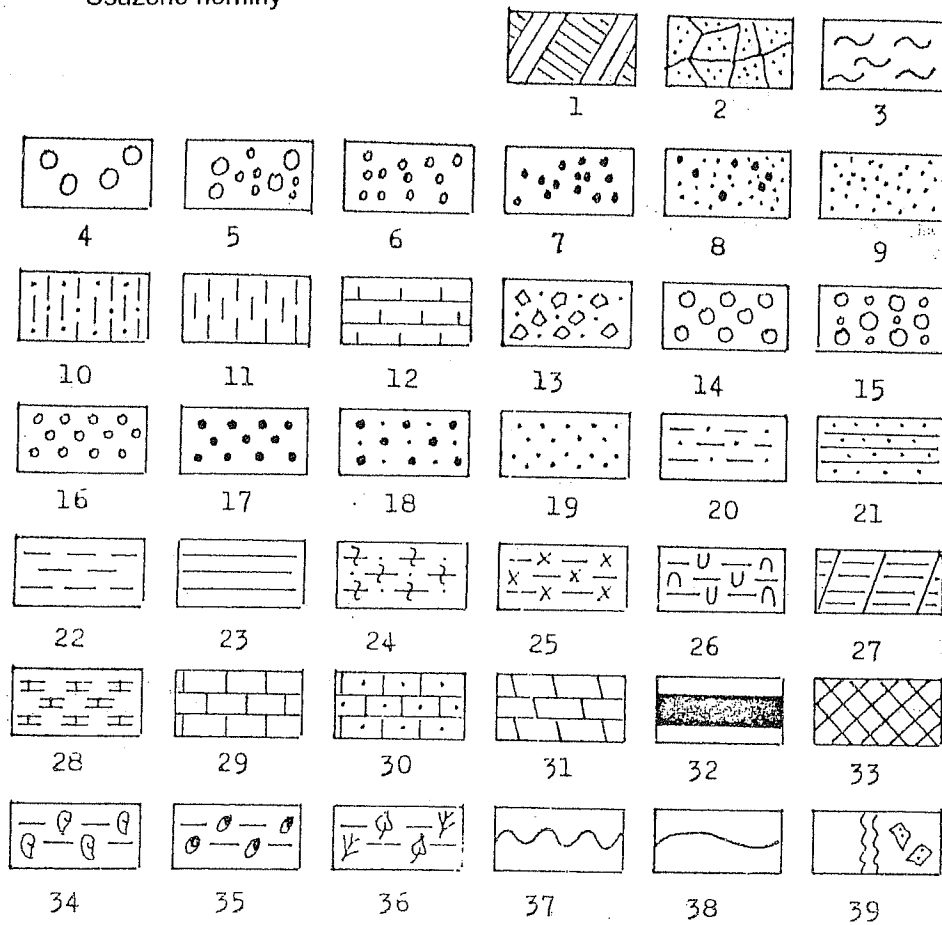
V hlavičce profilu je označení lokality, stratigrafická pozice, měřítko, datum vyhotovení, jméno autora, legenda grafických značek, příp. situační plánec a další údaje.



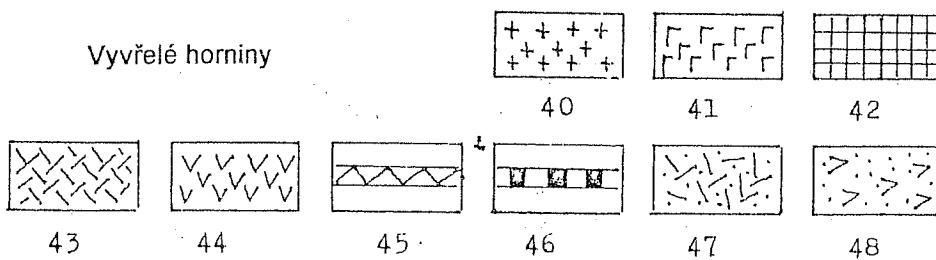
Obr. 43. Spodní část stratigrafického profilu průzkumného vrtu na uhlí v oblasti Těšínska. Ve vrtu je zachycena báze produktivního karbonu (petřkovických vrstev) a nejvyšší část neproduktivního karbonu (vrstev kyjovických). Měřítko 1:1000.

Grafické značky hornin

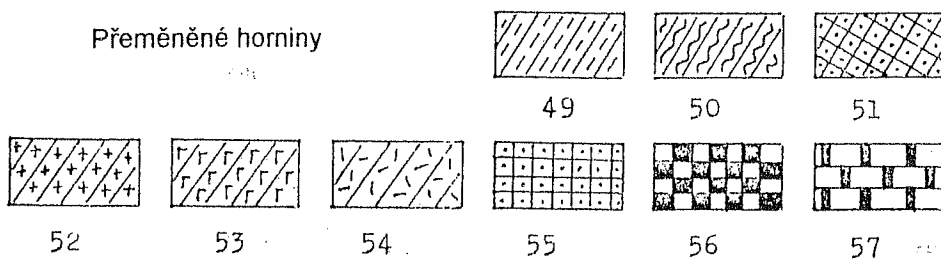
Usazené horniny



Vyvěřelé horniny



Přeměněné horniny



Legenda ke grafickým značkám

Usazené horniny: 1 - ornice, 2 - spraš, 3 - hlína, 4 - hrubozrnný štěr, 5 - středozrnný štěr, 6 - jemnozrnný štěr, 7 - hrubozrnný písek, 8 - středozrnný písek, 9 - jemnozrnný písek, 10 - písčité jíl, 11 - jíl, 12 - slín, 13 - brekcie, 14 - slepenec hrubozrnný, 15 - slepenec středozrnný, 16 - slepenec jemnozrnný, 17 - pískovec hrubozrnný, 18 - pískovec středozrnný, 19 - pískovec jemnozrnný, 20 - prachovec, 21 - prachová břidlice, 22 - jílovec, 23 - jílovitá břidlice, 24 - kořenová půda, 25 - jílovec s konkréciemi, 26 - uhelný jílovec, 27 - křemitá břidlice, 28 - slínovec, 29 - vápenec, 30 - písčité vápenec, 31 - dolomit, 32 - sloj (lože), 33 - křemitý tuftický pelit (ostravský brousek), 34 - mořská fauna, 35 - sladkovodní fauna, 36 - flóra, 37 - diskordance zjevná, 38 - diskordance skrytá (rozmyv), 39 - poruchové pásmo a mylonit.

Vyvřelé horniny: 40 - granitoidy, 41 - gabroidy, 42 - ultrabazika, 43 - rylitoidy, 44 - bazaltoidy, 45 a 46 - žíly, 47 - rylitové tufy, 48 - tufy bazaltoidů.

Metamorfované horniny: 49 - parabřidlice (fylity), 50 - parabřidlice (svory, ruly), 51 - metakvarcity, 52 - ortobřidlice (kyselé), 52 - ortobřidlice (amfibolity, eklogity), 54 - zelené břidlice (metamorfované tufy), 55 - serpentinity, 56 - krystalické vápence, 57 - krystalické dolomity, erlány.

HMOTNÁ DOKUMENTACE

Pod tímto pojmem rozumíme horniny, které odebíráme na studovaném odkryvu. Při dokumentaci odebíráme vzorek z každého typu horniny. Kromě dokumentačního materiálu jsou ještě odebírány vzorky pro další - laboratorní zpracování (zvláště pro zhotovení petrografických výbrusů k přesnému určení hornin). V případě, že horniny obsahují zkameněliny, pak se fosiliferní polohy důkladně proklepou, aby byl získán co největší počet paleontologického materiálu. Z nadějných poloh se pak odebírá materiál pro mikropaleontologické rozbor. Pokud lokalita obsahuje mineralogické nálezy, rovněž se provádí jejich odběr.

Dokladový materiál, zvláště pak materiál určený do sbírek (v našem případě materiál určený pro výuku) se upravuje pomocí geologického kladiva do tzv. formátů, tj. do plochých kvádrů o rozměru 9x12x2 cm. Menších formátů o rozměru 6x9 cm se používá na multiplikáty. Vzorky se zkamenělinami nebo nerosty se do formátu neupravují.

Každý odebraný vzorek balíme do papíru a vkládáme do sáčku. Ke vzorku přikládáme lístek - eti-
ketu s následujícími údaji: název horniny, místo sběru (lokalita), stratigrafická pozice (název vrstev, souvrství, stratigrafické jednotky), jméno sběratele, datum sběru. Bez těchto údajů je vzorek bezcen-
ný. Lokalitu zapíšeme rovněž na sáček se vzorkem. Na sáček můžeme poznamenat i číslo doklado-
vého vzorku, které je shodné s číslem vzorku ve stratigrafickém profilu.

PRÁCE S GEOLOGICKOU MAPOU

Z kartografického hlediska je geologická mapa mapou doplňkovou - topografický podklad je zde doplněn o rozšíření různých druhů hornin, stratigrafických jednotek a údajů o geologické stavbě. Z geologického hlediska je geologická mapa zmenšený, generalizovaný obraz geologické situace, znázorněný na vhodném topografickém podkladu.

Dělení geologických map

Geologické mapy zpravidla dělíme podle jejich účelu (resp. použité metody k jejich zhotovení), velikosti měřítka, topografického podkladu, povahy a kvality dokumentace a hloubky odkrytí nebo sondáže.

Dělení map podle účelu

Podle účelu, ke kterému jsou geologické mapy zhotoveny, rozdělujeme geologické mapy na komplexní a specializované.

Komplexní geologické mapy jsou mapy se širokým zaměřením, na kterých jsou uvedeny podstatné údaje o geologické stavbě zobrazeného území, jeho stratigrafii a tektonice.

Specializované geologické mapy jsou zhotoveny s ohledem na zobrazení geologických jevů a jsou zpravidla zhotoveny specifickými metodami. K nejvýznamnějším specializovaným geologickým mapám náleží:

- stratigrafické mapy znázorňují rozšíření litostratigrafických nebo biostratigrafických jednotek, případně jediné dílčí stratigrafické jednotky (útvary, oddělení, zóny, souvrství, členu apod.);
- faciální mapy, které znázorňují rozšíření a sled jednotlivých facií v určitém malém časovém intervalu (např. rozšíření petrografických facií v intervalu určité podzóny středního devonu);
- paleogeografické mapy znázorňují rozšíření základních geografických facií v určitém větším stratigrafickém intervalu (rozšíření pevnin a moří v Evropě ve svrchní křídě);

- tektonické mapy znázorňují vztah geologických jednotek k tektonickým pochodům, postup konsolidace oblastí, vyjadřují příslušnost k tektonickým jednotkám, zobrazují tektonický styl oblastí; podrobné tektonické mapy znázorňují průběh všech tektonických jevů; geotektonické mapy zobrazují globální tektonický vývoj litosféry i s ohledem na další endogenní procesy (vulkanismus, zemětřesení, metalogenese aj.);
- strukturně geologické mapy zobrazují geologická tělesa (strukтуры) v hloubce pomocí výškových vrstevnic - stratoizohyps; zvláštním případem jsou mapy izolinií mocností, které znázorňují změny v mocnostech vrstev nebo významných struktur;
- hydrogeologické mapy zobrazují závislost režimu spodních vod (infiltraci, soustředování, komunikaci, výstup, mineralizaci apod.) na geologické stavbě;
- kvartérní mapy (mapy čtvrtohorních pokryvných útvarů) znázorňují rozšíření podrobně členěných kvartérních sedimentů, případně pochodů, které ovlivňovaly rozrušování a odnos skalního podkladu;
- ložiskové mapy (mapy ložisek nerostných surovin) soustřeďují údaje o stavbě, jakosti a zásobách ložisek nerostných surovin;
- inženýrsko-geologické mapy zobrazují geologickou situaci s ohledem na budování inženýrských staveb - budov, mostů, přehrad, komunikací apod. (únosnost podloží, svážnost terénu; porušenost, propustnost, jakost, agresivita hornin skalního podloží) a s ohledem na jejich zajištění;
- mapy geofaktorů životního prostředí zobrazují tektonické, horninové, hydrogeologické, geochemické, geofyzikální aj. geologické jevy, které ovlivňují životní prostředí, vč. zásahů při dobývání nerostných surovin, budování deponií odpadů, střetů zájmů při činnostech v krajině aj.;
- mezi specializované geologické mapy můžeme počítat i mapy geomorfologické, pedologické, vojensko-geologické aj.

Dělení map podle měřítka

Podle velikosti použitého měřítka rozdělujeme geologické mapy na mapy přehledné (s měřítkem menším než 1:100 000), základní (nejčastěji s měřítkem 1:20 000, 1:25 000 a 1:50 000) - tyto mapy jsou vhodné pro územní plánování a projektové práce; mapy podrobné mají měřítka větší než 1:10 000, zpravidla 1:5 000, ale i větší (katastrální plány) - tyto mapy slouží ke zobrazení detailů složitých území a jejich zpracování je zpravidla podmíněno konkrétní potřebou (např. stavební, báňské, ložiskové cíle).

Dělení map podle hloubky odkrytí

Podle hloubky odkrytí rozlišujeme mapy zakryté (přikryté), které znázorňují rozšíření geologických jednotek, vč. nerozlišených pokryvných útvarů, za které se při povrchovém geologickém mapování považují čtvrtohorní uloženiny; mapy odkryté, které znázorňují geologickou situaci skalního podkladu, tj. bez pokryvných útvarů; mapy podpovrchové (hlubinné) zobrazují geologickou situaci na pohrbeném reliéfu nebo v určitém hloubkovém intervalu, případně zobrazují určitou hlubinnou strukturu; tyto mapy je možné sestavit na základě vrtných nebo důlních prací; zvláštním případem podpovrchových map jsou různé druhy map důlních.

Geologické mapování

Geologická mapa je výsledkem práce geologa nebo skupiny pracovníků pod vedením geologa. Geologické mapování znamená v podstatě zakreslit tytéž horniny a tytéž geologické jevy dohodnutými barvami, příp. šrafami a značkami na to místo v topografickém podkladu, kde se ve skutečnosti vyskytují v terénu.

Topografický podklad tvoří plán, mapa nebo důlní mapa určitého měřítka. Z hlavních požadavků, kladených na topografický podklad je jeho přesnost, dále aby na něm byly vyznačeny základní topografické údaje (komunikace, sídliště, terénní tvary povrchu, výšky, orientační body, hranice porostů a katastrů, lomy, souřadnice). Protože se při geologickém mapování používá barev k odlišení geologických jednotek, je nutné, aby byl topografický podklad nebarevný. Mapování se provádí do většího měřítka než je výsledná geologická mapa. Při převádění údajů z mapy většího měřítka (např. 1:5.000) do mapy menšího měřítka (např. 1:25 000) se vychází ze zásad generalizace (zevšeobecnění) geologických jevů.

Geologické mapování sestává z několika etap. Vlastnímu mapování předchází etapa přípravných prací. Závěrečnou část tvoří sestavení čistopisu geologické mapy, sepsání mapovací zprávy a uspořádání dokumentace a zpráv specialistů.

Vlastní mapování sestává z orientačních túr a z detailního mapování. Při orientačním mapování se geolog seznamuje s hlavní geologickou problematikou terénu, který má zpracovat. Jednotlivé orientační túry vede odkrytým terénem se snadnou orientací a zpravidla napříč směru vrstev, aby zastihl co největší část vrstevního sledu území. Zároveň prochází i různými terénními tvary, které jsou podmíněny geologickou stavbou. Při orientačních túrách musí geolog zjistit hlavní typy hornin a litostratigrafických jednotek, které budují mapované území a zároveň si musí stanovit kritéria k jejich rozlišení. Zvolí si barvy a barevné odstíny, kterými bude v mapě vymezovat stanovené jednotky. Seznámí se se základní geologickou stavbou terénu a zvolí postup dalších prací.

Při detailním mapování geolog prochází terénem napříč vrstev (zahušťuje orientační túry) a provádí i podélné túry, aby přesně vymapoval rozhraní jednotek. Provádí dokumentaci odkryvů, organizuje a dokumentuje sondážní práce. Mapuje důležité pokryvné útvary (aluvia, terasy, svahové, ledovcové, větrné, uloženiny, organické a chemické sedimenty). Výsledkem detailního mapování je i vymezení vrstevních souborů, vúdčích vrstev a horizontů a stanovení jejich detailního stáří. Zjišťuje faciální a metamorfní změny, řeší tektonickou stavbu, rekonstruuje vývoj terénních tvarů, řeší ložiskové a hydrogeologické otázky.

Mapovací zpráva, kterou je mapování uzavřeno, má za úkol doplnit a vysvětlit geologickou mapu. Zpravidla obsahuje kapitoly: geografické vymezení oblasti s geografickou, geomorfologickou, hydrografickou a klimatologickou charakteristikou oblasti; přehled dosavadního geologického průzkumu mapované oblasti; přehled geologického vývoje oblasti; přehled litostratigrafických jednotek; magmatismus oblasti; tektoniku oblasti; pokryvné útvary; nerostné suroviny; hydrogeologii; literaturu; přílohy.

Čtení geologické mapy

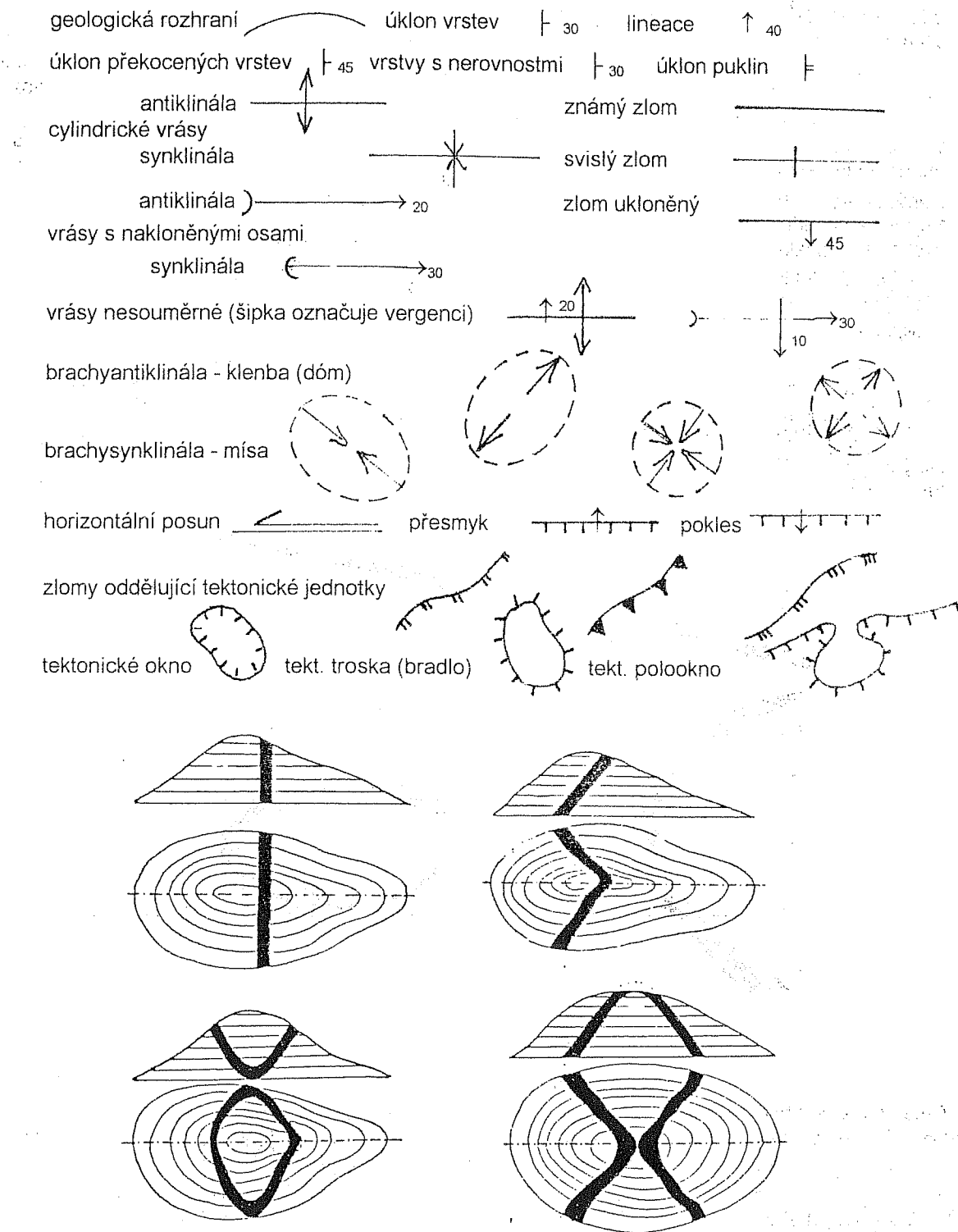
Při čtení geologické mapy se musíme nejprve seznámit s tzv. legendou mapy, ve které jsou vysvětleny všechny v mapě použité barvy, šrafy, symboly a značky. U přehledných komplexních geologických map, které jsou publikovány tiskem, se používá mezinárodně sjednocených barev pro vyjádření stáří nebo příslušnosti zobrazených jednotek. U sedimentů zásadně platí, že starší geologické jednotky jsou znázorněny tmavšími barvami, kdežto mladší - světlejšími. Pro oblasti krystalinika se používají odstíny růžové barvy. V nebarevném provedení se používá šraf, obdobě jako u stratigrafických profilů.

Přehled barev a symbolů geologických map

jednotka - hornina	barva	symbol
kvarter	bílá	Q
holocén (aluvium)	sv. modrá	Q _{2,a}
pleistocén	neapolská žlutá	Q _{1,d}
neogén	sv. žlutá	n
paleogén	hnědožlutá	p
křída	zelená	K
jurá	modrá	J
trias	fialová	T
perm	hnědá (siena)	P
karbon	šedá	C
devon	šedohnědá	D
silur	tm. modrozelená	S
ordovik	sv. šedohnědá	O
kambrium	šedozeleň	Cm
prekambrium	růžová	Pc
granitoidy	červená	γ
gabroidy	zelená	v
bazaltoidy	fialová	β
ryolitoidy	oranžová	p
andezitoidy	zelená	α
alkalická efuziva	fialová	φ
kvarcity	tečkovaná šrafa	q
amfibolity	zelená	A
krystalické vápence	modrá	C
hadce	zelená	S

List geologické mapy bývá doplněn i stratigrafickými schématy (profily), ze kterých lze zjistit sled vymapovaných vrstev, jejich stáří, případně i jejich mocnost.

Grafické značky

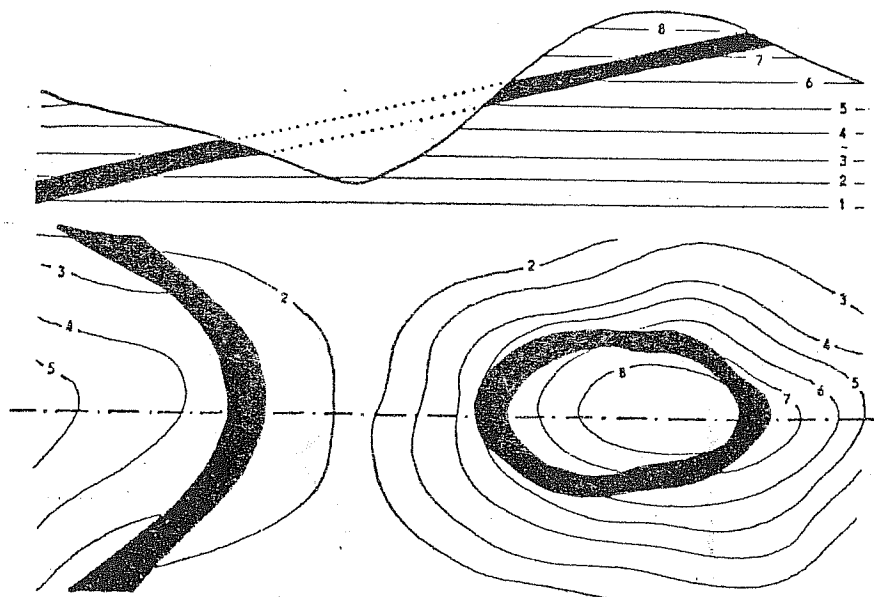


Obr.44. Příklad zobrazení ukloněných vrstev v mapě

Při čtení geologické mapy je vhodné si uvědomit, jak se v mapě zobrazují jednotlivé struktury:

- vodorovně uložené vrstvy tvoří v terénu laločnatě omezené plochy; jejich omezení probíhá souhlasně s vrstevnicemi;
 - jednoduše zvrásněné vrstvy se v rovinném terénu zobrazují jako pruhy, které se mohou opakovat; vystupují-li pruhy starších hornin uvnitř mladších, jedná se o antiklinály, v opačném případě o synklinály;
- svisle zapadající vrstvy mají i v členitém terénu přímý průběh;

- ukloněné vrstvy mají ve členitém terénu nepravidelný průběh, který závisí na morfologii terénu; obecně platí, že vrstvy zapadající proti sklonu svahu se v mapě zobrazí ve tvaru písmene **U** rozestupujícího ke svahu; vrstvy souklonné se svahem se v mapě rozestupují po svahu; vrstva protínající vrchol kopce se v mapě zobrazí výchozy ve tvaru elipsy (obr.45); obdobně se zobrazí i výchozy ramen synklinály na opačných svazích kopce (obr.44);
- mísovitě a klenbovitě struktury (brachystruktury), které vznikly zvrásněním vrásových os, se v mapě projevují elipsovitým průběhem; mísy (brachysynklinály) mají uvnitř struktury vyvinuty mladší jednotky; klenby (brachyantiklinály) mají uvnitř jednotky starší;
- diskordance poznáme v mapě podle styku dvou jednotek rozdílného směru vrstev;
- zlomy náhle utínají plynulý průběh struktur; u horizontálních posunů dochází v mapě k posunu výchozů; v pokleslých krátech (příkopy) jsou zaklesnuty mladší útvary; ve vyzdvížených krátech (hráště) vystupují starší útvary; přesmyky, přesuny, příkrovy mají v mapě zvlněný průběh vzhledem k ukloněným násunovým plochám proti směru pohybu ker a projevují se často vystupováním starších jednotek nad mladšími.
- U komplexů krystalických břidlic bývají v mapě čárkovaně znázorněny průběhy osních linií; shodné uspořádání mají i různé vložky a přeměněné magmatické horniny (ortoruly, serpentinity, kvarcity, amfibolity, migmatity aj.).
- Obnažené plutony vystupují v mapě jako nepravidelně omezená tělesa, protkaná různými systémy žilných hornin. Vulkanické horniny tvoří v terénu obvykle nápadné elevace a jsou doprovázeny tufy a tufity.



Obr.45. Zobrazení ukloněné vrstvy v mapě

Geologické mapy české republiky

Celá česká republika je velmi podrobně geologicky zmapována. Geologické mapy a zprávy k nim, stejně tak jako veškerá geologická dokumentace, vč. výsledků geologického průzkumu na celém území státu je soustředěna v centrální geologické evidenci Geofond Praha.

Z přístupných geologických map vydaných tiskem mají největší význam Geologická mapa ČSSR - mapa předčtvrťohorních útvarů v měř. 1:200.000. Mapy byly vydávány od r. 1962 a pokryly celé území někdejšího Československa. Byly dostupné ve dvou verzích - důvěrné s přesnějším topografickým podkladem a veřejné, se zjednodušeným podkladem a bez vrstevnic. Ke každému listu byla vydána textová část, zv. Vysvětlivky ke geologické mapě ČSSR měř. 1:200.000. Textová část vysvětlivek je členěna do kapitol: úvod; geologický vývoj; stratigrafie a litologie; magmatismus; tektonika; geomorfologický přehled; nerostné suroviny; hydrogeologický přehled; základové půdy; literatura. Veřejná verze těchto map byla znovu vydávána od r. 1989.

Geologická mapa ČSSR tvořila podklad pro mapy ložisek nerostných surovin ČSSR v měř. 1:200.000. Rovněž tyto mapy mají textovou část.

Výsledkem zpracování geologických map je rovněž čtyřsvazkové dílo Regionální geologie ČSSR s Atlasem map v měřítku 1:1.000.000 (Geologická mapa odkrytá, Tektonická mapa, Mapa kvartéru a zvětralínového pláště, Mapa nerostných surovin, Metalogenetická mapa, Hydrogeologická mapa,

Aeromagnetická mapa), dále Přehledná geologická mapa v měřítku 1:500.000, která byla vydána v provedení nástěnné, skládané a plastické mapy a Metagenetická mapa ČSSR v měřítku 1:500.000.

Tvorbou geologických map v České republice se zabýval Ústřední ústav geologický v Praze a na Slovensku Geologický ústav D.Štúra v Bratislavě. V současné době pokračuje s vydáváním geologických map Český geologický ústav.

Od r. 1982 jsou postupně publikovány jednotlivé listy a Vysvětlivky Základní geologické mapy ČR (dříve ČSSR a ČSFR) v měřítku 1:25.000. Jedná se o odkryté mapy.

Počátkem 80.ých let začala edice Základní hydrogeologické mapy ČSSR v měřítku 1:200.000 s vysvětlivkami k této mapě a se dvěma verzemi (hydrogeologická mapa a mapa chemismu podzemních vod). V současné době je těmito mapami pokryto celé území ČR.

Další významnou edicí jsou Mapy geofaktorů životního prostředí v měř. 1:50.000. Každý list obsahuje 11 druhů map:

- geologická mapa tvoří základ celé edice; většinou se jedná o mapu vč. čtvrtohorních útvarů, u některých listů je vydána i odkrytá geologická mapa. Geologické mapy jsou odvozeny od základní geologické mapy ČR.
- hydrogeologická mapa znázorňuje typy ložisek podzemních vod a přináší informace o jejich kvalitě, využitelnosti a ochraně. V mapě jsou vyznačeny: typ hydrogeologického kolektoru, kvantitativní charakteristika zvodnělého kolektoru (transmisivita), kvalita podzemní vody z hlediska zásobování pitnou vodou, hranice zvodněných systémů a kolektorů, pramenní vývěry (vydatnost), dynamika podzemní vody, minerální vody, superpozice zvodněných kolektorů a izolátorů.
- mapa geochemie povrchových vod podává informace o současném stavu acidifikace vodních toků a tím nepřímo i půd v povodí, o koncentraci vybraných stopových prvků a o rozsahu znečištění vodotečí průmyslem, zemědělskou a báňskou činností. Mapy ukazují na regionální rozsah antropogenních kontaminací a jsou podkladem i pro geochemickou prospekci rud.
- mapa geochemické reaktivity hornin zobrazuje rozložení prvků a chemických složek v horninách a jejich předpokládanou reaktivitu k současným i fosilním vodám. Zaznamenává přítomnost prvků důležitých pro výživu rostlin a biologicky důležitých stopových prvků, kyselou či zásaditou reakci jednotlivých typů hornin. Mapy vyjadřují i dlouhodobé či krátkodobé změny vyvolané činností člověka, poskytují podklady pro aplikaci korekčních surovin při zúrodnování půd, efektivní využívání umělých hnojiv a nejlepší využívání půd v zemědělství a lesnictví.
- půdní mapy vyjadřují půdní typy, stupeň zamokření a druhy matečních hornin.
- půdně interpretační mapy vyjadřují přirozený produkční potenciál zemědělských půd, vycházejí především z půdních vlastností, svažitosti, režimu a klimatických poměrů příslušného areálu i stupně odolnosti proti vlivu kyselých dešťů. Slouží jako podklad při rozhodování o racionálním a efektivním využívání půdního fondu ČR a jeho ochraně a jako jeden z hlavních podkladů pro sestavení mapy geofaktorů životního prostředí.
- mapy ložisek nerostných surovin poskytují přehled o surovinách nejen s ohledem na těžbu, ale i následnou rekultivaci a další využití území. Mapy přinášejí zohlednění negativních vlivů těžby, na druhé straně dávají údaje nutné k ochraně ložisek a k plánovitému rozmístění sídelních celků a průmyslových aglomerací ve vztahu k zásobám nerostných surovin a jejich těžbě.
- mapy inženýrsko geologického rajónování poskytují znalosti o základových půdách agresivitě vod a vymezují oblasti tektonického porušení, vč. regionů zvýšené seismicity. Na mapě jsou vyznačeny sesuvy hornin, ochranná pásma vodních zdrojů, chráněných území. Významnou částí map jsou údaje o současnosti a prognóze rozmisťování skládek různých typů odpadů. Tato mapa je i podkladem pro dopravní a vodohospodářské studie a řešení rekultivací devastovaných území.
- mapa chráněných území přírody zobrazuje všechny kategorie chráněných území, počínaje národními parky a konče maloplošnými územími, vč. ochranných pásem. Mapa je na rozdíl od ostatních map série v měř. 1:200.000.
- mapa geofaktorů životního prostředí je vrcholovou mapou souboru a je sestavena ze dvou celků. Mapa významných krajinných celků podává informace o kladných či záporných jevech v litosféře, pedosféře, hydrosféře, biosféře, atmosféře a antroposféře. Je sestavena z vybraných údajů čerpaných z ostatních druhů map této edice, příp. i jiných zdrojů. Signální mapa střetů zájmů graficky vyjadřuje a specifikuje místa kumulace konfliktních jevů, jejich překrývání, úseky s narušením či ohrožením některé složky životního prostředí.

Pro širší veřejnost byly publikovány mapy vybraných regionů ČR (Soubor oblastních geologických map): Geol. mapa krušnohorského národního parku 1:50.000 (1968); Geol. mapa Krušných hor 1:50.000 (1974); Geol. mapa broumovského výběžku 1:100.000 (1981); Přehledná geol. mapa Orlic-

kých hor 1:100.000 (1985); Geol. mapa severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí 1:100.000 (1990); Geol. mapa Krkonoš a Jizerských hor 1:100.000 (1989); Přehledná geol. mapa jihozápadní Moravy 1:100.000 (1989); Geol. mapa Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny 1:100.000 s textem (1985); Jeseníky, mapa geologických zajímavostí pro turisty 1:100.000 (1994); Přehledná geologická mapa Prahy a okolí 1:100.000 (1995); Geologická a přírodovědná mapy CHKO a BR Pálava 1:25.000 (1995); České středohoří, geologická a přírodovědná mapy 1:100.000 s textem (1996); Králický Sněžník, geologická mapa pro turisty 1:50.000 (1997); České Švýcarsko, geologická a přírodovědná mapa 1:25.000 (1997).

Pro školní účely vydal Český geologický ústav (1993) Geologickou mapu České republiky a Geologickou mapu Slovenské republiky v měř. 1:1 000 000.

Obdobnou edici regionálních map s vysvětlivkami, zpravidla v měř. 1:50.000, publikoval pro území Slovenské republiky Geologický ústav D.Štúra v Bratislavě v rámci edice Regionálně geologické mapy Slovenska (Geol. mapa Slovenského Rudohoria, Geol. mapa Trábeča, Geol. mapa Slovenského Rudohoria a v. časti Nízkych Tatier, Geol. mapa Nízkych Beskyd, Geol. mapa Ipeľskej kotliny aj.).

GEOLOGICKÝ ŘEZ

Geologický řez je dalším z důležitých geologických podkladů k objasnění geologické stavby určitého území. Znázorňuje nám průběh geologických struktur (vrstev) do určité hloubky pod zemským povrchem. Podle známé definice je geologický řez zmenšeným obrazem geologické situace, která se nám zobrazí v myšlené rovině proložené kolmo zemskou kůrou. Protože má rovina řezu kolmý průběh, jeví se nám její průmět v povrchu terénu jako přímka. Tato přímka, která představuje průběh geologického řezu v terénu se nazývá linie řezu. Geologický řez je také nazýván geologický profil. Tento pojem nesmíme zaměňovat s pojmem stratigrafický profil.

Geologický řez nejčastěji konstruujeme z geologické mapy. V oblastech, kde je prováděn systematický vrtný průzkum, se geologické řezy konstruují z vrtů a zhotovené série řezů pak slouží ke konstrukci různých typů geologických map.

Jednoduchý řez můžeme získat i z řady odkryvů nebo z dlouhých odkryvů, které označujeme jako skalní defilé. Vzájemným propojením identických vrstev a srovnáním vrstev stratigrafických profilů jednotlivých blízkých odkryvů nebo skalního defilé, můžeme rekonstruovat průběh vrstev i pod úrovní terénu. Často stačí řádně zdokumentované defilé nebo větší odkryvy, abychom si mohli udělat představu o geologické stavbě nejbližšího okolí. Při sestavování řezu ze stratigrafických profilů blízkých odkryvů nebo defilé, můžeme postupovat obdobně jako při konstrukci řezu z vrtů.

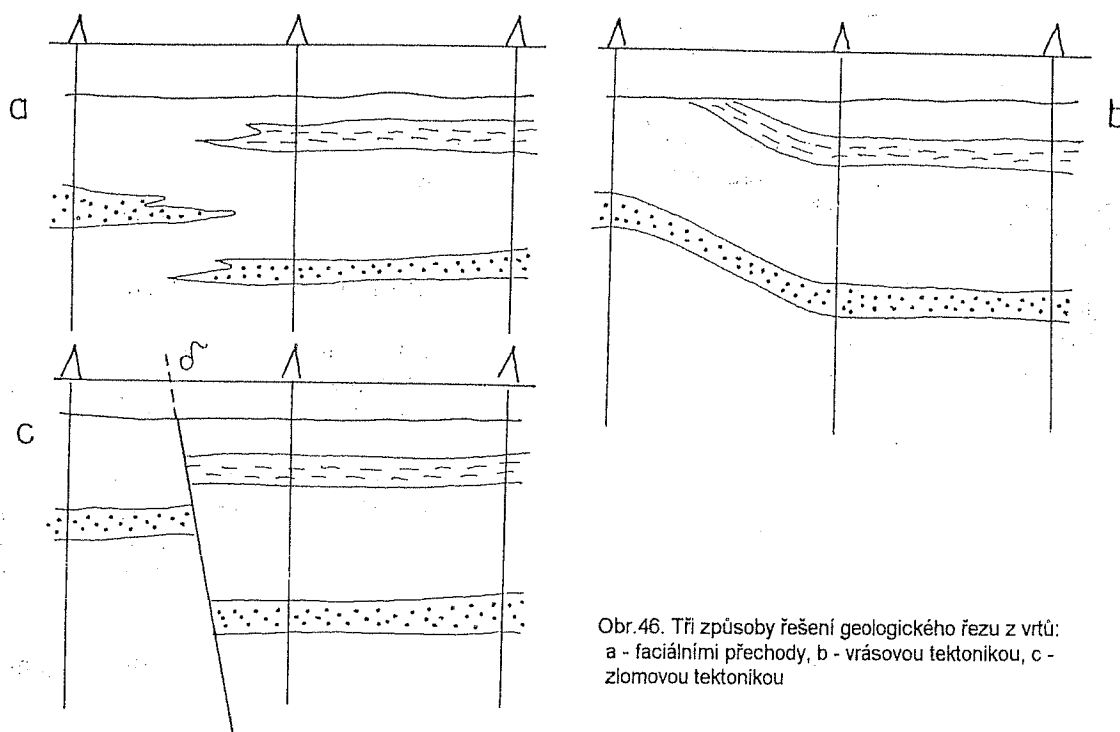
Linie řezu je při sestavování řezu z vrtů dána rozmístěním vrtů a je spojnicí vrtů v jedné linii. Přesnost řezu závisí především na hodnotě vrtů a získaných stratigrafických profilů z vrtů (vrtných profilů). Při podrobném a systematickém vrtném průzkumu je vrtná síť projektována už s ohledem na konstrukci řezů, tzn. že vrtý jsou vytyčovány v liniích směřujících napříč směru hlavních geologických struktur (vrstev).

Vlastní konstrukci řezu z vrtů předchází podrobná dokumentace vrtných profilů, sestavení stratigrafického profilu a jeho vyhodnocení všemi dostupnými metodami. Zjišťují se především významné a markantní petrografické, příp. paleontologické horizonty, které lze rozpoznat - identifikovat na sousedních vrtech.

Po vyhodnocení vrtných profilů se provádí jejich srovnání (korelace). U hlubokých vrtů se složitým vývojem vrstev se sestaví nejprve korelační řezy. Kolonky vrtných profilů se sestaví vedle sebe tak, aby jim společný základ tvořil nějaký významný horizont, rozpoznatý (identifikovaný) na většině profilů. Pak se přistoupí k identifikaci dalších významných horizontů a nakonec ke srovnání (korelaci) všech zbývajících vrstev profilu. Korelace jednotlivých vrtů je značně náročná a závisí na ní nejen správná konstrukce řezů ale i všechny následující činnosti. Protože každý z vrtných profilů zachytil jenom část vrstevního sledu zkoumané oblasti, umožní jejich korelace a identifikace zrekonstruovat celkový vrstevní sled.

Korelované vrtné profily jsou pak svislými přímkami vyneseny do geologického řezu, jehož základem je síť nadmořských výšek. Nejvyšší nadmořská výška představuje povrch terénu v linii řezu. Nejhlubší nadmořská výška odpovídá délce (hloubce) nejdelšího (nejhlubšího) vrtu. Kolonky profilů jsou do této sítě vyneseny přesně podle geodeticky zaměřených výškových souřadnic. Protože máme vyřešenou korelaci, která je zaznamenána na kolonkách jednotlivých vrtů řezu, můžeme identické polohy sousedních profilů vzájemně navázat. Náhlé změny ve sklonech vrstev, mocnostech, výrazné rozdíly v pozici identických horizontů, mají zpravidla svou příčinu v tektonických poruchách, ale mohou mít i netektonický (sedimentární) původ. Pro správné rozhodování při konstrukci řezů z vrtů je nutné mít představu o základním stylu geologické stavby území, kterou lze získat z předcházejících průzkumných prací.

Geologický řez z vrtů



Obr. 46. Tři způsoby řešení geologického řezu z vrtů:
a - faciálními přechody, b - vrásou tektonikou, c - zlomovou tektonikou

Geologické řezy z vrtů jsou základem řešení geologické stavby zakrytých formací a pro konstrukci strukturních, tektonických, ložiskových, geologických aj. map a tím pro hodnocení zásob nerostných surovin a projektování jejich těžby.

Geologický řez z geologické mapy

Můžeme-li ze série geologických řezů zhotovených z vrtů sestavit geologickou mapu, je rovněž možné z každé dobře sestavené geologické mapy, sestavit geologický řez. Při sestavování geologického řezu z geologické mapy si musíme nejdříve stanovit linii řezu, pak sestavit topografický profil a pak přistupujeme k konstrukci vlastního řezu.

Linie geologického řezu není volena náhodně. Geologická situace se nám bude jevit jinak, bude-li linie řezu volena kolmo šikmo nebo ve směru vrstev. Největší význam mají řezy příčné (linie řezu jde napříč směru vrstev), protože v nich můžeme zachytit co nejúplnější vrstevní sled, vztahy mezi souvrstvími a charakter podélných (směrných) dislokací. Naopak, chceme-li zachytit změny, ke kterým dochází ve směru vrstev (faciální změny), povahu příčných dislokací, brachystruktur ap., volíme řezy podélné. Při podrobném geologickém průzkumu se obvykle konstruuji řezy příčné i podélné a zpravidla v sériích za sebou.

Zvolené linie řezů se vynášejí do mapy přímkou a označují se na okraji mapy značkou (např. A - A, A - B, 1 - 2 ap.). Obdobně je označen i příslušný geologický řez.

Topografický profil (výškový řez terénem) nám znázorňuje členění terénu v linii řezu a lze jej nejlépe sestavit z vrstevnicové mapy. Postup sestavení je následující:

1. Vezmeme pruh papíru, který je o něco delší než je délka linie řezu. V jeho spodní části narýsujeme vodorovnou přímkou - tzv. základní přímkou řezu, která představuje nejnižší nadmořskou výšku konstruovaného řezu. Nejnižší nadmořskou výškou řezu je výška, která je o řád nižší než nejnižší nadmořská výška (vrstevnice) vyznačená v mapě. Např. v napě jsme zjistili nejnižší vrstevnici 60 m a vrstevnice jsou zde zakresleny po dvaceti metrech; základní přímkou má pak hodnotu 40 m.
2. Po obou stranách základní přímkou vztýčíme kolmice, které jsou totožné s okrajem mapy u vytyčené linie řezu. Pokud je linie řezu v mapě lomená, vyrovnáme ji při konstrukci řezu do přímkou.
3. Na krajní svislé přímkou řezu vyneseme výškové měřítko. Od spodu (od základní přímkou) vynášíme body výšek jednotlivých vrstevnic v intervalech, které odpovídají rozdělení vrstevnic v mapě (pokud má základní přímkou nadmořskou výšku 40 m a vrstevnice v mapě jsou vyneseny po 20 m, bude následující nadmořská výška ve výškovém měřítku řezu 60 m, další 80 m atd.). Výškové měřítko vynášíme zpravidla v měřítku mapy. Je-li měřítko mapy 1:50.000 a vzdálenost vrstevnic po 50 m, je vzdálenost výškových kót na výškovém měřítku řezu 1 mm. Při měřítku mapy 1:5.000, 20 m

= 4 mm. (100 m v měř. :10.000 = 10 mm, v měř. 1:20.000 = 5 mm, v měř. 1:25.000 = 4 mm, v měř. 1:50.000 = 2 mm, v měř. 1:75.000 = 1,3 mm).

4. Body nadmořských výšek na výškovém měřítku spojíme vodorovnými přímkami a dostaneme výškovou síť řezu.
5. V některých případech potřebujeme pro výraznější vyjádření průběhu geologických struktur v řezu podrobnější výškové měřítko. Řez s podrobnějším (větším) měřítkem než je měřítko mapy, nazýváme řezy převýšené. Takový řez sestrojíme tak, že vzdálenost mezi rovnoběžnými přímkami výškové sítě řezu je několikrát větší než nám udává měřítko mapy. Sestrojíme tak 2x i vícekrát převýšený řez.
6. Na linii řezu v mapě si označíme nebo připomeneme místa kde linii řezu protínají jednotlivé vrstevnice.
7. Z průsečíků vrstevnic s linií řezu v mapě spouštíme kolmice na síť řezu a bodem vyznačíme místo, kde se nám protnou kolmice vedené od průsečíku linie řezu s vrstevnicí určité nadmořské výšky s vodorovnou přímkou sítě stejné nadmořské výšky. Ve výškové síti řezu tak dostaneme řadu bodů.
8. Sestrojujeme-li řez na samostatném pruhu papíru, můžeme postupovat také tak, že vezmeme jiný pruh papíru, který přiložíme k linii řezu v mapě a vyneseme na něj průsečíky linie s vrstevnicemi. Body označíme příslušnou nadmořskou výškou. Pak proužek papíru přiložíme k základní přímce řezu a od jednotlivých bodů vztyčujeme kolmice k příslušné vodorovné přímce sítě.
9. Máme-li v síti řezu vznesené výškové body topografického profilu, spojíme je plynulou čarou a dostaneme tak výškový (topografický) profil v linii sestrojovaného řezu. Body v síti řezu spojujeme plynulou čarou se smyslem pro terénní tvary.

Do připravené sítě řezu sestrojujeme vlastní geologický řez:

1. Na linii řezu v mapě zjistíme místa, kde ji protínají vymapovaná geologická rozhraní (rozhraní vrstev nebo jiných geol. struktur). Tato místa (body) případně vyznačíme na pruh papíru a prostor mezi body vybarvíme shodnou barvou, kterou je příslušná jednotka v mapě označena.
2. Z bodů, znázorňujících průsečíky linie řezu s geologickými rozhraními, vedeme kolmici na topografický profil. Místa, kde nám kolmice protnou čáru profilu označíme bodem a prostor mezi body vybarvíme shodně s barvou struktury v mapě. Máme-li rozhraní na pruhu papíru, přiložíme pruh k základní přímce řezu a rozhraní vynášíme na topografický profil vztyčováním kolmic se základní přímkou. Místa mezi jednotlivými rozhraními rovněž shodně vybarvíme.
3. Nyní přeneseme pozornost na značky pro směr a sklon vrstev v mapě. Bereme přitom v úvahu nejen značky, které leží přímo na profilové linii nebo v její těsné blízkosti, ale i značky vzdálenější. Podle údajů o směru a velikosti sklonu pak vyneseme příslušné rozhraní v řezu obdobně ukloněnou úsečkou. Přitom si musíme uvědomit, že shodnou velikost sklonu v řezu a v mapě mají jen ty vrstvy, jejichž směr je kolmý na linii řezu. Čím menší úhel svírá rozhraní vrstev s linií řezu, tím menší je velikost sklonu v řezu ve srovnání se skutečným sklonem uvedeným v mapě. Vrstvy, jejichž směr v mapě je rovnoběžný s linií řezu, mají v geologickém řezu vodorovný průběh. Stejná pravidla platí i pro sklony tektonických ploch (zlomů).
4. Hodnoty sklonu vrstev v řezu s ohledem na skutečný sklon vrstev a úhel, který svírá směr vrstev s linií řezu lze vypočítat nebo vyčíst z geologických tabulek (viz např. J.Foldyna a kol.: Praktická cvičení z geologie).
5. Průběh jednotlivých vrstev v řezu pak řešíme podle celkové situace v mapě. Hlavní důraz klademe na údaje o směru a sklonu vrstev. Musíme si přitom ale uvědomit, že do hloubky dochází nejen ke změnám sklonů, ale může docházet i ke změnám mocností a faciálním změnám. Geologický řez musí mít proto své logické i konstrukční opodstatnění.
6. Průběh vrstev nesestrojujeme jen pod úrovní topografického profilu, ale i nad jeho úrovní. Průběh vrstev (rozhraní) nad terénem nazýváme vzdušná sedla a vyznačujeme je čárkovane a nevybarvujeme je.
7. Pokud má geologická mapa dostatečnou a kvalitní vrstevnicovou síť obejdeme se při konstrukci řezu bez značek pro směr a sklon. Řez se konstruuje z průsečíků všech rozhraní na vrstevnicích. Při konstrukci postupujeme tak, že na nadmořské výšky výškové sítě řezu postupně vynášíme průsečíky vrstevnic s každým rozhraním v mapě. Spojením bodů příslušného rozhraní ve výškové síti řezu dostaneme vždy sklon příslušného rozhraní v řezu. Opačným způsobem konstruuje geologická rozhraní v mapě z rozhraní v geologickém řezu.

GEOLOGICKÝ BLOKDIAGRAM

Geologická situace se znázorňuje někdy také geologickým blokdiagramem. Jedná se v podstatě o blok (kvádrový výsek) zemské kůry, zobrazený v kosoúhlé projekci. Blokdiagram je omezen třemi plochami: horní, horizontální odpovídá geologické mapě a obě svislé, na sebe kolmé plochy jsou dva na sebe kolmé geologické řezy. Blokdiagram tedy spojuje výhodu jak geologické mapy, tak i geologického řezu.

Geologické blokdiagramy se využívají k názornému zobrazení geologických těles a struktur v prostoru, k vyjádření a pochopení geologických jevů i k řešení geologických úloh (např. tektonických).

ÚKOLY DO CVIČENÍ Z GEOLOGIE

Předtím než přistoupíte k řešení některého úkolu, seznamte se s jeho zadáním a ujasněte si postup činnosti. Pro větší přehlednost je vhodné před započatím řešení úkolů vybarvit nebo vyšrafovat předlohu. Použití šraf a strukturních značek se řídí smluvnými pokyny a je uvedeno v textu skriptu. Obdobně se doporučuje používat barevných odstínů při vybarvování ploch v souladu s jednotnými zásadami.

- 1) Pojmenujte vyobrazené vrstevní struktury (a - f).
- 2) Pojmenujte vyobrazené typy zvrstvení.
- 3) Vztah dvou souvrství; vyznačte styk dvou souvrství a pojmenujte vzájemný vztah.
- 4) Podle příkladů modelů bloků; se kterými jste pracovali ve cvičení zhotovte model bloku, která znázorňuje úhlovou a skrytou diskordanci a vzájemný poměr magmatických těles.
- 5) Vypočítejte pravou mocnost zobrazeného vrstevního sledu ve vrtu (hl. 250-350m) i jednotlivých, v profilu zobrazených členů (svrchní a spodní poloha vápenců, svrchní a spodní poloha břidlic). Úklony vrstev jsou uvedeny po pravé straně profilu. Výpočet provedte podle vzorce: $m = l \cdot \cos \alpha$, kde m je pravá mocnost, l je nepravá mocnost a α je velikost sklonu vrstev.
- 6) Rozlište vyobrazená intruzivní a efuzivní tělesa.
- 7) Vyjádřete číslly (počínaje nejstarší jednotkou) relativní stáří vyobrazených jednotek (celkem 14).
- 8) Pojmenujte vyobrazené geologické struktury (20) a uspořádejte je podle relativního stáří.
- 9) Vyřešte poruchu prokázanou vrtu A a B; pojmenujte poruchu.
- 10) Vypočítejte pravou mocnost sloje ze známého sklonu vrstev (α), sklonu svahu (β) a nepravé mocnosti (l): u vrstev zapadajících po svahu (a); u vrstev zapadajících proti sklonu svahu (b).
- 11) Pojmenujte tektonické poruchy na obr. a, b; změřte v cm strukturní rozměry poruch (výšku skoku, výšku zdvihu, délku přerývu, délku překrytí).

Práce s blokdiagramy

Každá úloha má zpravidla 3 blokdiagramy. První představuje geologickou situaci před porušením bloku kernou poruchou se znázorněním průběhu struktur (vrstev). Druhý blokdiagram představuje porušení bloku kernou poruchou a vzájemný posun ker. Třetím blokdiagramem je znázorněno seříznutí přečnívajících kry denudací. Úkolem je přenést geologickou situaci z prvního bloku na další dva tak, aby byl respektován posun ker, vyvolaný poruchou a seříznutím vyčnívajících kry. Při přenášení geologické situace (průběhu vrstev a jejich rozhraní) použijte pruhu papíru nebo odpichovátko. Ke každé poruše запиšte druh poruchy, kterou byl blok dislokován (např. příčný horizontální posun s kolmou dislokační plochou). Dále zaznamenejte změny, které vyvstanou na horizontálním řezu po odstranění přečnívajících částí kry (tj. jak se změny vyvolané dislokací promítnou do mapy).

- 12) Vyřešte blokdiagramy tektonických poruch příkladů a - k; uveďte název tektonické poruchy, kterou byl příslušný blok porušen.

Modely bloků tektonických poruch:

Pro usnadnění prostorové představy o působení tektonických poruch využíváme modelů bloků, které slepíme z předtištěných sítí. Sítě překopírujeme z předlohy na tvrdší papír. Sítě vybarvíme (odstíny barev volíme podle zásad sestavování geologických map). Sítě vystříháme i se záložkami. V místech ohybu papíru vytlačíme podle pravítka rýhy tupou hranou nože. Hrany a záložky zahneeme a sestavíme krabici, kterou po překontrolování slepíme. Každý model sestává ze dvou až tří krabic

(hranolů). Jeden hranol představuje relativně stabilní kru, druhý kru, která se pohybuje vůči první kře a třetí hranol představuje seříznutou část přechýlající kry.

13) Podle předlohy zhotovte model tektonické poruchy bloku.

14) Zhotovte mezikruží geologického kompasu.

15) Zhotovte sklonoměr ke geologickému kompasu

16) Sestavte stratigrafický profil důlního vrtu P-1 v měř. 1:1.000 na základě psaného profilu, uvedeného níže a na základě odebrané hmotné dokumentace, přístupné v geologické laboratoři.

Lokalizace vrtu: Důl Barbora, důlní vrt P-1, 8. patro, překop č. 8328, 135 m.

Souřadnice: $x = 1,106.700$, $y = 458.620$, $z = -230$ m. Délka vrtu 173 m v hl. -403 m. Při ústí vrtu byl změřen sklon vrstev $300^{\circ}/22^{\circ}$.

Stratigrafická pozice vrtu: produktivní karbon české části hornoslezské pánve, spodní část ostravského souvrství, svrchní karbon (namur A).

Psaný profil:

1. Hl. 0 - 8 m (mocn. 8 m) kóta -230 - -238 m; Arkózový pískovec, jemnozrnný, rovnoměrně zrnitý, barva světle šedá, poměr zrn křemene a živců je vyrovnaný, živce jsou silně kaolinizované, přítomen malý podíl nestabilních zrn, křemenná zrna dokonale zaoblená, kaolinový lutit méně než 10%; facie delty.
 2. Hl. 8 - 32 m (mocn. 24 m, kóta -238 - -262 m; Arkóza hrubozrnná, barva bělošedá, převaha zrn křemene nad silně kaolinizovanými živci, místy zrna křemene nad 5 mm, zaoblení zrn dokonalé, vytrřídění dobré; facie delty.
 3. Hl. 32 - 43 m (mocn. 11 m), kóta -262 - -273 m; tufitický pelit, křemitý (ostravský brousek), barva sv. šedozelená s tmavě šedými laminami, zvrstvení horizontální, místy zvlněné až šikmé, přerušované; facie neritika.
 4. Hl. 43 - 71 m (mocn. 28 m), kóta -273 - -301 m; jílovec, tmavošedý, vryp světlešedý, bez zvrstvení, konkrece pelosideritů (kulovitý tvar, max. průměr 10 cm), roubíkovitý rozpad; zjištěna mořská fauna: *Anthraconeillo oblongum* (12x), *Polidevcia sharmeni* (5x), *P. gigantea* (1x), *Phestia stilla* (3x), *Euphemites sudeticus* (3x), *Cardiomorpha* sp. (1x). Fauna je charakteristická pro svrchní mořský horizont Nanety skupiny horizontů č. IX - Nanety, svrchní části vrstev petřkovických; facie mělkého neritika.
 5. Hl. 71 - 73 m (mocn. 2 m), kóta -301 - -303 m; uhlí černé, páskované, matné; facie rašeliniště.
 6. Hl. 73 - 79 m (mocn. 6 m), kóta -303 - -309 m; kořenová (stigmariová) půda; prachovec černošedý se světlešedým vrypem, prorostlý kořínky uhlíkatých květen, bez zvrstvení, řídké drobné čočky světlešedého jemnozrnného pískovce; facie rašeliniště.
 7. Hl. 79 - 97 m (mocn. 18 m), kóta -309 - -327 m; jemnozrnný pískovec, světlešedý, laminovaný tmavošedým prachovcem, zvrstvení šikmé a křížové; facie říční nivy.
 8. Hl. 97 - 142 m (mocn. 45 m), kóta -327 - -372 m; pískovec jemnozrnný, tmavě šedý, dokonale vytrříděný s dokonale zaoblenými zrny, tmel jílovitý, zvrstvení křížové; facie řeky.
 9. Hl. 142 - 154 m (mocn. 12 m), kóta -372 - -384 m; prachovec černošedý, písčitý, vryp světlešedý, se šupina mi muskovitu, zvrstvení horizontální; zjištěna fauna: *Lingula mytiloides* (2x), *L. silesiaca* (1x); brakický (lingulový) horizont, spodní horizont Nanety skupiny horizontů Nanety (IX); facie mořského zálivu.
 10. Hl. 154 - 157 m (mocn. 3 m), kóta -384 - -387 m; černé uhlí, páskované, matné; sloj Naneta spodní (identifikační č. 093); facie rašeliniště.
 11. Hl. 157 - 163 m (mocn. 6 m), kóta -387 - -393 m; kořenový prachovec (stigmariová půda), tmavošedý, bez zvrstvení, prorostlý kořínky rostlin, drobné čočky jemno zrného pískovce; facie rašeliniště.
 12. Hl. 163 - 173 m (mocn. 10 m), kóta -393 - -403 m; mylonit; tektonicky rozhnětený jemnozrnný pískovec.
 13. Kóta -403 m je konečnou délkou vrtu. Vrt havaroval v tektonické poruše. Vzorky hornin byly odebrány v postupu vrtání a jsou číslovány od ústí vrtu do podloží.
- 17) Na základě hmotné dokumentace důlního vrtu Barbora P-2, uložené v geologické laboratoři, popište odebrané vzorky a zhotovte stratigrafický profil v měř. 1:1.000. Ve vrtu se vyskytují obdobné horniny jako ve vrtu P-1.

Lokalizace vrtu: důl Barbora, důlní vrt P-2, 4. patro, překop č. 4325, 235,6 m.

Souřadnice: $x = 1,106.850$, $y = 458.252$, $z = -35$ m, délka vrtu 174 m je v hl. -209 m; při ústí vrtu byl změřen sklon vrstev $300^{\circ}/25^{\circ}$.

Stratigrafická pozice vrtu: produktivní karbon české části hornoslezské pánve - spodní část ostravského souvrství, svrchní karbon (namur A).

Horniny byly odebrány v průběhu vrtání a jsou označeny od ústí vrtu do podloží. Rozhraní vrstev jsou uvedena v m délky (hloubky) a v kótách (nadm. výškách) od ústí vrtu.

	hloubka	kóta	mocnost
1.	0 - 35 m	- 35 - - 70 m	35 m
2.	35 - 67 m	- 70 - -120 m	32 m
3.	67 - 77 m	-120 - -112 m	10 m
4.	77 - 94 m	-112 - -129 m	17 m
5.	94 - 99 m	-129 - -134 m	5 m
6.	99 - 121 m	-134 - -156 m	22 m
7.	121 - 131 m	-156 - -166 m	10 m
8.	131 - 159 m	-166 - -194 m	28 m
9.	159 - 162 m	-194 - -197 m	3 m
10.	162 - 167 m	-197 - -202 m	5 m
11.	167 - 174 m	-202 - -209 m	7 m

- 18) Na základě hmotné dokumentace důlního vrtu Barbora P-3, uložené v geologické laboratoři, popište odebrané vzorky a zhotovte stratigrafický profil v měř. 1:1.000. Ve vrtu se vyskytují obdobné horniny jako ve vrtu P-I.

Lokalizace vrtu: důl Barbora, důlní vrt P-3, 3. patro, překop č. 3233, 325,7 m.

Souřadnice: x = 1,107.030, y = 457.830, z = 40 m, délka vrtu 166 m v hl. -126 m; při ústí vrtu byl změřen sklon vrstev $300^{\circ}/25^{\circ}$.

Stratigrafická pozice vrtu: produktivní karbon české části hornoslezské pánve - spodní část ostravského souvrství, svrchní karbon (namur A).

	hloubka	kóta	mocnost
1.	0 - 15 m	40 - 25 m	15 m
2.	15 - 25 m	25 - 15 m	10 m
3.	25 - 54 m	15 - - 14 m	29 m
4.	54 - 55 m	- 14 - - 15 m	1 m
5.	55 - 60 m	- 15 - - 20 m	5 m
6.	60 - 77 m	- 20 - - 37 m	17 m
7.	77 - 150 m	- 37 - -110 m	73 m
8.	150 - 160 m	-110 - -120 m	10 m
9.	160 - 161 m	-120 - -121 m	1 m
10.	161 - 163 m	-121 - -123 m	2 m
11.	163 - 166 m	-123 - -126 m	3 m

- 19) Na základě hmotné dokumentace uložené v geologické laboratoři zhotovte stratigrafický profil z geologického odkryvu K - 1. Odkryv obsahuje 14 vrstev jednoho souvrství. Vzorky byly odebírány a jsou číslovány od spodu. Sklon vrstev $105^{\circ}/50^{\circ}$.

Lokalizace odkryvu: přirozený odkryv při j. okraji obce Záhumenné.

Stratigrafická pozice: kulm Nízkého Jeseníku, moravické souvrství, svrchní visén (pod zóna *Goniatites striatus falcatus*).

Mocnosti vrstev: 1- 50 cm, 2 - 20 cm, 3 - 25 cm, 4 - 10 cm, 5 - 10 cm, 6 - 20 cm, 7 - 25 cm, 8 - 30 cm, 9 - 15 cm, 10 - 10 cm, 11 - 15 cm, 12 - 15 cm, 13 - 20 cm, 14 - 35 cm.

- 20) Na základě hmotné dokumentace uložené v geologické laboratoři zhotovte stratigrafický profil z geologického odkryvu F - 1. Odkryv obsahuje 14 vrstev dvou vrstevních členů. Vzorky byly odebrány a jsou očíslovány od spodu. Sklon vrstev $160^{\circ}/40^{\circ}$.

Lokalizace odkryvu: příborská pahorkatina (pálkovické hůrky), opuštěný lom v. Hukvald, v pravém břehu řeky Ondřejnice.

Stratigrafická pozice: vrstvy bažské (sv. křída, cenoman), vrstvy pálkovické (sv. křída, senon) bažského vývoje slezské jednotky flyšového pásma vnějších Karpat.

Mocnost vrstev: 1. - 15 cm, 2. - 5 cm, 3. - 57 cm, 4. - 7 cm, 5. - 20 cm, 6. - 6 cm, 7. - 8 cm, 8. - 12 cm, 9. - 18 cm, 10. - 6 cm, 11. - 9 cm, 12. - 50 cm, 13. - 35 cm, 14. - 50 cm.

- 21) Do mapy vrtů Dolu Barbora vynesete pomocí souřadnic kilometrové sítě vrtu P-1, P-2, P-3.

Konstrukce geologického řezu z vrtů (úkol č. 22, 23)

Zhotovení řezu z vrtů předchází zhotovení stratigrafických profilů jednotlivých vrtů. Dále srovnání profilů (korelace) a identifikace opěrných horizontů, příp. užitkových vrstev (slojí). Výsledek korelace je dokumentován korelačním řezem, ve kterém jsou vrtu sesazeny na významný, opěrný, identický horizont. Pak je nutno zkonstruovat výškovou síť řezu ve zvoleném měřítku. Nadmořské

výšky sítě jsou u vrtů vrtaných z povrchu dány rozpětím topografického profilu a konečné délky nejhlubšího vrtu; u důlních vrtů horní hranou ložiska nebo ústím nejvýše situovaného vrtu a konečné délky nejhlubšího vrtu. Linii řezu tvoří linie vrtů. Do sítě řezu se vynesou ústí vrtů v příslušné nadmořské výšce a ve vzájemných vzdálenostech podle měřítka sítě řezu. Od ústí vrtu se spustí kolmice na síť řezu a označí se na nich konečná délka vrtů a počvy opěrných horizontů s hlavními ložiskovými strukturami (sloje, lože) a prokázanými tektonickými poruchami. Na základě pozice identických poloh na sousedních vrtech, výskytu prokázaných poruch a celkového stylu geologické stavby území se řeší geologická stavba v řezu.

- 22) Sestavte korelační řez z vrtů P-1, P-2, P-3 s přihlédnutím k zadáním úkolů 17, 18, 19. Řez sestavte na významný stratigrafický horizont ostravský brousek. Měřítko 1:1.000.
- 23) Sestrojte geologický řez vrtů P-1, P-2, P-3 v měř. 1:5.000; linie řezu je dána vrtů vynesenými v souřadnicové mapě (srv. úkol. 21); korelace profilů vrtů a identifikace horizontů slojí je v korelačním schématu (řezu) úkolu č. 22.

Sestrojení geologického řezu z nevrstevnicové mapy (úkoly č. 24, 25, 26, 27):

Topografický profil i linie řezu jsou pro cvičné úkoly většinou zadány. Na linii topografického profilu vynášíme z mapy známým způsobem průsečnice geologických rozhraní s linií řezu. Pro konstrukci sklonů vrstev (příp. dislokací či diskordancí) můžeme použít jen údaje o sklonech v geologické mapě (strukturní značky). Pro konstrukci řezu využíváme i značek, která leží mimo profilovou linii. U vrstev, resp. dislokací, které protínají linii řezu šikmo, musíme počítat s tím, že čím menší úhel svírá linie řezu se směrem struktury (vrstvy) tím menší úklon se nám zobrazí v řezu.

- 24) Sestrojte geologický řez jednotkami v diskordantním styku; jednotka K (křídový útvar) má horizontální uložení, jednotka a, b (staropaleozoické břidlice s vložkami křemenců) je zvrásněná.
- 25) Sestrojte geologický řez jednotkami v diskordantním styku (obě jednotky jsou zvrásněné).
- 26) Sestrojte geologický řez sérií s úhlovou diskordancí mezi jednotkami krystalinika (1) a nadložní, horizontálně uloženou miocénní jednotkou (2-4); území je porušeno kolmými zlomy.
- 27) Sestrojte geologický řez horizontálně uloženými jednotkami křídové série porušené stupňovitými zlomy. Podloží série, tvořené krystalinikem, nevystupuje v mapě na den. Stratigrafický sled křídových jednotek od podloží je a, b, c, d.

Zhotovení geologického řezu z vrstevnicové geologické mapy (př. 28, 29):

- v mapě vyznačíme linii řezu (zpravidla kolmo na směr vrstev nebo jiných hlavních struktur;
- sestojíme výškovou síť řezu v měřítku mapy, resp. přiměřeně převýšenou;
- do výškové sítě vyneseme topografický profil;
- na linii topografického profilu vyneseme pomocí kolmic průsečíky geologických rozhraní v mapě s linií řezu;
- pomocí kolmic postupně přenášíme průsečíky vrstevnic v mapě s jednotlivými geologickými rozhraními na příslušnou horizontálu nadmořské výšky geologického řezu;
- vynesené průsečíky vhodných rozhraní na výškové síti řezu spojíme plynulou čarou a zkonstruujeme tak sklony geologických rozhraní; nad linií topografického profilu spojujeme rozhraní čárkované (vzdušná sedla);
- sklony vrstev v řezu kontrolujeme se strukturními značkami pro sklon v mapě.

Pozn. Obdobně postupujeme i při konstrukci sklonu dislokací.

- 28) Z vrstevnicové geologické mapy v měř. 1:5.000 sestavte, po předchozí konstrukci topografického profilu, geol. řez jednoduše zvrásněným územím.
- 29) Po předchozí konstrukci topografického profilu, sestojte z vrstevnicové mapy geologický řez sérií s úhlovou diskordancí mezi jednoduše ukloněnou jednotkou a horizontálně uloženou jednotkou.

Sestrojení geologické mapy z geologického řezu (úkol č. 30, 31, 32):

Postupujeme opačně než v předchozím případě. Nejdřív vynášíme geologická rozhraní z topografického profilu na linii řezu v mapě. Pak pomocí kolmic vynášíme průsečíky geologických rozhraní s výškovou horizontálou řezu na příslušnou (se stejnou nadmořskou výškou) vrstevnici v mapě. Průsečíky shodného rozhraní (vrstevní plochy) plynule spojíme a dostaneme tak průběh geologického rozhraní v mapě. Při konstrukci využíváme i vzdušných sedel. Obdobně postupujeme i při vynášení dislokací.

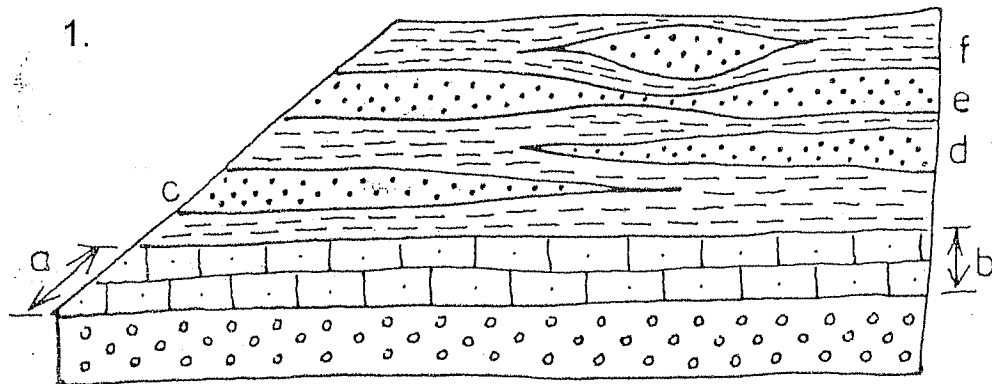
V případě vodorovných vrstev sledují geologická rozhraní vrstevnice. V případě kolmo ukloněných vrstev probíhají rozhraní vrstev v mapě přímo. V případě obecně ukloněných vrstev mají rozhraní v mapě laločnatý, klínovitý, zvlněný průběh v závislosti na morfologii terénu. Obecně platí, že u vrstev zapadajících po svahu se v mapě ramena oblouků vrstev po svahu rozbíhají. U vrstev zapadajících proti sklonu svahu se v mapě ramena oblouků výchozů vrstev po svahu sbíhají.

- 30) Sestrojte geologickou mapu z geologického řezu územím s horizontálně ukloněnými vrstvy.
- 31) Sestrojte vrstevnicovou geologickou mapu z geologického řezu, který znázorňuje jednoduše zvrásněné území.
- 32) Sestrojte vrstevnicovou geologickou mapu z geol. řezu (monoklinálně ukloněné souvrství je porušeno přesmykem).

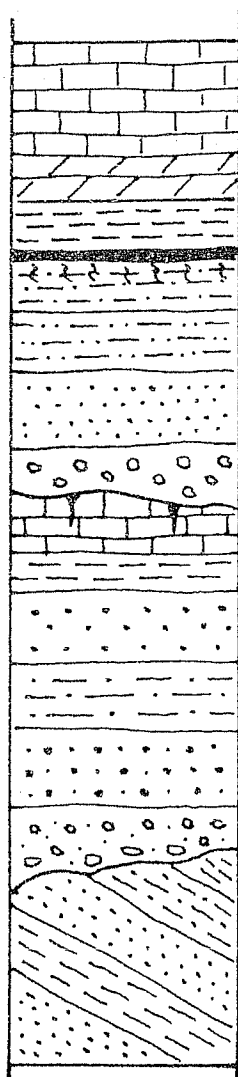
Další konstrukce z vrstevnicové mapy (úkol č. 33, 34, 35):

Na základě znalosti konstrukce geologického řezu z vrstevnicové mapy můžeme např. a) konstruovat průběh vrstvy jejíž směr a sklon byl změřen na jednom místě v mapě; b) hloubku ponoření nakloněné vrstvy z určitého místa na povrchu; c) skutečnou mocnost vrstvy, známe-li výchoz spodní a svrchní vrstevní plochy v terénu a sklon vrstvy. Při těchto konstrukcích postupujeme tak, že si nejdříve zvolíme linii řezu (obvykle ve směru sklonu vrstev, nebo jako spojnicí bodů - výchozů zjišťovaného tělesa). Potom sestrojíme výškovou síť řezu a topografický profil v měřítku mapy. Známe-li výchoz a úklon vrstvy, vyneseme je do řezu a pak podle okolností řešíme daný úkol: v případě a) vnesením geologických rozhraní z řezu do mapy; v případě b) změřením vzdálenosti v řezu; v případě c) změřením mocnosti vrstvy v řezu.

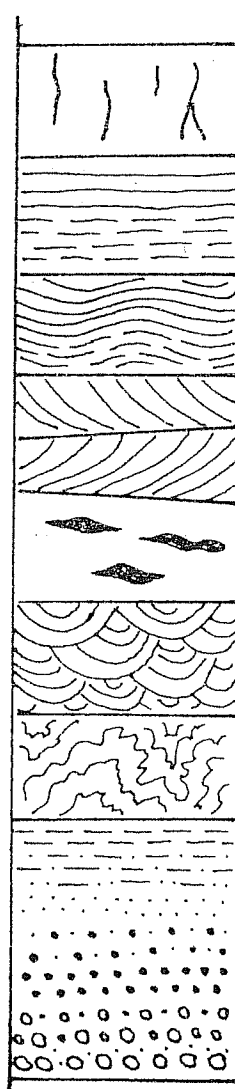
- 33) Sestrojte ve vrstevnicové mapě průběh vrstvy, jejíž sklon byl změřen v místě A ($90^\circ/20^\circ$); šířka výchozu vrstvy v mapě je dána vzdáleností bodů A-B. Měř. 1:5.000.
- 34) Určete hloubku vrtu vrtaného z bodu B, tak aby zastihl vrstvu, jejíž směr a sklon byl změřen v bodu A ($90^\circ/30^\circ$). Měř. 1:5.000.
- 35) Určete konstrukcí z mapy pravou mocnost vrstvy, jejíž spodní vrstevní plocha byla zjištěna v bodu A a svrchní vrstevní plocha byla zjištěna v bodu B. Sklon vrstvy je $335^\circ/30^\circ$; měř. mapy = 1:1.000.

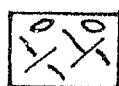
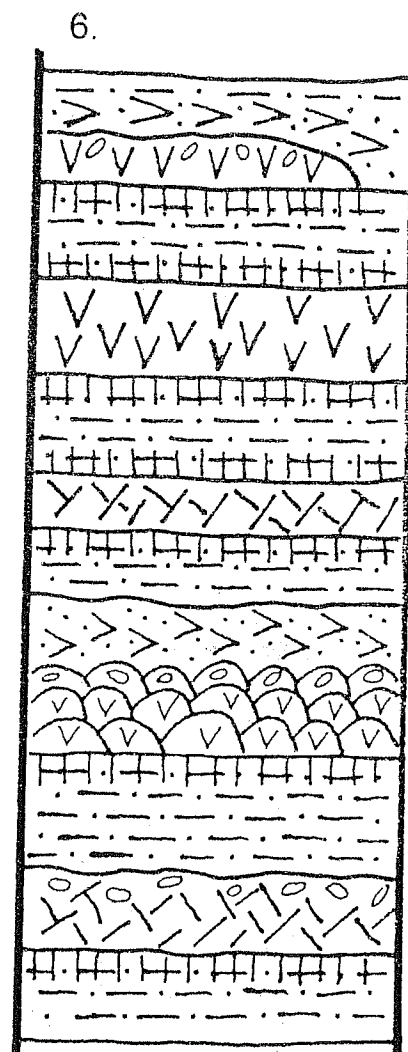
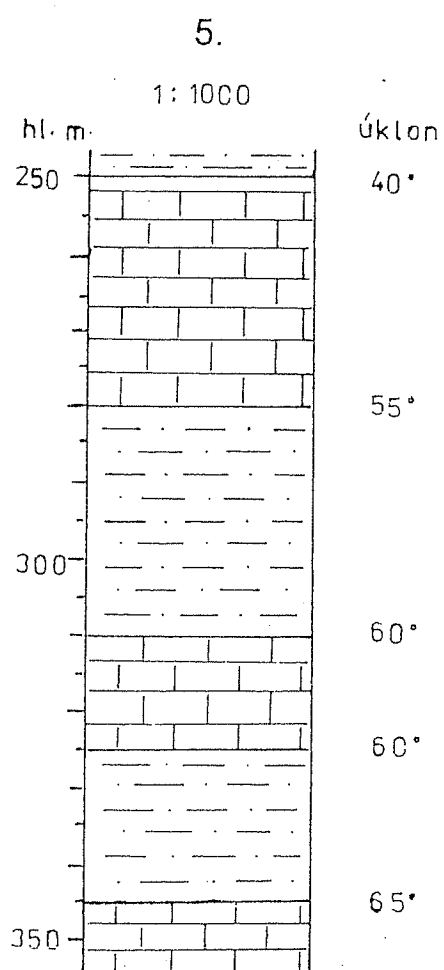
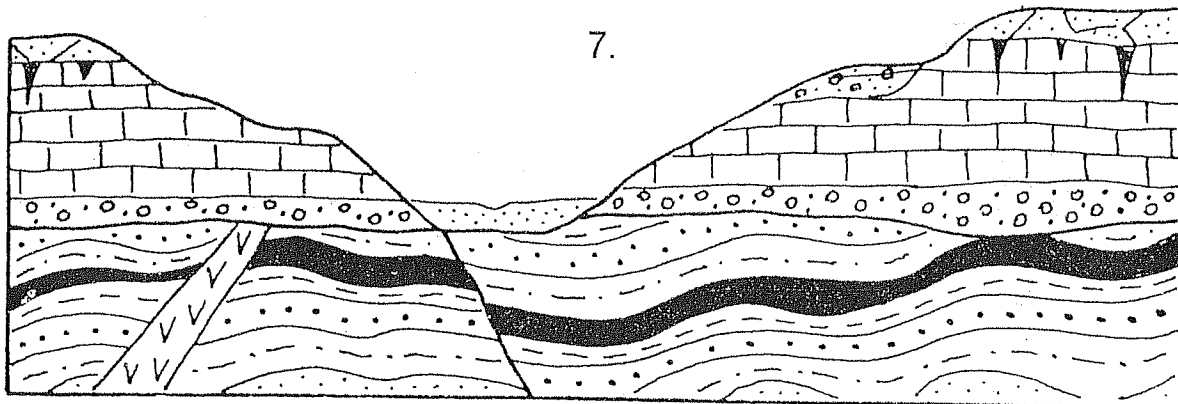


2.



3.

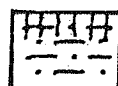




pórovitá textura

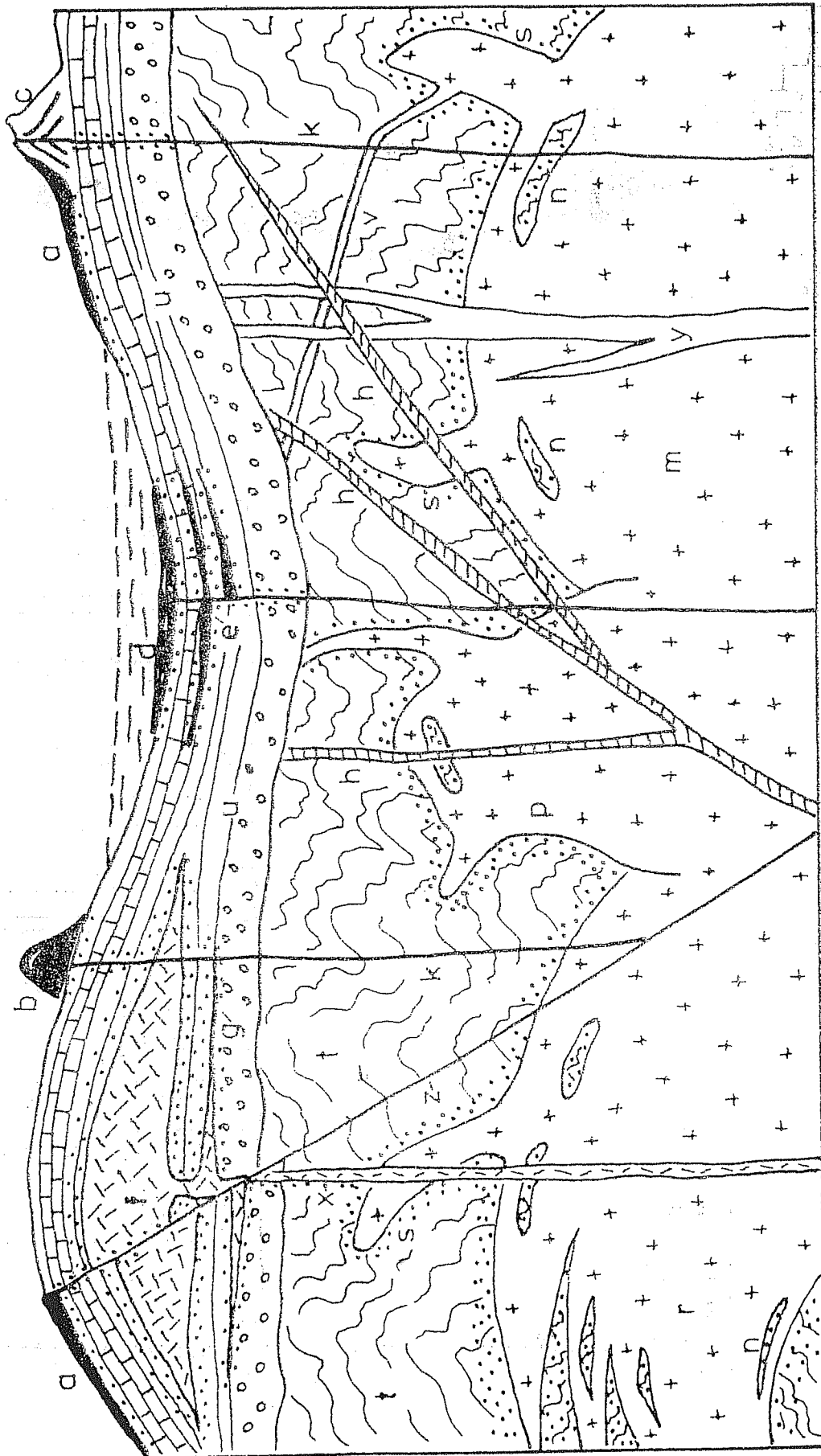


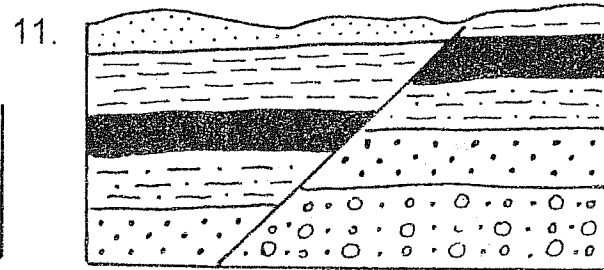
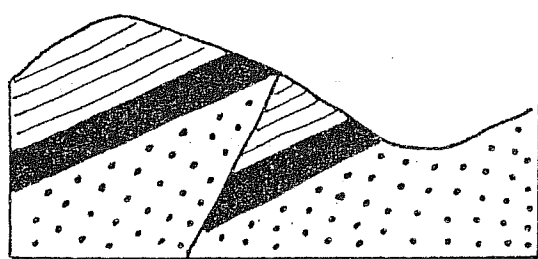
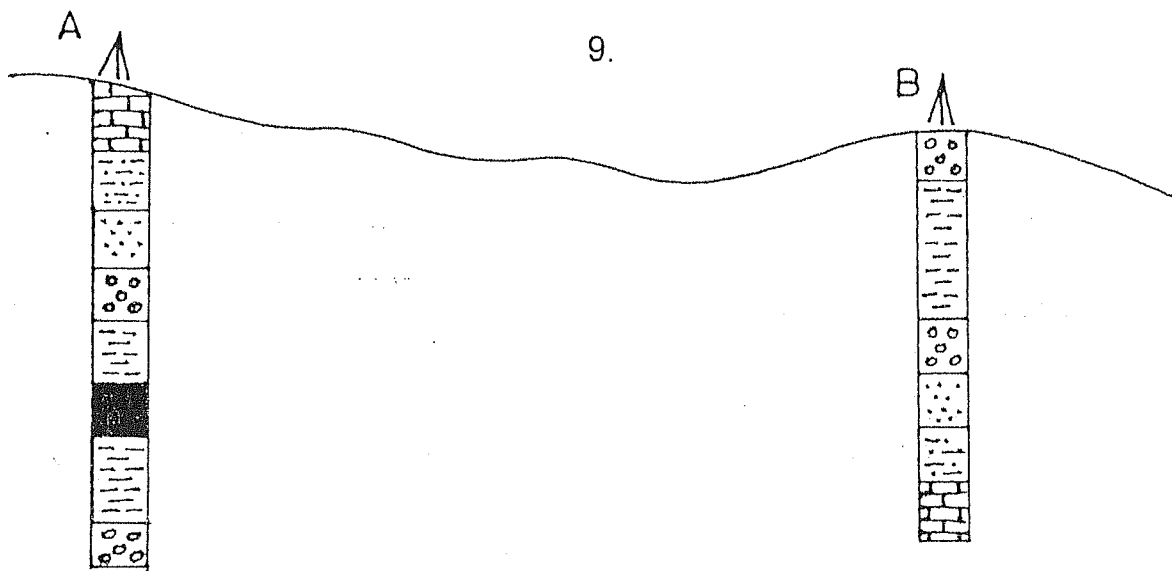
polštářová textura



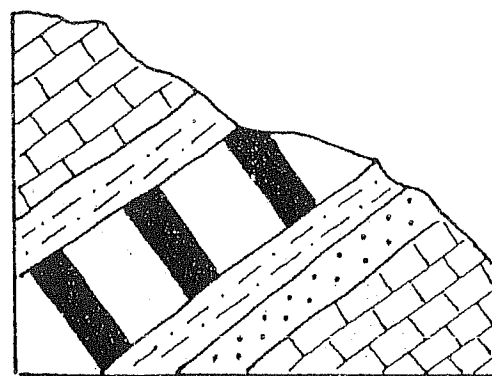
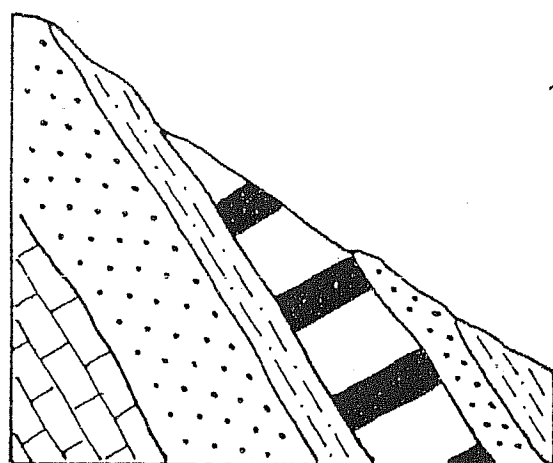
kontaktní přeměna

8.



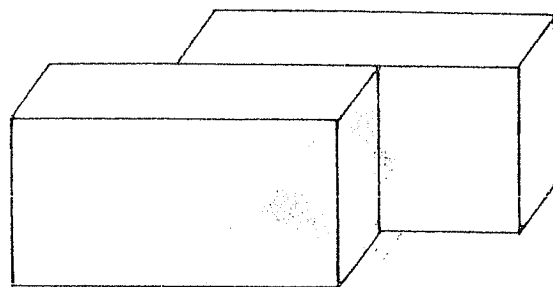
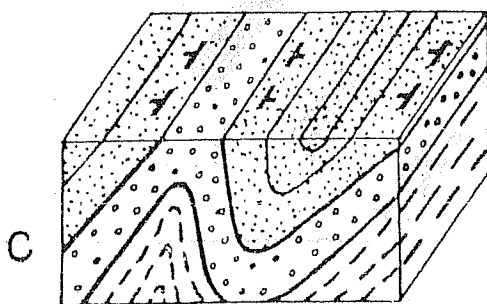
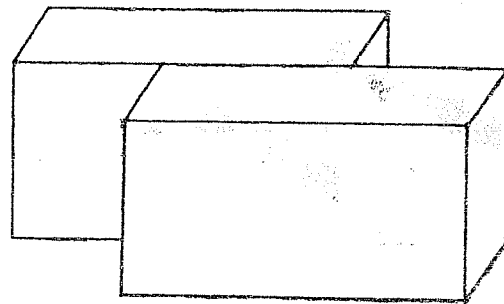
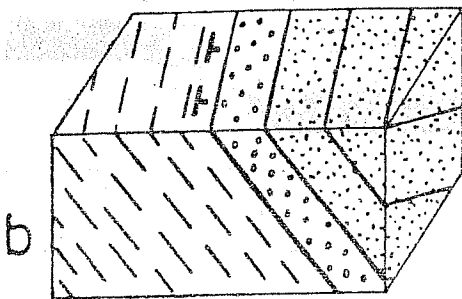
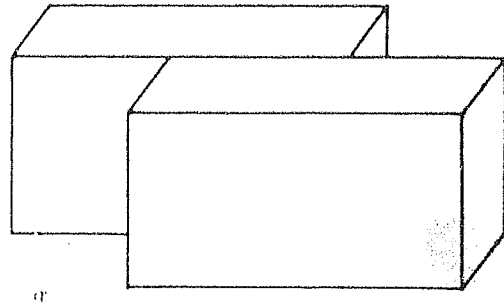
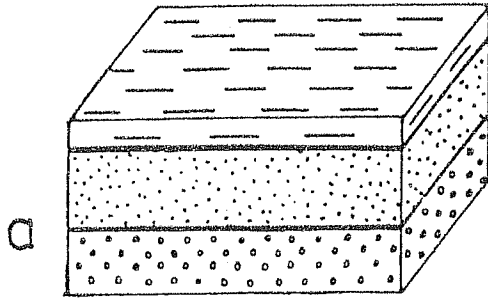


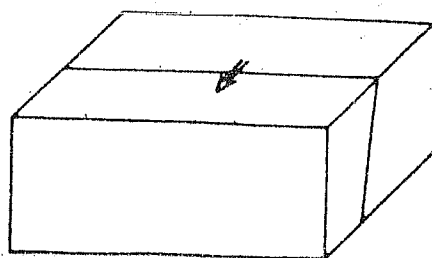
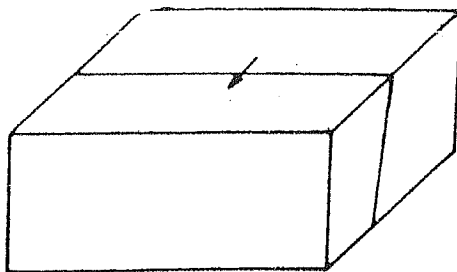
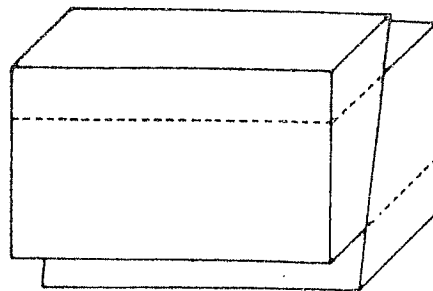
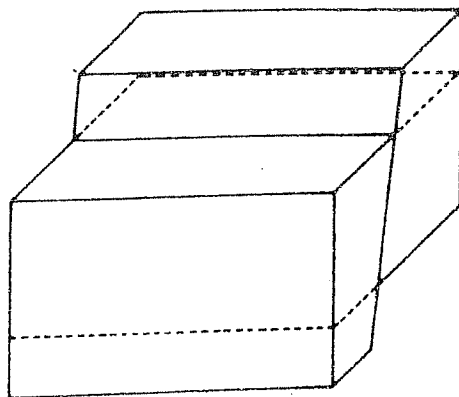
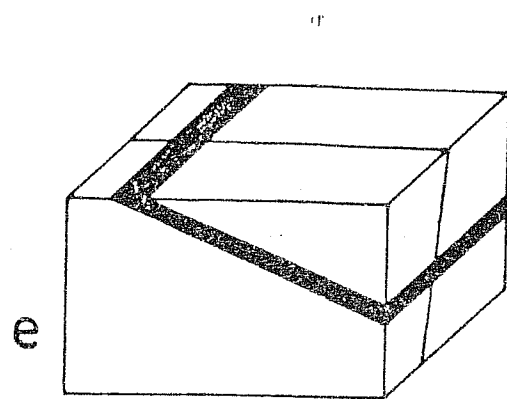
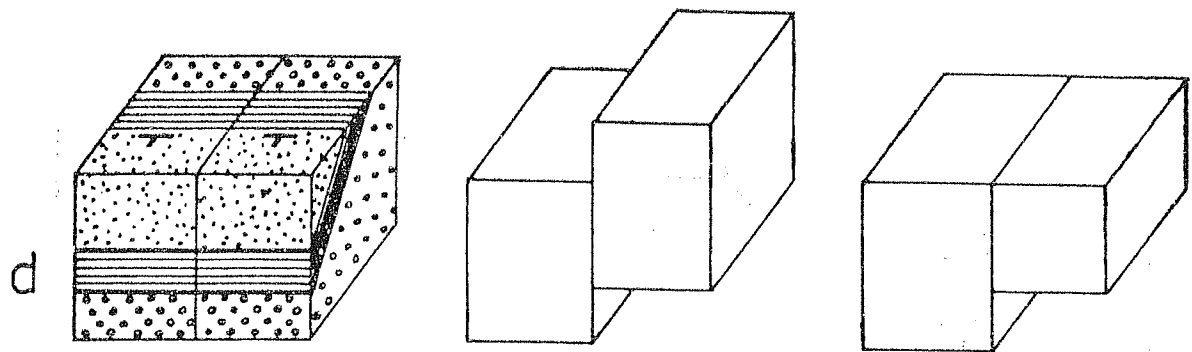
1:1000

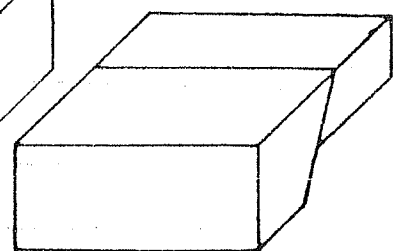
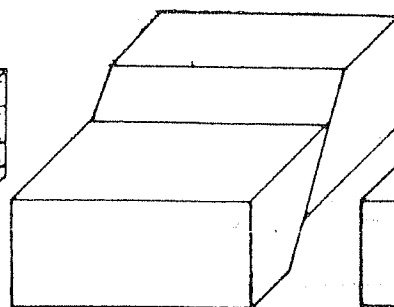
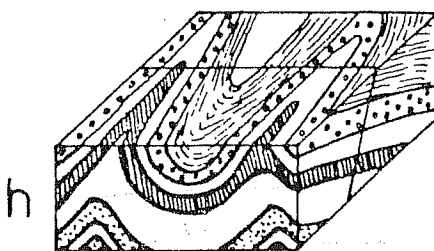
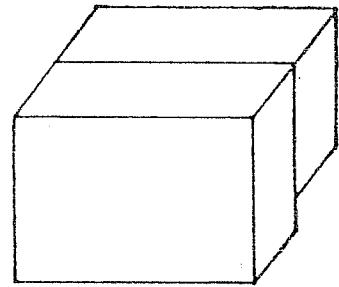
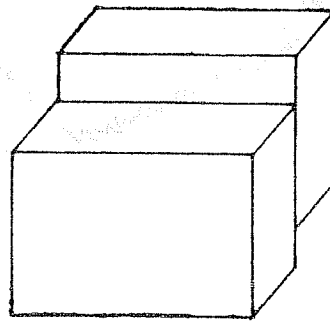
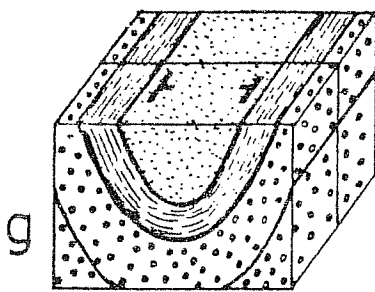
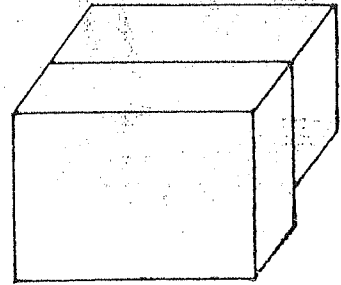
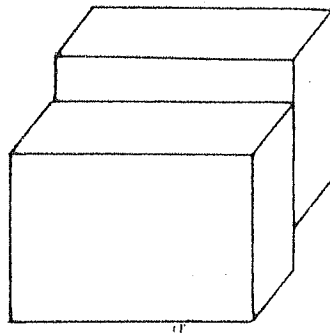
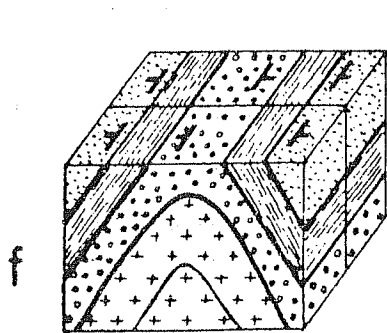


1:1000

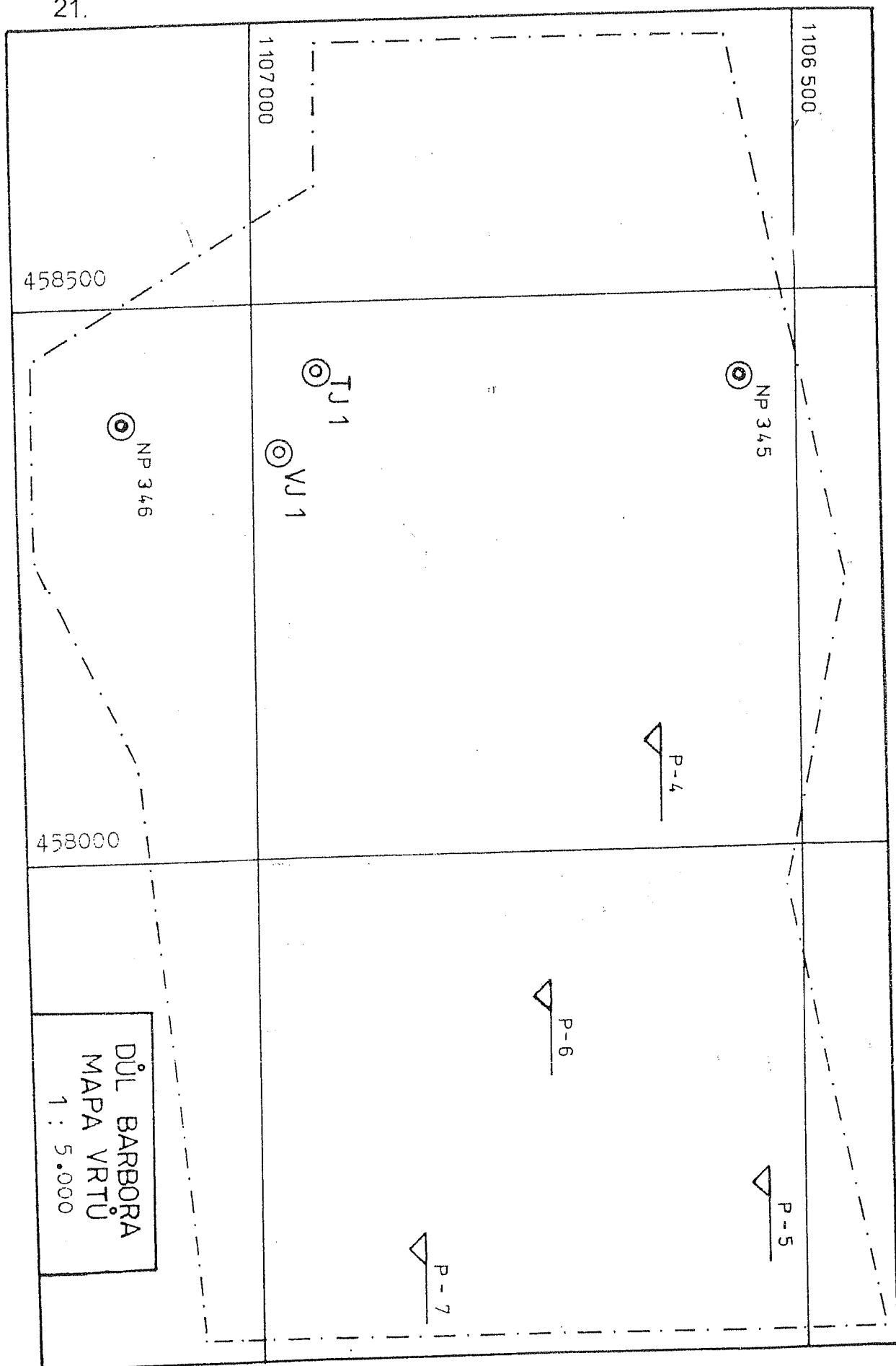
12.

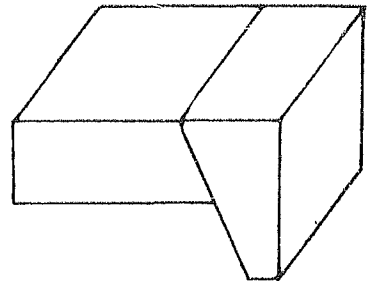
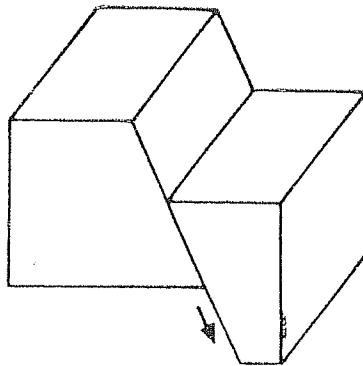
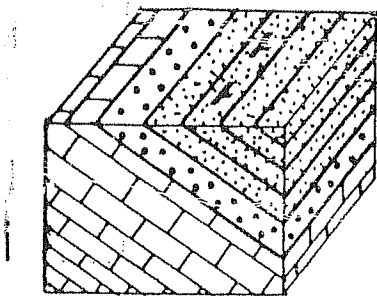




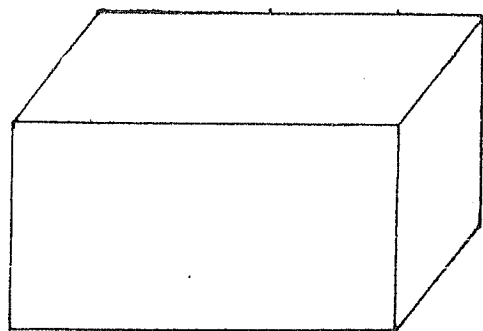
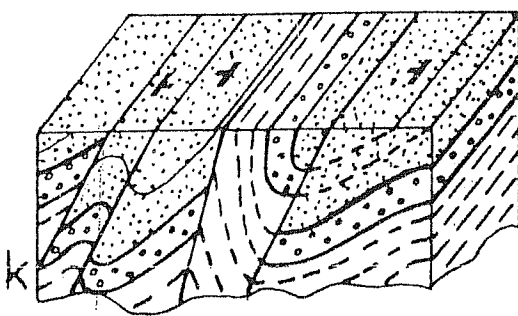
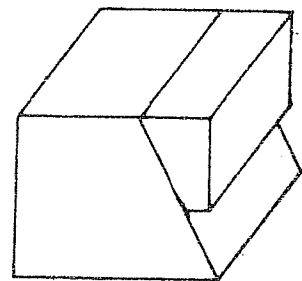
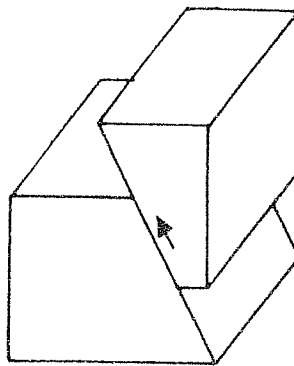
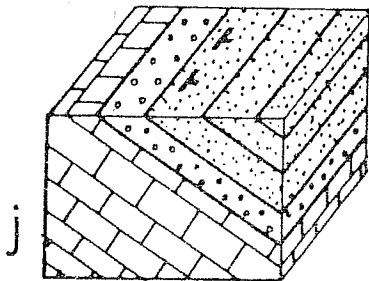


21.

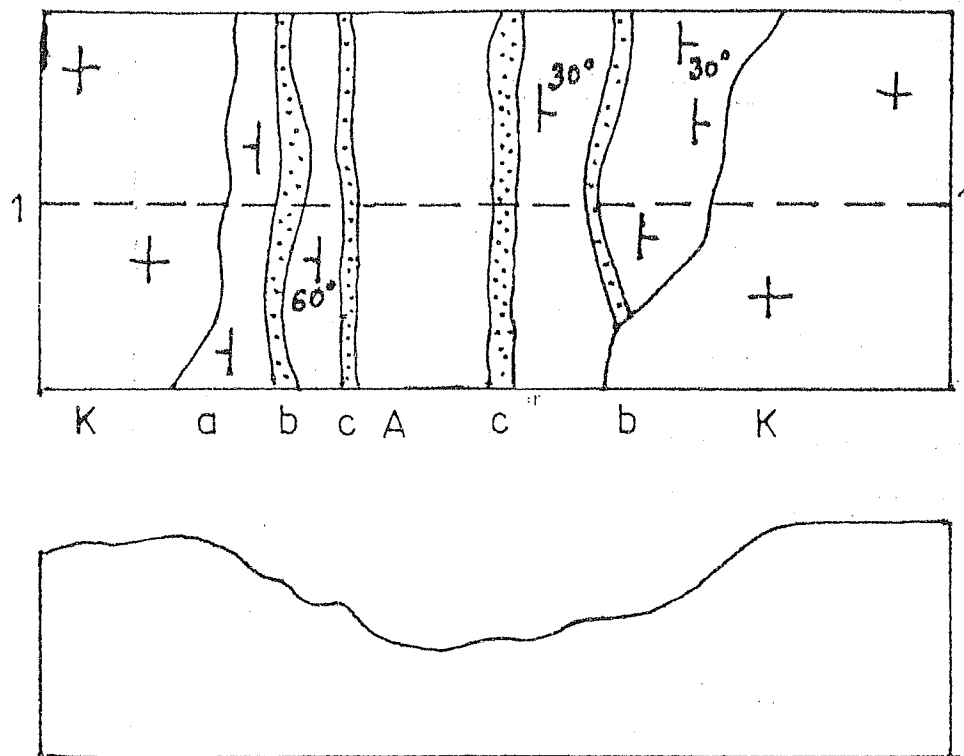




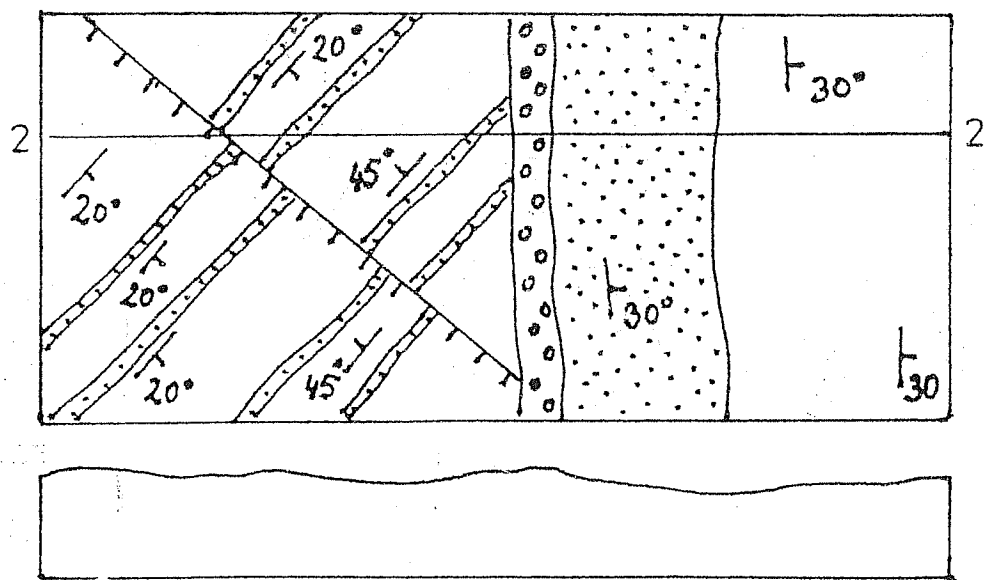
or

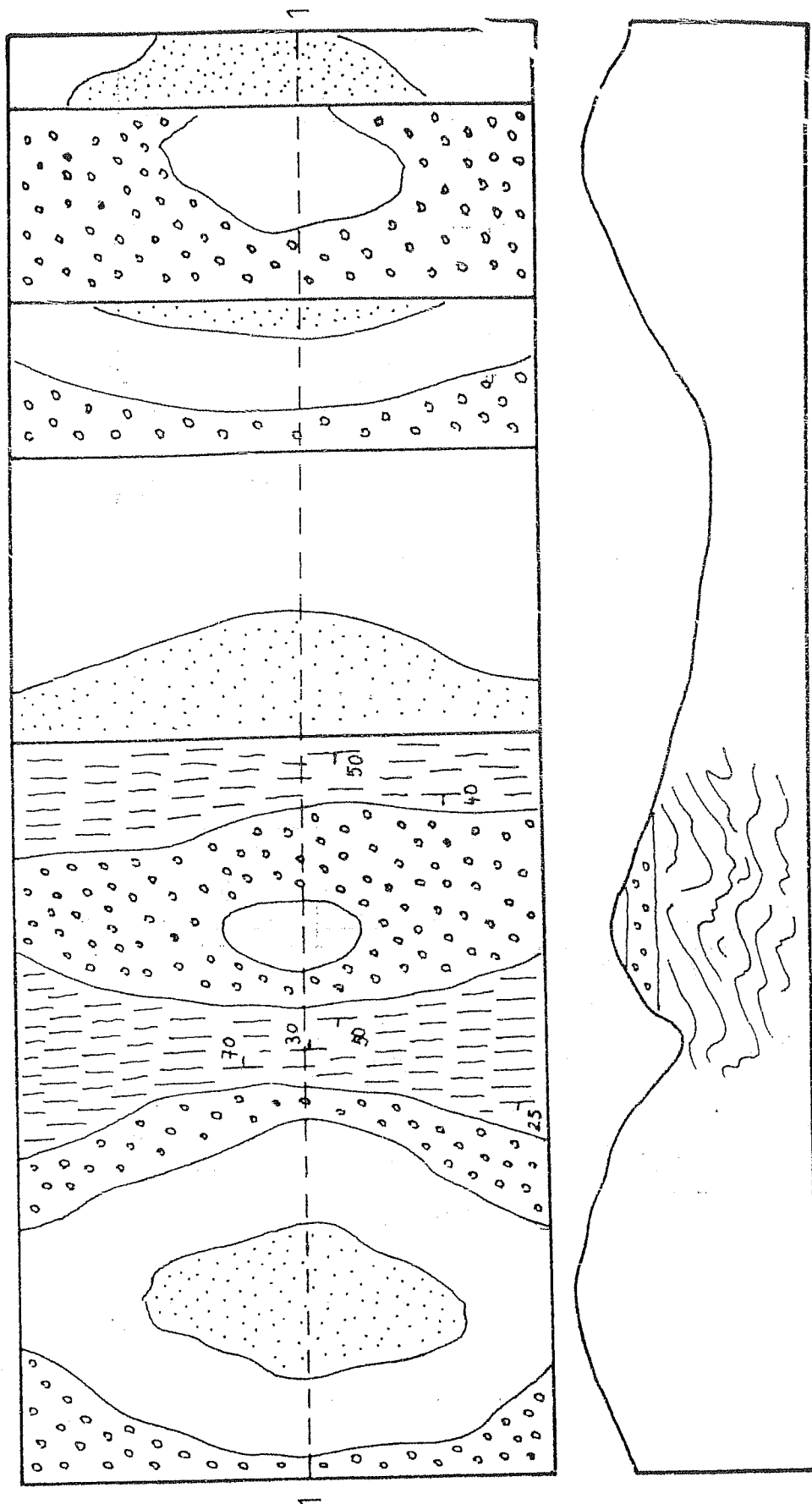


24.

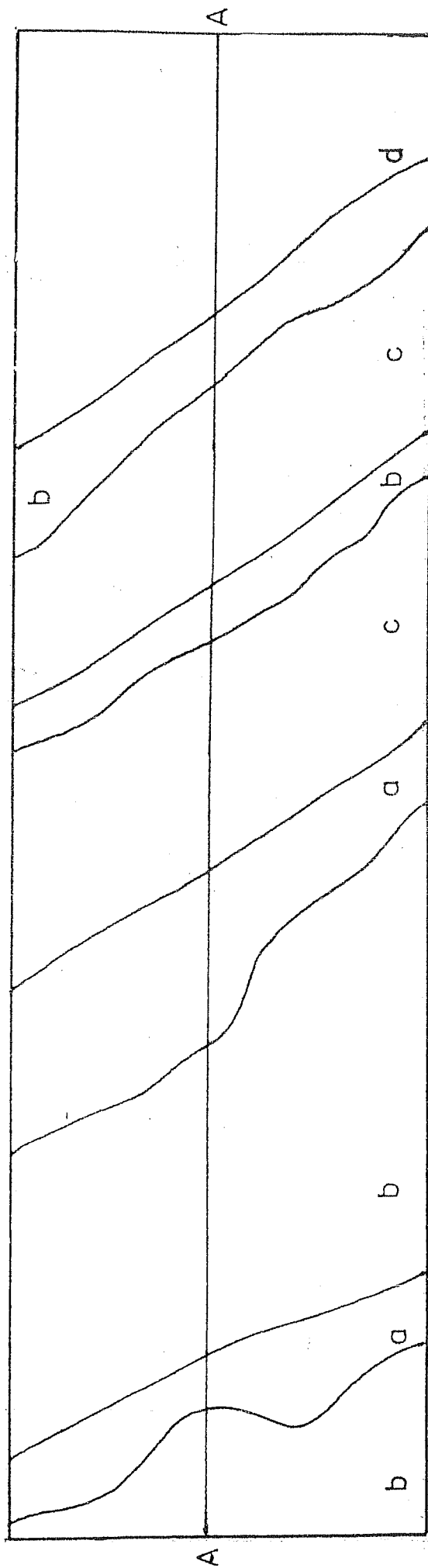
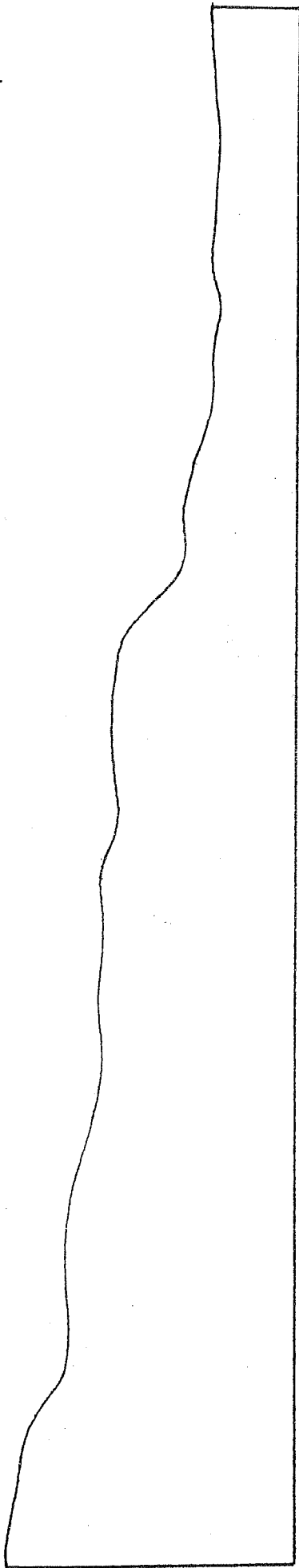


25.



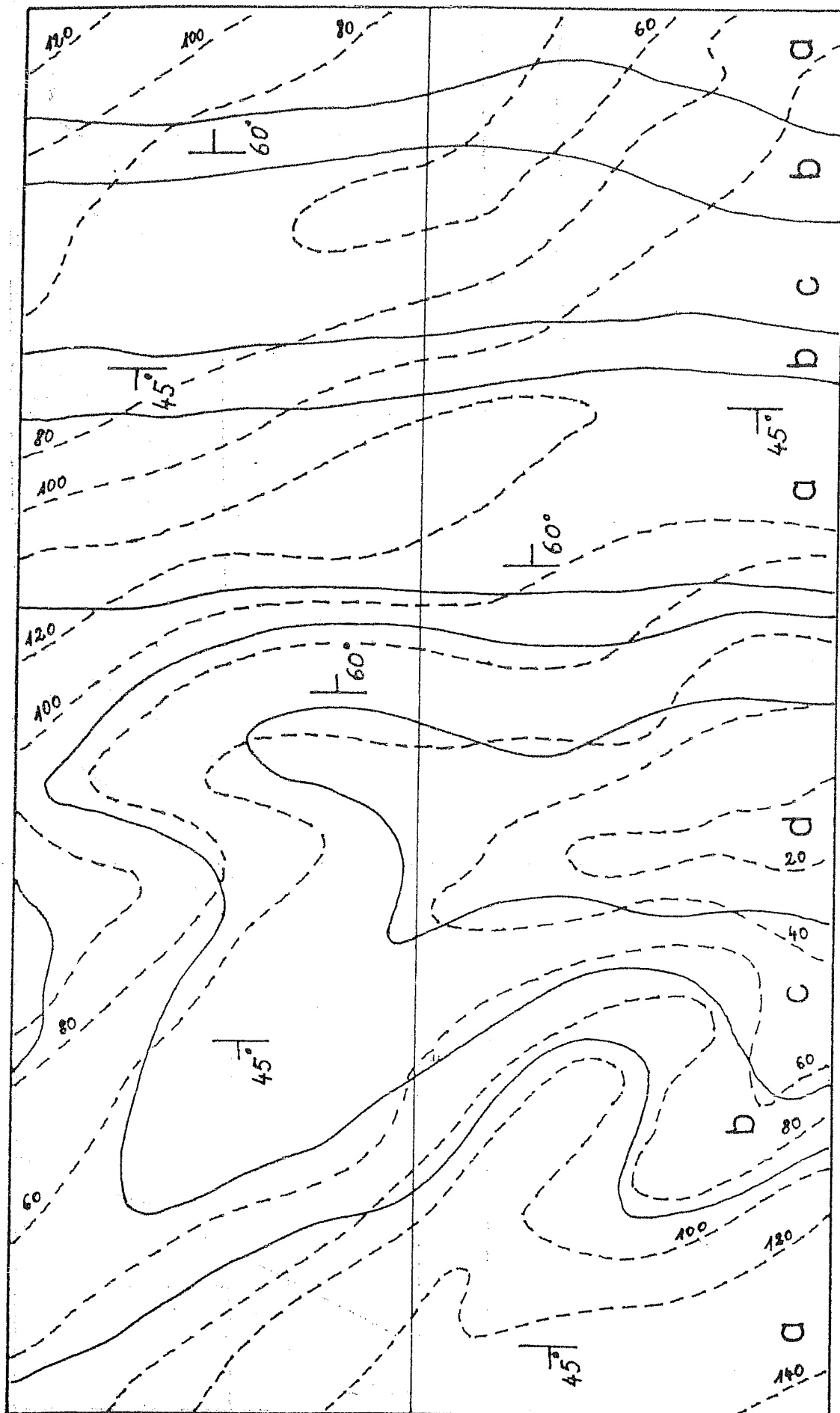


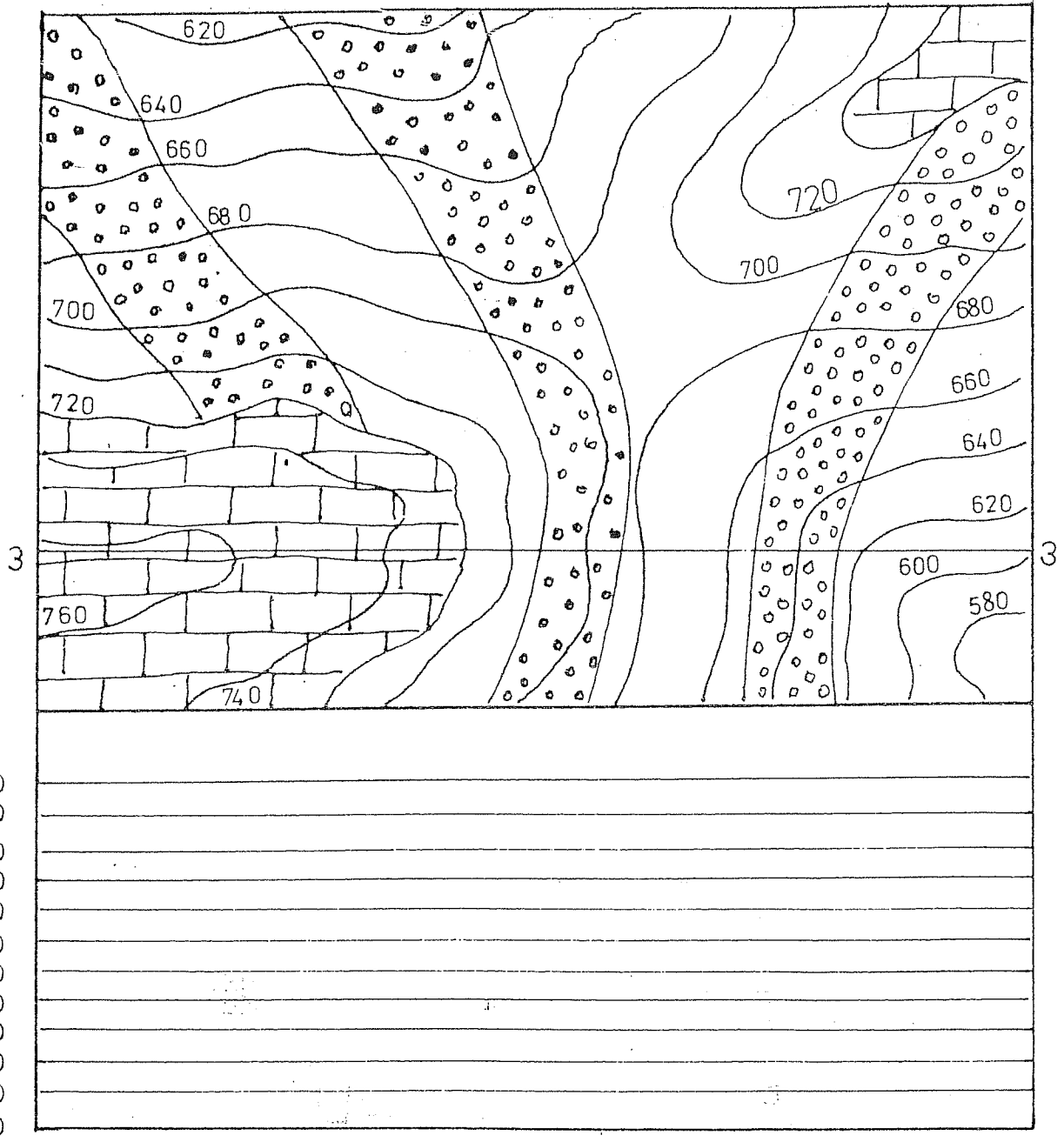
27.

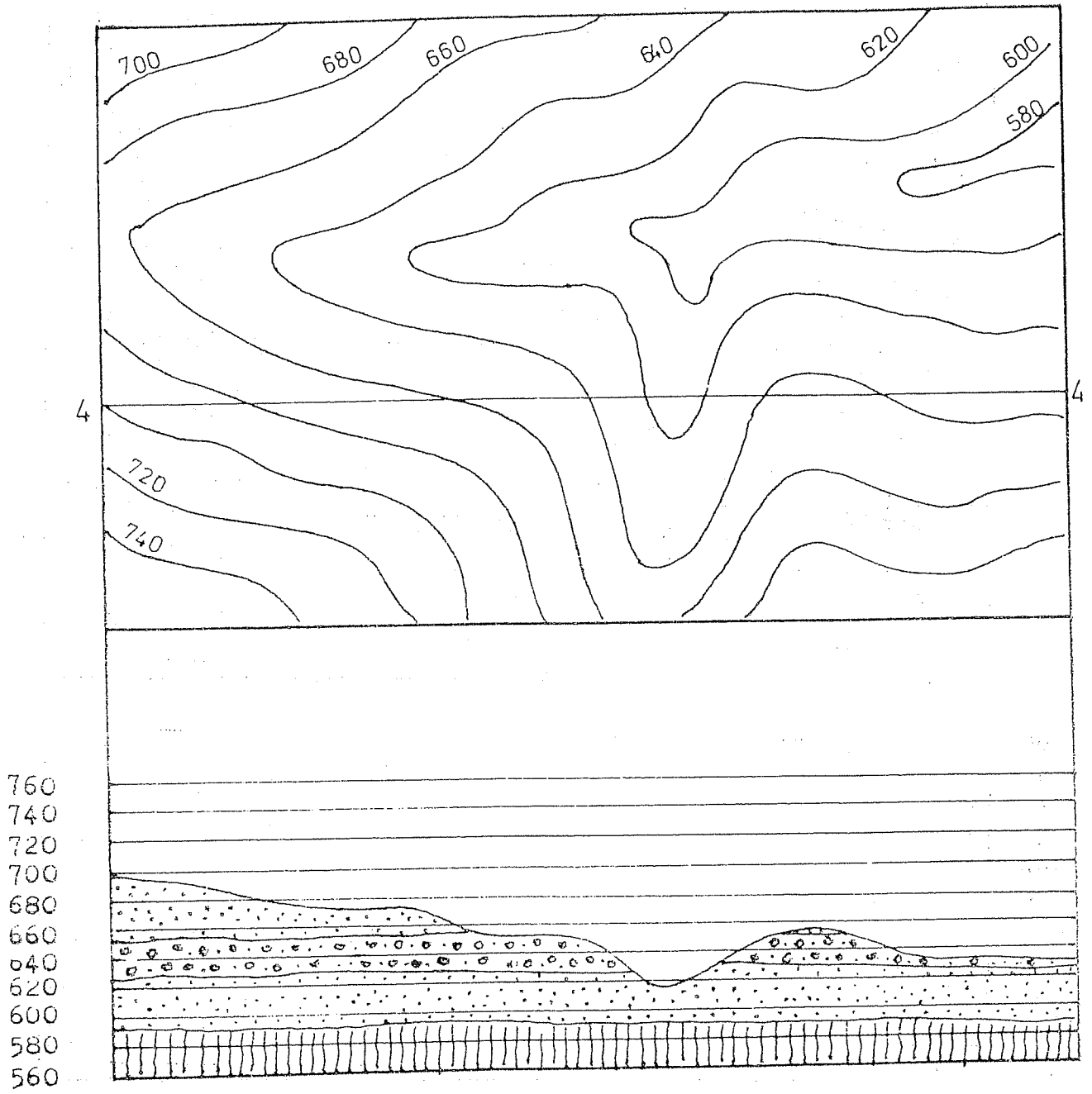


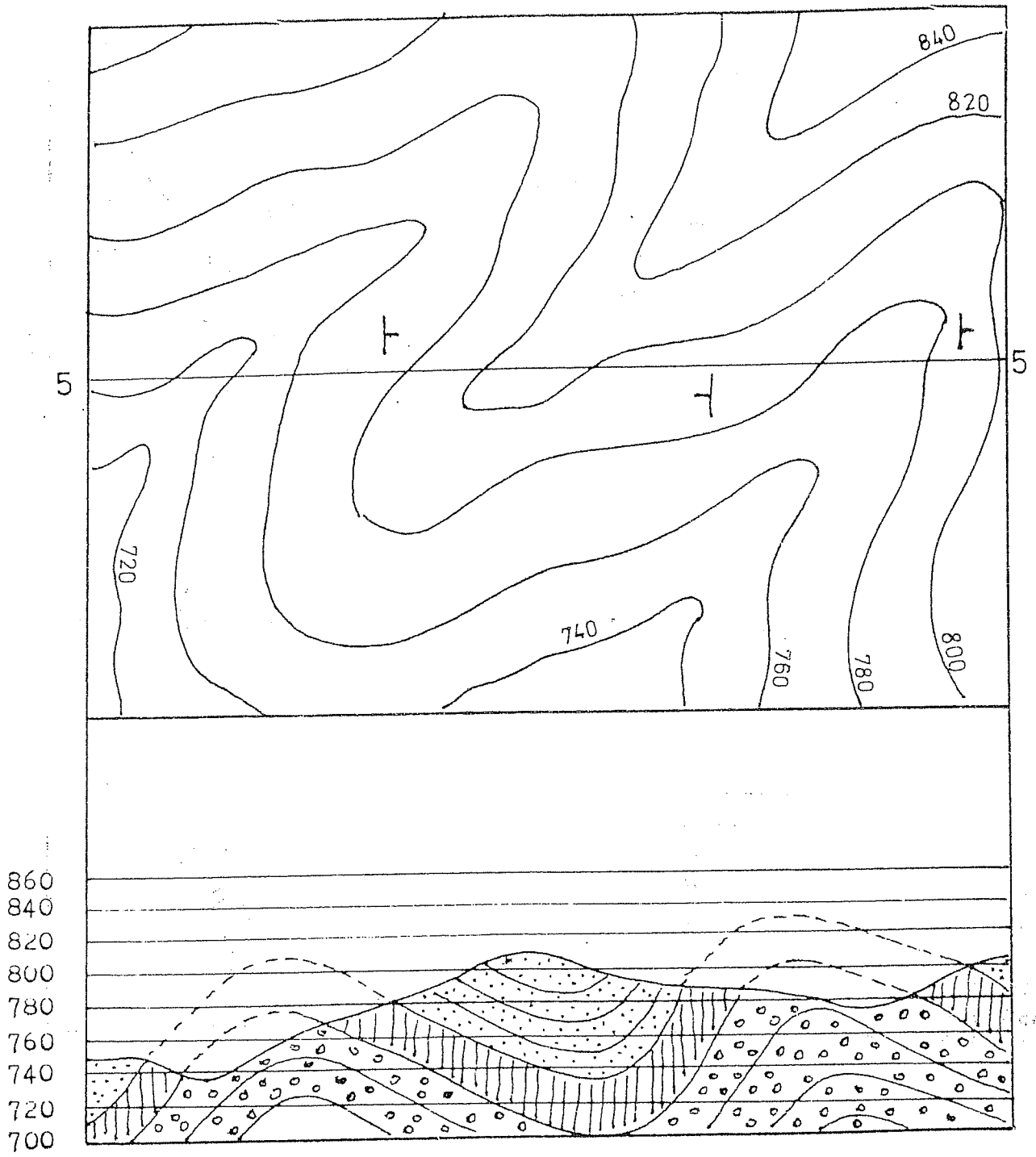
28.

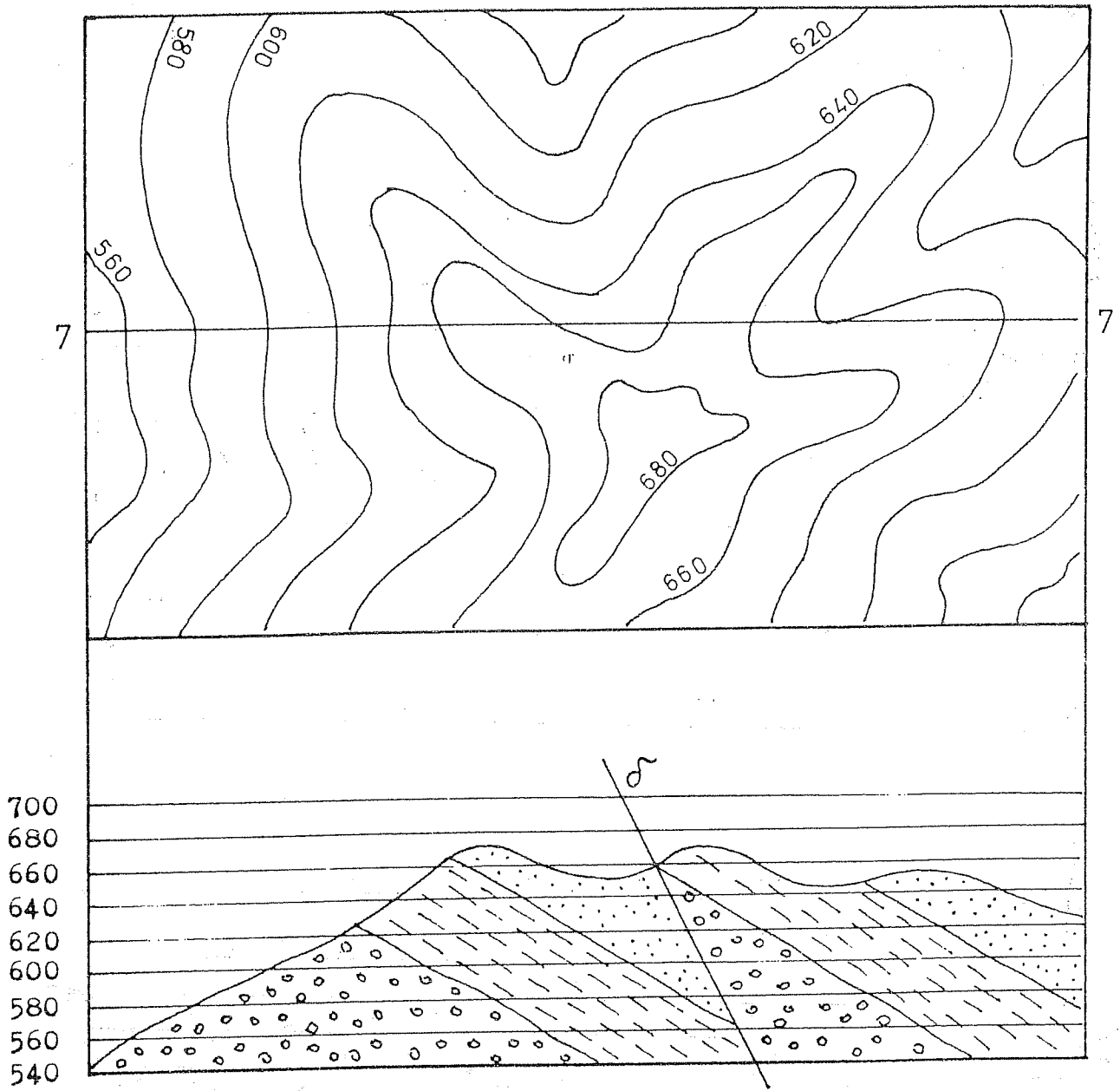
1:5000



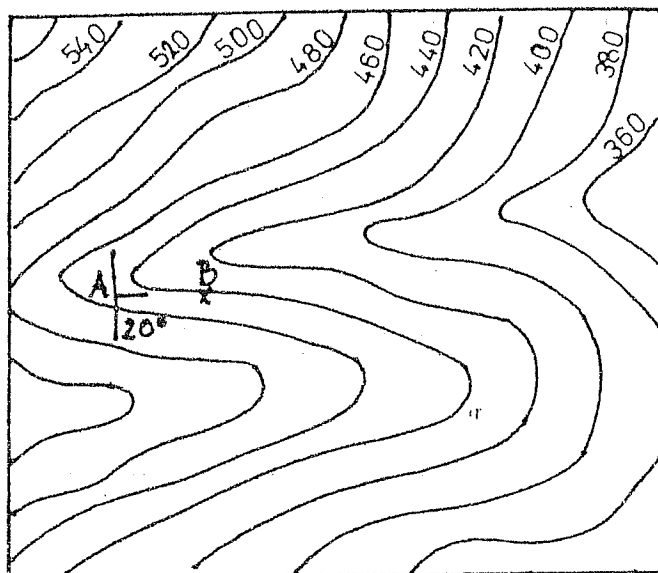






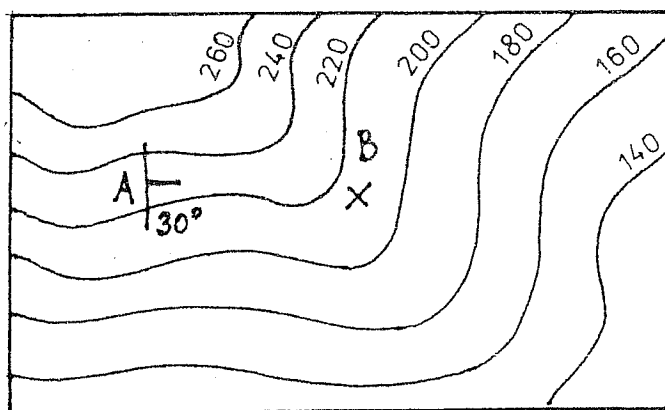


33.



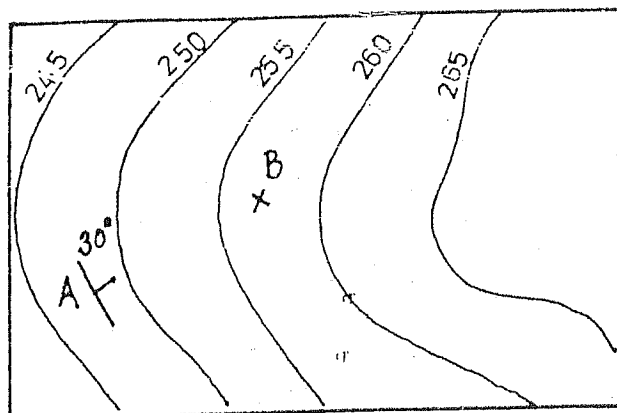
1:5 000

34.



1:5 000

35.



1:1 000

Rejstřík

A

abysální těleso, 5
 apofýza, 7, 36
 akrece, 21, 22
 alpinotypní styl, 20
 antekliza, 16
 antiklinála, 13
 antiklinórium, 15, 20
 aplit, 8, 36
 aulakogén, 16, 21
 autochton, 19

B

bahenní praskliny, 34, 43
 barva hornin, 33, 37
 batolit, 7
 Beniofova zóna, 22
 bentos, 34
 bioglyfy, 5
 bioturbace, 34
 bradlový styl, 21
 brachyantiklinála, 15
 brachyantiklinální uzávěr, 14
 brachysinklinála, 15
 brachysinklinální uzávěr, 14
 břidličnatost, 16
 osní, 16, 41

C

cyklická sedimentace
 cyklotéma, 6
 cyklus sedimentační
 čelo příkrovu, 19
 čeřiny
 nesouměrné, 32
 souměrné, 32
 větrné, 34
 vodní, 34
 čočka, 5, 35

D

deformace tektonické, 12
 délka překrytí, 45
 délka přeryvu, 45

deluvium, 33
 deprese, 15
 diapir, 16, 20
 diapirismus, 8
 diatrema, 9
 digitace, 19
 diskordance, 6, 9
 paralelní, 6
 skrytá, 6
 úhlová, 6
 zjevná, 6
 dislokace, 12, 16, 33, 43
 dokumentace
 hmotná, 49
 obrazová, 45
 odkryvu, 31
 písemná, 31
 základní, 31

dóm, 15
 dvojohyb, 12
 dvojkvák, 10

E

efuse, 9
 elevace, 36
 eluvium, 33
 erozní rýhy, 34
 etmolit, 7, 8
 extruze, 9

F

faciální analýza, 5, 33
 facie, 5, 33, 36
 diastrofická, 6
 geografická, 6
 klimatická, 6
 paleontologická, 5
 petrografická, 5
 fakolit, 9
 flexura, 12, 17, 19
 flyš, 6
 foliace, 12, 27, 41
 formát horniny, 49

- fundament, 20
- G**
- geantiklinála, 16
- geologická mapa, 49
- geologické kladivo, 24
- geologické rozhraní, 52, 57
- geologické struktury, 4
- primární, 4
 - sekundární, 4
- geologický kompas, 24, 25, 26, 28, 30
- geologický odkryv, 31
- geologický polovýchoz, 31
- geologický řez, 55
- podélný, 56
 - převýšený, 57
 - příčný, 56
- geologický výchoz, 31
- přirozený, 31
 - umělý, 31
- geosynklinála, 16
- grafické značky hornin, 48
- germanotypní styl, 20
- goyoty, 9
- H**
- hákování vrstev, 33
- hieroglyfy, 5, 33, 43,
- hlubinné vyvřeliny, 35
- horizontální posun, 18
- hóra, 25
- hrást', 18, 19, 20
- hřbet příkrovu, 19
- hypabysální těleso, 8, 36
- CH**
- chloritizace, 37
- I**
- intruzivní hornina, 7, 35
- J**
- jádro antiklinály, 13
- jádro pohoří, 20
- jádro synklinály, 13
- jazykový pluton, 7
- jícen, 9
- K**
- kaldera, 10
- kaolinizace, 37
- karbonitizace, 37
- kerný zlom, 17
- klenba, 15
- hlubinná, 11
 - soiná, 16
- konkordance, 6, 33
- kontaktní dvůr, 16
- kontaktní přeměna, 11
- konvergentní okraj desek, 21
- kordilera, 16
- korelace, 55
- korelační řez, 55
- koryto vrásky, 13
- kořen příkrovu, 19
- kořenová půda, 33, 43
- kráter, 9
- parazitický, 10
- krátká hrana kompasu, 26
- křídlo vrásky, 13
- kulm, 6, 20
- kupole, 15
- L**
- lakolit, 36
- lamprofyr, 8
- láva, 9, 10
- balvanitá, 10
- pillowláva, 10
- polštářová, 10
- provazová, 10
- lávový hřbet, 10
- lávový příkrov, 10, 36
- lávový proud, 10
- lávový val, 10
- lineace, 11, 28, 52, 41
- linie řezu, 55, 56
- litosférická deska, 21, 22
- ložní délka, 33
- M**
- maary, 9
- magmatická tělesa, 7
- abysální, 7
 - efuzivní, 7
 - hlubinná, 7
 - hypabysální, 7, 9
 - intruzivní, 7
 - podpovrchová, 7
- masiv, 7
- mediotypní styl, 20
- mechanoglyfy, 5, 34
- melanž, 18, 21
- mísa, 15
- mocnost, 4, 5, 8, 33, 40
- nepravá, 4
 - pravá, 4, 33
- monoklinála, 16
- molasa, 6
- mylonit, 18
- N**
- nadloží, 5
- nasazení vrstvy, 5
- násun, 19
- nasypaný sopečný kužel, 9
- nekton, 35
- nerovnosti vrstevních ploch, 33, 34
- nesouvislé sopečné vyvrženiny, 9
- O**
- oblastně přeměna, 37
- oceánský hřbet, 21
- oceánský příkop, 21
- odlučnost, 10, 36
- deskovitá, 10
 - kulovitá, 10

kvádrová, 10
 polštářová, 11
 sloupcovitá, 11
 odžilka, 36
 ofiolity, 20
 ohyb, 12
 orientace puklin, 43
 ortorula, 37
 osa
 antiklinály, 13
 synklinály, 13
 vrásky, 13, 41
 osní
 deprese, 14, 15
 elevace, 15
 rovina, 13
P
 parautochton, 19
 pegmatit, 8, 35
 periklinální uložení, 36
 pilowláva, 10
 plankton, 35
 plátobazalt, 10
 pluton, 7
 jazykový, 7
 počva, 5
 podloží, 5
 podpovrchové těleso, 8, 36
 pokles, 17, 18, 45
 pokles s vlekem, 17
 polovýchoz, 31
 pórovitá textura, 36, 40
 porucha, 12
 nespojité, 16
 spojité, 12
 posun, 18
 předpolí, 19
 přesmyk, 17, 18, 45
 přeyrácený sled, 43
 příkopová propadlina, 19
 příkrov, 19
 střížný, 19
 vrásový, 19
 příkrovová troska, 19
 psaný profil, 33
 ptygmatická vrása, 21
 puklina, 16, 43
 diagonální, 17
 příčná, 43
 směrná, 43
 zpeřující, 17
 pyroklastika, 98, 11, 36, 39
R
 rameno vrásky, 13
 rift, 21, 22
 rigidita, 20
 rozpad horniny, 17
 kostičkovitý, 16
 roubíkovitý, 16

střípkovitý, 19
 rozštěpení žíly, 8
S
 sedimentace
 cyklická, 6, 35
 rytmická, 6, 35
 sedlo, 30
 vrásky, 13
 serpentinizace, 37
 silicifikace, 37
 skalní defilé, 55
 sklonoměr, 27, 28, 30
 sloj, 4
 směr
 lineace, 27
 sklonu, 12, 27
 sklonu vrstvy, 12
 vrstvy, 13, 27
 směrná délka, 12
 směrník, 12
 sopečný kužel, 9
 sopka, 9
 čárová, 9
 efuzivní, 9
 explozivní, 9
 havajského typu, 9
 lávová, 10
 lineární, 9
 složená, 9
 smíšená, 9, 10
 štítová, 9
 tabulová, 9, 36
 sopouch, 9, 36
 soustava zlomů, 18, 19,
 souvrství, 4, 6, 7, 33,
 stratigrafický hyát, 4, 6
 stratigrafický profil, 33, 46
 stratovulkán, 10
 složený, 10
 strop, 5
 struktura hornin, 38, 40, 41
 středooceánský hřbet, 21
 stupňovitý pokles, 18, 19
 subdukce, 21, 22
 subsidence, 16, 19
 symetrála, 13
 syneklíza, 16
 synklinála, 30
 synklinorium, 15
 synsedimentární struktura, 19
 šlira, 35
 štipatelnost, 17
T
 tefra, 9
 tektonická brekcie, 18, 21
 tektonické okno, 19
 tektonické poruchy, 12, 44
 tektonické zrcadlo, 18, 45
 tektonický seismogram, 45

tektonický styl stavby, 20, 21
 bradlový, 21
 apinotypní, 20
 germanotypní, 20
 mediotypní, 20
 příkrovový, 20
 vrásový, 20
 tektonika, 12, 41
 tektonogram, 42
 textura horniny, 36
 topografický profil, 56
 transformní zlom, 22
 trappy, 17
 trhlina, 17, 43
 tufitické horniny, 9, 40, 41
 tuf, 9, 36
 tufit, 9, 36, 39
 tufitická hornina, 36
U
 úklonná délka, 33
V
 varvy, 6
 velevrása, 16
 velikost sklonu, 27, 28
 vergence vrásy, 14, 41
 vrása, 13, 14, 15, 17, 20, 44.
 cylindrická, 14
 diapirová, 17
 hříbovitá, 14
 izoklinální, 14
 klikatá, 14
 kufrovitá, 14
 kůry, 16
 ležatá, 14
 lineární, 14
 nesymetrická, 13
 oblá, 14
 otevřená, 15
 ponořená, 14
 překocená, 13
 přímá, 13
 ptygmatická, 11
 symetrická, 13
 šikmá, 13
 uzavřená, 14
 vějířovitá, 14
 vrásnění, 15
 disharmonické, 15, 17
 vrásová
 křivka, 13
 soustava, 15
 vrásový přesmyk, 17
 vrchol antiklinály, 13
 vrstevnatost, 5, 40
 deskovitá, 5
 laminovaná, 5
 lavicovitá, 5
 vrstevní
 plocha, 4, 5
 spára, 4
 vrstva, 4
 mocnost, 5
 naduření, 5
 nasazení, 5
 rozštěpení, 5
 vyklínění, 5
 vulkanismus, 9, 22
 vulkanoklastika, 36
 vulkán, 9
 výlevné těleso, 36
 výška
 skoku, 45
 stratigrafická, 45
 vertikální, 45
 zdvihu, 45
 výšková síť řezu, 57
 výškové měřítko, 56
 vytlačená kupa, 10
 vzdušné sedlo, 13, 57
X
 xenolit, 35
Z
 zkamenělina, 34, 43
 zlom, 16, 17, 18, 19
 diagonální, 18
 hlubinný, 21
 kerný, 17, 18
 korový, 21
 podélný, 18
 příčný, 18
 střížný, 18
 s vlekem, 17
 tahový, 21
 tlakový, 18, 21
 translační, 18, 21
 ultrahlubinný, 21
 zlomová
 linie, 18
 plocha, 18
 spára, 17
 zvrstvení, 5, 34, 40, 42
 čočkovité, 5
 gradační, 5, 33, 34, 40
 horizontální, 5, 34
 křížové, 5, 34
 nezřetelné, 5, 34
 proudové, 34
 šikmé, 5, 34
 zviřené, 34
 zvlňžené, 5, 34
Ž
 žila, 8, 35
 ložní, 8, 10, 36
 pravá, 8, 36
 žilná hornina, 36
 žilník, 8

Literatura

- DUDEK A. a kol.: Atlas hornin - Akademia Praha 1969.
- FOLDYNA J., GRMELA A.: Cvičení ze všeobecné, užité a strukturní geologie - Skripta HGF VŠB, Ostrava 1979.
- FOLDYNA J. a kol.: Praktická cvičení z geologie - skripta HGF VŠB, Ostrava 1986.
- KUDĚLÁSKOVÁ M., POLICKÝ J.: Návod k makroskopickému popisu hornin - skripta HGF VŠB Ostrava 1992.
- KUMPERA O. a kol.: Všeobecná geologie - SNTL Praha 1989.
- MENČÍK E. a kol.: Geologie Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny - Akademia Praha 1983.
- MENČÍK E. a kol.: Geologická mapa Moravskoslezských Beskyd 1:100.000 - Akademia Praha 1983.
- NĚMEC F.: Klíč k určování nerostů a hornin - SPN Praha 1993.
- PETRÁNEK J. a kol.: Cvičení k základům ložiskové geologie pro 4. roč. gymnázií - SNTL Praha 1984.
- ŘEHOŘ F. a kol.: Za zkamenělinami severní Moravy - Ostravské muzeum, Ostrava 1978.
- ŘEHOŘ F.: Přehled mineralogie a petrologie - skripta PřF OU, Ostrava 1991.
- VALÍŠ J.: Cvičení a pokusy z mineralogie, petrografie a geologie - SPN Praha 1974.
- Přehledná geologická mapa předčtvrtohorních útvarů v měř. 1:200 000, list Ostrava, Olomouc, Jeseník - Geofond Praha 1966, 1989
- Vysvětlivky k přehledné geologické mapě předčtvrtohorních útvarů 1:200.000 pro listy Ostrava, Olomouc, Jeseník - Nakl. ČSAV Praha, 1962.

UČEBNÍ TEXTY OSTRAVSKÉ UNIVERZITY - Přírodovědecká fakulta

Název	Cvičení z geologie
Autor	Doc. RNDr. František Řehoř, CSc.
Vydavatel	Ostravská univerzita v Ostravě
Určeno	Studentům učitelského i neučitelského studia oboru geografie
Rozsah	84 s.
Vydání	první 1999
Náklad	500 ks
Tisk	Ediční středisko Ostravské univerzity
Doporučená cena	60,- Kč

Publikace neprošla jazykovou úpravou

ISBN 80-7042-777-9