

Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2018

Bc. Dominik Miškář

Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta
Katedra biologie

Aktivizační metody ve výuce biologie
se zaměřením na výuku
mineralogie a petrologie

Diplomová práce

Autor: Bc. Dominik Miškář

Studijní program: N1101 - Matematika

Studijní obor: Učitelství biologie pro střední školy
Učitelství matematiky pro střední školy

Vedoucí práce: doc. RNDr. Jan Vítek

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne 18.7.2018

.....

Poděkování:

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce doc. RNDr. Janu Vítкови za shovívavost, odbornou pomoc a vedení v průběhu zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat vyučujícím biologie na Gymnáziu v Hradci Králové, kteří mi dovolili provádět výstupy v jejich vyučovacích hodinách.

Anotace

MIŠKÁŘ, Dominik. *Aktivizační metody ve výuce biologie se zaměřením na výuku mineralogie a petrologie*. Hradec Králové, 2018: Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce Jan Vítek. 124 s.

Zpracování různých aktivizačních metod pro výuku předmětu biologie, se zaměřením na anorganickou přírodu, zejména mineralogii a petrologii. Práce vyjde ze stručného teoretického a didaktického přehledu mineralogie a petrologie z hlediska možnosti využití v učitelské praxi. Zvoleny budou jednoduché experimenty a hry na principu aktivizačních metod vhodných pro obvyklou školní praxi. Cílem je také připravit a uskutečnit několik vyučovacích výstupů a ověřit navržené didaktické experimenty v praxi.

Klíčová slova:

geologie, mineralogie, petrologie, aktivizační metody, didaktická hra, geologický projekt

Annotation

MIŠKÁŘ, Dominik. *Active teaching methods in biology lessons with a focus on teaching mineralogy and petrology*. Hradec Králové, 2018: Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové, Thesis Supervisor Jan Vítek. 124 p.

Based on developing a simple theoretical, didactic review of mineralogy and petrology suitable for teaching practice, will be part of this work created as a workbook with suggestions of active teaching methods for practical lessons and extra-curricular activities. There is a project for worksheets, educational games and simple experiments, which will be completed by methodological instructions to advance.

Keywords:

geology, mineralogy, petrology, activation methods, didactic game, geological projects

Obsah

Úvod	10
Metodologie	11
Teoretická část	
1 Planetární geologie	13
1.1 Země jako planeta ve vesmíru	13
1.2 Vnitřní stavba zemského tělesa	17
1.3 Globální desková tektonika.....	20
1.4 Fyzikální vlastnosti Země.....	25
2 Mineralogie	27
2.1 Krystalografie.....	27
2.1.1 Strukturní a chemická krystalografie	29
2.1.2 Morfologická krystalografie	31
2.1.3 Fyzikální krystalografie	36
2.2 Systém nerostů	39
2.2.1 Prvky.....	39
2.2.2 Sulfidy.....	41
2.2.3 Halogenidy.....	42
2.2.4 Oxidy.....	43
2.2.5 Uhličitany	46
2.2.6 Dusičnany	48
2.2.7 Fosfáty	48
2.2.8 Sírany.....	49
2.2.9 Křemičitany.....	50
2.2.10 Organogenní minerály	56
3 Petrologie.....	57
3.1 Vlastnosti hornin.....	57
3.2 Vyvřelé horniny.....	58
3.2.1 Vlastnosti vyvřelých hornin.....	59
3.2.2 Systém vyvřelých hornin.....	62
3.3 Usazené horniny	66
3.3.1 Vlastnosti usazených hornin.....	67

3.3.2	Systém usazených hornin	68
3.4	Metamorfované horniny	74
3.4.1	Vlastnosti metamorfovaných hornin	75
3.4.2	Systém metamorfovaných hornin	76
4	Strukturní geologie	80
4.1	Spojité tektonické struktury	81
4.2	Nespojité tektonické struktury	82
5	Dynamická geologie	84
5.1	Vnitřní geologické procesy	84
5.1.1	Diastrofismus	84
5.1.2	Magmatismus	84
5.1.3	Zemětřesení	88
5.1.4	Metamorfismus	89
5.2	Vnější geologické procesy	90
5.2.1	Zvětrávání	90
5.2.2	Geologická činnost gravitace	94
5.2.3	Geologická činnost ledovců	95
5.2.4	Geologická činnost podzemní vody	96
5.2.5	Geologická činnost povrchové vody	97
5.2.6	Geologická činnost mořské vody	99
5.2.7	Geologická činnost větru	100
5.2.8	Geologická činnost vesmírných těles	101
5.2.9	Geologická činnost organismů a člověka	102

Praktická část

6	Srovnání učebnic geologie pro základní školy	103
6.1	Přírodopis 4	103
6.2	Přírodopis 9	104
6.3	Přírodopis 8	105
6.4	Ekologický přírodopis	105
6.5	Přírodopis 9	106
6.6	Přírodopis IV	107
6.7	Porovnání představených učebnic	108
7	Pracovní sešit	110

7.1	Aktivizační metody	110
7.1.1	Rébusy	111
7.1.2	Myšlenková mapa	111
7.1.3	Metody práce s textem	111
7.1.4	Problémové metody	113
7.1.5	Metoda Ano/Ne	113
7.1.6	Experiment	114
8	Pedagogická příručka	115
8.1	Projektové výukové metody	115
8.2	Herní výukové metody	115
	Diskuze	117
	Závěr	119
	Literatura	120
	Zdroje obrázků	123
	Přílohy	124

Úvod

V dnešním školství ještě stále převládá transmisivní způsob frontální výuky, který je nejen pro začínající učitele zřejmě nejsnadnější a nejběžnější metodou výuky. Častý výklad a předávání hotových informací (nejen v hodinách biologie) nejsou dle mnohých výzkumů (např. Kalhous a Obst, 2002) pro žáky natolik přínosné, jako vyučovací hodiny s praktickými činnostmi a laboratorními pracemi. Vyučovací hodiny, ve kterých mohou žáci trénovat své dovednosti, aplikovat své poznatky, nebo badatelsky objevovat nové vlastnosti a zákonitosti, napomáhají v největším rozsahu rozvoji žákovských schopností a dovedností. Metoda propojení teoretických poznatků s praktickými zkušenostmi by tedy měla být v našem školství nejvíce užívaná, protože je oprávněně nejúčinnější, ale také v mnoha ohledech nejnáročnější.

Metody, které mají za cíl zapojit žáky do procesu výuky a nechat je samostatně objevovat a zpracovávat poznatky, nazýváme aktivizační metody. Žáci by během výuky měli pro porozumění nových poznatků využít zejména tvůrčí a praktické činnosti. Právě tyto metody mají velký potenciál pomoci ve zlepšení neuspokojivých výsledků ze šetření PISA 2015, kde naši studenti dosáhli horších výsledků, než v předchozích šetřeních (Palečková, 2007; Blažek, 2016). Úroveň gramotnosti se snížila zejména v oblasti schopnosti žáků interpretovat data a souvislosti, v dovednosti formulovat hypotézy a ve schopnosti žáků ověřovat je pomocí experimentů.

Zařazení aktivizačních metod do vyučování je časově náročné a vyžaduje větší časovou dotaci oproti běžné výuce (Maňák a Švec, 2003), ale tyto metody je nutné do výuky zařazovat stále častěji, protože pomáhají rozvíjet osobnosti žáků a napomáhají tvorbě jejich kritického myšlení, které by mělo být hlavním cílem výuky.

Mezi učiteli biologie i jejich žáky patří učivo geologie mezi nejméně oblíbené a nejvíce omezované. Žáci i učitelé nepřikládají učivu o neživé přírodě takovou důležitost a vyučující často zajímavost tématu již předem přehlížejí.

Informace z mnohých šetření i vlastní zkušenosti a rozhovory s vyučujícími v praxi jsou mi motivací pro tvorbu mé závěrečné práce. V rámci tohoto textu bych chtěl vytvořit výstižný přehled učiva mineralogie a petrologie, s nepostradatelným přesahem do některých dalších oblastí geologie, vhodný pro výuku na základní i střední škole a doplnit jej o vhodné aktivizační metody. Chtěl bych se zaměřit zejména vytvoření zajímavých pracovních listů, námětů na laboratorní pokusy, tematických projektů a her,

kteřé by bylo možné využít v běžné výuce. Toto konkrétní vytvořené portfolio by bylo pak v neposlední řadě ověřeno ve vyučovací praxi.

Ke struktuře diplomové práce, jejímu obsahu, cílům.

Cíle v oblasti teorie:

- a) Vytvořit přehled základního učiva mineralogie, petrologie a geologie
- b) Charakterizovat aktivizační metody a zaměřit se zejména na metody, které lze použít ve výuce geologie mineralogie, petrologie a geologie

Cíle v oblasti pedagogické praxe:

- c) Porovnat vybrané učebnice geologie na základních školách
- d) Vytvořit výukovou oporu v podobě pracovního sešitu
- e) Navrhnout vhodné geologické projekty a didaktické hry
- f) Vybrané aktivizační metody ověřit v běžné výuce

Rozdělení práce na teoretickou a praktickou část by odpovídalo cílům v oblasti teorie a praxe. V rámci teoretické části bude vytvořena teoretická opora obsahující přehled planetární geologie, mineralogie, petrologie a strukturní a dynamické geologie. Praktická část pak bude obsahovat srovnání učebnic, pracovní sešit a pedagogickou příručku.

Metodologie

Teoretická část je tvořena rešerší dostupné literatury obsahující daná témata. Klíčovou literaturou byly knihy Geologické vědy: přehled mineralogie, petrografie a geologie (Habětín, 1973), Geologie pro učitele (Janoška, 1999) a Základy geomorfologie: vybrané tvary reliéfů (Smolová a Vítek, 2007).

Veškeré použité prameny byly přehledně zpracované, bylo však nutné používat nejaktuálnější informace. Některé starší teorie byly již nahrazeny aktuálnějšími. Pro tvorbu rešerše jsem použil kompilační metodu dostupných zdrojů.

Tituly učebnic pro srovnání byly vybrány na základě rozhovorů s vyučujícími, jako nejužívanější učebnice ve vyučovací praxi. Metodika srovnání učebnic vycházela zejména z publikace Hodnocení učebnic od autorů J. Maňáka a P. Knechta (2007). Základní myšlenkou učebnic je, že jsou určené především pro žáky, nikoli pro učitele. Učitelům pouze usnadňují jejich práci. „*Nejčastěji se v souvislosti s učebnicemi hovoří o jejich funkci motivační, informační, transformační, systematizační, sebevzdělávací, integrující, koordinující, řídicí, rozvíjející a výchovné*“ (Maňák a Knecht, 2007, s. 7). Za kvalitní učebnice pak lze považovat takové učebnice, které splňují své funkce. Kritéria hodnocení učebnic jsou ale různá. Mezi hodnocené kategorie patří: přehlednost, přiměřená obtížnost

a rozsah učiva, odborná správnost, aktivizační prvky, obrazový materiál, shoda s kurikulárními dokumenty, cena a dostupnost učebnic, doplňkové texty a materiály, diferenciaci učiva a úloh, hodnoty a postoje, zpracování učiva.

V rámci této práce budou učebnice hodnoceny na základě přehlednosti, přiměřené obtížnosti, rozsahu učiva, četnosti výskytu aktivizačních metod a motivačních prvků, zpracování učiva a grafického provedení učebnice.

Pracovní listy, laboratorní práce, projekty a hry byly vytvořeny na základě srovnání učebnic. Veškeré materiály byly tvořeny cíleně, aby odpovídaly obsahu těchto učebnic a bylo možné je využívat jako rozšiřující a doplňkový materiál. Obsahem tedy pracovní listy odpovídají učebnicím nakladatelství Scientia (Cílek, 2000), Fraus (Švecová, 2007) a SPN (Černík, 2004), který v některých oblastech mírně rozšiřují.

Ověření materiálů probíhalo v běžné školní i mimoškolní výuce. Ve školní výuce probíhalo ověření v hodinách biologie na Gymnáziu v Hradci Králové v rámci vyučovacích výstupů. V mimoškolní výuce byly pracovní listy ověřeny na akci Škola v přírodě a v rámci biologického kroužku. Na základě zpětné vazby ze strany žáků byly pracovní listy upraveny a jejich připomínky byly reflektovány během celé tvorby práce.

Celá práce byla vytvořena v programu Microsoft Office Word a Microsoft Office Excel. V celé práci, v teoretické i praktické části a v přílohách, jsou využívány obrázky, schémata a fotografie. Obrázky a schémata jsem vytvořil já osobně v programu pro kreslení geometrických obrazců Geogebra, pokud není v textu uvedeno jinak. Veškeré použité fotografie jsem pak pořídil osobně pomocí fotoaparátu Canon PC 1474 ve svých osobních sbírkách nebo ve sbírkách Gymnázia Boženy Němcové v Hradci Králové. Z důvodu ochrany osobních údajů žáků nebyly použity fotografie z běžné výuky.

1 Planetární geologie

1.1 Země jako planeta ve vesmíru

Země je jedno z těles, planeta sluneční soustavy. Sluneční soustava je planetární systém hvězdy Slunce. Slunce je menší hvězdou naší galaxie Mléčná dráha. Galaxie je gravitačně vázaný soubor hvězd, tvořících ve vesmíru ucelený celek. Naše galaxie má spirální tvar, stejně jako například Galaxie v Andromedě, ale galaxie mohou mít i nepravidelné tvary jako například Malý a Velký Magellanův oblak (Rees, 2006).

Systém sluneční soustavy tvoří jedna hvězda – Slunce, osm hlavních planet, pět trpasličích planet, planetky, meteoroidy a komety. Kolem některých planet pak obíhají jejich přirozené družice, satelity. Počet satelitů u planet roste s jejich rostoucí vzdáleností od Slunce (Rees, 2006).

Slunce je výrazně nejhmotnější těleso sluneční soustavy. Je to hvězda hlavní posloupnosti, žlutý trpaslík, o stáří přibližně 4,6 miliardy let (Rees, 2006). Je to žhavé těleso tvaru koule o průměru asi 1,4 milionů kilometrů. Na povrchu Slunce je teplota přibližně šest tisíc stupňů. To je příčina, proč se nám Slunce při pohledu ze Země jeví žluté. Země je od Slunce vzdálena přibližně 150 milionů kilometrů, tedy jednu astronomickou jednotku. Slunce je koule žhavého plazmatu složeného zejména z atomů plynů, kdy přes devadesát procent tvoří atomy vodíku a osm procent atomy helia. Díky tomu je hustota Slunce pouhých $1,4 \text{ g/cm}^3$. Na Slunci probíhá nepřetržitá termonukleární reakce, rozpad atomů vodíku na helium. Téměř veškerá energie vytvořená termonukleárními reakcemi je vyzářena různými formami záření do meziplanetárního prostoru. Díky sluneční energii pak probíhá většina procesů na Zemi, jako jsou podnebí, počasí, příliv a odliv či fotosyntéza.

Planety jsou základní tělesa sluneční soustavy, obíhající okolo Slunce po eliptických drahách, které je ve společném ohnisku oběžných drah. Aby mohlo být těleso považováno za planetu, musí splňovat i podmínku, že je ve svém vesmírném prostoru dominantní a nemá ve svém okolí obdobné těleso a je přibližně kulového tvaru (Habětín, 1973).

Rozlišujeme osm planet sluneční soustavy, které rozdělujeme do dvou skupin. První skupinou jsou terestrické planety, nebo také planety zemského typu, kam řadíme Merkur, Venuši, Zemi a Mars. Tyto planety jsou tvořeny pevnou kamennou hmotou a mají hustotu okolo $4\text{-}5 \text{ g/cm}^3$. Druhou skupinou jsou plynní obři, kam patří Jupiter, Saturn, Uran a Neptun. Uran a Neptun jsou někdy řazeny do zvláštní podskupiny takzvaných ledových obrů. Jejich hlavními složkami jsou pak vodík, helium a metan v různých skupenstvích.

Planety je možné rozdělovat také na vnější a vnitřní a to buď vzhledem k poloze Země, nebo vzhledem k hlavnímu pásu asteroidů (Rees, 2006).

Merkur je nejmenší planeta sluneční soustavy, nacházející se nejbližší ke Slunci, 0,39 AU. Tato planeta nemá žádný satelit a oběh okolo Slunce trvá 88 dní. Povrch planety připomíná povrchový reliéf Měsíce s množstvím impaktních kráterů, nízkých pohoří a lávových planin (Habětín, 1973). Na planetě je obrovský rozdíl v teplotách na přivrácené a odvrácené straně, na přivrácené straně ke Slunci dosahuje teplota 480°C, na odvrácené straně pak klesá k -170°C. Příčinou takto rozdílných teplot je absence atmosféry. Planeta dosahuje hustoty mírně vyšší než je na Zemi 5,53 g/cm³ a má výrazně menší magnetické pole (Rees, 2006).

Venuše je druhá planeta sluneční soustavy. Podobá se Zemi, má téměř totožný poloměr, ale menší oběžnou dobu 225 dní. Střední vzdálenost od Slunce je 0,72 AU (Habětín, 1973), kdy Venuše jako jediná planeta má oběžnou dráhu téměř ve tvaru kružnice. Hustota planety je 5,2 g/cm³. Planeta je díky jasnosti na obloze označována jako Večernice nebo Jitřenka, protože ji lze pozorovat pouze v ranních a večerních hodinách. Je nejvýraznějším tělesem na obloze vyjma Slunce a Měsíce. Tato planeta již má atmosféru, ale tou nepronikne světlo. Je tvořena zejména oxidem uhličitým. Tento oxid uhličitý, vzniklý pravděpodobně mohutnou vulkanickou činností, zapříčinil zmizení veškeré kapalné vody a ohřátí planety na průměrnou teplotu 460°C. Na planetě probíhají neustálé bouřky a na povrchu je množství sopek a pohoří (Rees, 2006). Nevyskytuje se zde však velké množství impaktních kráterů, což naznačuje malé stáří povrchu planety. Venuše nemá žádný přirozený satelit ani magnetické pole.

Země je třetí planetou sluneční soustavy. Její vzdálenost od Slunce je 1 AU a oběžná doba 365 dní. Vznikla přibližně před 4,6 miliardami let (Habětín, 1973) a má jeden přirozený satelit – Měsíc. Planeta má vlastní atmosféru složenou zejména z dusíku a kyslíku a má vlastní magnetické pole. Jedná se o živou planetu s aktivní vulkanickou činností. Hustota planety je 5,52 g/cm³.

Měsíc je přirozený satelit naší planety (Habětín, 1973). Těleso, které rotuje téměř v kruhové dráze kolem Země. Nerotuje okolo vlastní osy, proto vidíme stále jen jednu přivrácenou stranu. Měsíc mohl vzniknout samostatně nezávisle na Zemi, nebo oddělením ze zemského povrchu vlivem zemské rotace či srážky s vesmírným tělesem. Měsíc obíhá okolo Země ve vzdálenosti 385 000 kilometrů v periodě 29 dní. Měsíc je šestkrát menší než Země a neprobíhá na něm již žádná vulkanická činnost, Měsíc je mrtvé těleso s hustotou 3,34 g/cm³. Skládá se z materiálů podobných čediči – bazaltoidů a jeho povrch

pokrývá regolit – drť a štěrky. Reliéf má tvar moří – rozlehlých čedičových příkrovů, a kráterů – místa dopadů vesmírných těles. Na odvrácené straně a jižní polokouli je největší množství impaktních kráterů.

Mars je čtvrtou planetou sluneční soustavy a poslední terestrickou planetou. Je viditelný ze zemského povrchu. Má červené zabarvení povrchu díky regolitu vzniklému zvětráváním čedičových hornin a oxidů a hydroxidů železa. Je menší než Země, jeho poloměr je poloviční oproti zemskému a jeho hustota je $3,93 \text{ g/cm}^3$. Střední vzdálenost od Slunce je 1,5 AU a oběžná doba 686 dní. Planeta má dva přirozené satelity Deimos a Phobos. Povrch planety je členitý s množstvím lávových proudů a příkrovů. Nejvyšší horou je štítová sopka Mt. Olympus vysoká 27 kilometrů. Mars má velmi slabé magnetické pole a velmi řídkou atmosféru (Rees, 2006).

Jupiter je pátou planetou sluneční soustavy, označovanou jako první plynný obr (Habětín, 1973). Jeho hmotnost je rovná jedné tisícině slunce a je největší a nejhmotnější planetou soustavy. Okolo planety se nacházejí malé prstence tvořené převážně prachem a přes šest desítek přirozených satelitů. Největšími a nejvýznamnějšími měsíci Jupiteru jsou Io, Europa, Ganymed a Callisto, které pozoroval již Galileo Galilei (Rees, 2006). Tyto měsíce se projevují silnou vulkanickou činností a patří k největším měsícům v naší soustavě. Jupiter je složený zejména z vodíku a helia a jeho hustota je $1,36 \text{ g/cm}^3$. Oběžná doba činí 4 332 dní, tedy téměř dvanáct let. Vzdálenost Jupiteru od Slunce pak činí přibližně 5,18 AU. Na povrchu Jupiteru probíhají soustavné bouře, z nichž nejznámější je Rudá skvrna. Jupiter má také velmi silnou magnetosféru, která vysílá do okolí krátké rádiové záblesky z oblastí pólů.

Saturn je šestá a druhá největší planeta sluneční soustavy. V rovníkové oblasti se nachází mohutný prstenec tvořený ledovými úlomky, prachem a balvanami. Má velmi hustou atmosféru, která přechází do zemského pláště. Složení atmosféry je zejména vodík a helium. Hustota planety je $0,69 \text{ g/cm}^3$. Teplota v atmosféře je -140°C . Oběžná doba okolo Slunce je přibližně 29 a půl roku a střední vzdálenost od Slunce je 9,5 AU (Habětín, 1973). Magnetické pole Saturnu je srovnatelné s magnetickým polem Země, je ale nejmenší mezi magnetickými poli všech plynných obrů. Má přes šedesát satelitů, kdy mezi největší patří Titan – je jeden a půlkrát větší než náš Měsíc, Rhea, Iapetus, Tethys, Dione, Prometheus a Pandora (Rees, 2006).

Uran je sedmou planetou sluneční soustavy. Patří do skupiny plynných obrů a společně s Neptunem tvoří podskupinu ledových obrů. Je tvořen plynnými formami vodíku a helia, ale také vodou, methanem a čpavkem. Hustota Uranu je $1,27 \text{ g/cm}^3$.

Zajímavostí je, že zploštění planety se nachází v oblastech, kde by většina planet měla rovník. Uran má také vlastní prstence a magnetosféru. Oběžná doba Uranu je přes 84 let a střední vzdálenost od Slunce činí 19,1 AU (Habětín, 1973) Uran je nejchladnější planetou s teplotou atmosféry -220°C , ve které probíhá výrazný přesun vzdušných mas. Díky methanu má Uran modrou barvu. Mezi největší satelity Uranu, kterých byly objeveny již téměř tři desítky, patří měsíce Titania, Oberon, Ariel, Umbriel a Miranda (Rees, 2006).

Neptun je zatím poslední, osmá, a nejvzdálenější objevená planeta sluneční soustavy. Je nejvzdálenějším plynným, ledovým obrem. Vzdálenost Neptunu od slunce je 30 AU a jeho oběžná doba je téměř 165 let. Skládá se z vodíku, helia a methanu a jeho hustota je okolo $1,64\text{g/cm}^3$ (Habětín, 1973), vyšší hustotu planety způsobuje zejména vyšší obsah helia než u ostatních plynných obrů. I Neptun má magnetosféru, atmosféru a vlastní prstence (Rees, 2006). Atmosféra je bohatě rozvrstvena a pohybují se v ní oblaka vysokými rychlostmi. Neptun má známých čtrnáct přirozených satelitů, kdy největším je Triton.

Trpasličí planety je speciální skupina planet, které nesplňují podmínky pro zařazení do skupiny planet naší soustavy. Nejčastěji nemají kulovitý tvar, nebo nejsou dominantním tělesem ve své oblasti, ale obíhají okolo Slunce a nejsou satelitem jiné planety. Mezi trpasličí planety řadíme tělesa: Ceres, Pluto, Haumea, Makemake a Eris. Největší trpasličí planetou je Pluto a nejmotnější Eris.

Ve sluneční soustavě se ještě dále vyskytují planetky, komety a meteoroidy. Planetky jsou tělesa menších rozměrů, mající různý tvar, obíhající v eliptických drahách. Můžeme definovat dvě hlavní oblasti výskytu planetek. První oblastí je hlavní pás asteroidů, což je soustava planetek obíhajících v prostoru mezi drahami Marsu a Jupiteru. Druhou oblastí je takzvaný Kuiperův pás (Rees, 2006), což je oblast vyskytující se za dráhou Neptunu ve vzdálenosti 30 až 50 AU. Tato oblast obsahuje největší množství vesmírných těles ve sluneční soustavě.

Komety jsou drobná tělesa sluneční soustavy podobná planetkám, složená především z ledu – zmrzlého oxidu uhličitého a methanu, a prachu, obíhající po výrazně excentrické eliptické dráze. Pokud se kometa na své dráze dostatečně přiblíží ke Slunci, dojde ke vznícení výparů a je zřetelná stopa hořících výparů na předešlé trajektorii. Díky gravitační síle Jupiteru a dalších plynných obrů se některé komety pohybují po krátkých oběžných drahách a ke Slunci se pravidelně vracejí. Při každém průletu okolo hvězdy se pak část komety ztratí - spálí část svého objemu. Mezi nejznámější komety patří Halleyova kometa, Halle-Boppova kometa a Kohoutkova kometa (Rees, 2006).

Meteoroidy jsou malá vesmírná tělesa, úlomky, o velikosti několika milimetrů, centimetrů, výjimečně až metrů, které se chaoticky pohybují vesmírným prostorem.

Vznikají rozpadem nebo srážkou vesmírných těles. Nejčastěji jsou kamenné s železitými příměsmi. Naše planeta přichází do kontaktu s meteoroidy velmi často, každý den s milióny. Kontakt s meteoroidy většími než jeden metr je velmi vzácný a dochází k němu přibližně jednou za den. Pokud vstoupí meteoroid do atmosféry, rozlišujeme meteoroidy na meteority, meteory a bolidy. Meteorit je meteoroid, který dopadne na povrch planety. Meteor je meteoroid, který před dopadem shoří v atmosféře. Je to tedy světelný jev, který nastane při průletu meteoroidu atmosférou. Velmi jasný meteor se nazývá bolid a zanechává za sebou při průletu ještě světelnou stopu. Pokud těleso atmosférou pouze proletí, po vstupu do atmosféry z ní znovu vystoupí, nazýváme dané těleso tečný bolid (Rees, 2006).

1.2 Vnitřní stavba zemského tělesa

Země je dynamická planeta, která se skládá z jednotlivých sfér. Její tvar je nedokonalá koule s rovníkovým poloměrem 6 378 kilometrů a pólovým poloměrem 6 356 kilometrů. Zemská stratifikace, tedy rozdělení na jednotlivé zemské části, je výsledkem dlouhého procesu, který trvá od jejího vzniku přibližně 4,5 miliardy let. Postupem času došlo k diferenciaci hmot na jednotlivé části na základě jejich rozdílných vlastností (Janoška, 1999).

Aktuální stavba Země vychází z nepřímých pozorování, výzkumů a měření. Data o vnitřní stavbě Země lze získat z hlubinných dolů nebo studiím hloubkových vrtů. Hlubinné doly se nacházejí například v Jižní Americe nebo Africe, kde sahají do hloubky přes 3,5 kilometrů hluboko. Na našem území byl hlubinný důl u Příbrami, sahající do hloubky 1681 metrů (Habětín, 1973). Hloubkové vrty se provádějí s cílem geologického průzkumu nebo výzkumu litosféry. Mezi nejznámější hloubkové vrty patří vrt na poloostrově Kola, který dosahuje hloubky přes dvanáct kilometrů, nebo Americké vrty sahající do hloubky okolo deseti kilometrů.

Další metodou výzkumu je pak výzkum pomocí geofyzikálních metod, které zkoumají průběh zemětřesných vln. Rozlišujeme dva druhy vln – příčné a podélné. Pro zemětřesné vlny platí pravidlo přímé úměrnosti, čím větší hustotu má prostředí, tím se vlny šíří rychleji. Rychlost šíření vln v zemském tělese se v některých úsecích náhle skokově mění (Habětín, 1973). Z tohoto důvodu vědci došli k závěru, že existují plochy oddělující od sebe hmoty o různé hustotě. Tyto plochy nespojitosti, diskontinuity, se nacházejí mezi jednotlivými zemskými sférami. Na základě těchto měření byl tedy sestaven model koncentrických obalů, geosfér.

Zemské jádro je geosféra nacházející se ve středu Země (Obrázek 1). Zaujímá více než polovinu poloměru Země, 3480 kilometrů z 6378 kilometrů. Tvoří zemské nitro

a zaujímá asi třicet procent celkové hmotnosti planety (Janoška, 1999). Největší podíl na jeho složení mají atomy železa a niklu. Jeho hustota se pohybuje okolo 15 g/cm^3 . Vnější hranici jádra tvoří Gutenbergova diskontinuita.

Jádro je vnitřně rozděleno na dvě části – vnitřní a vnější jádro (Obrázek 1). Vnitřní jádro o poloměru 1220 kilometrů je tvořeno zejména pevnou vykrytalizovanou taveninou, složenou z železa a niklu. Má tvar elipsoidu a rotuje mírně odlišně než zbytek planety, což má pravděpodobně za příčinu vznik magnetického pole planety. Vnitřní jádro je vysoce stlačeno a jeho teplota se pohybuje okolo $5\,000^\circ\text{C}$. Hranici vnějšího a vnitřního jádra tvoří diskontinuita Lehmannové.

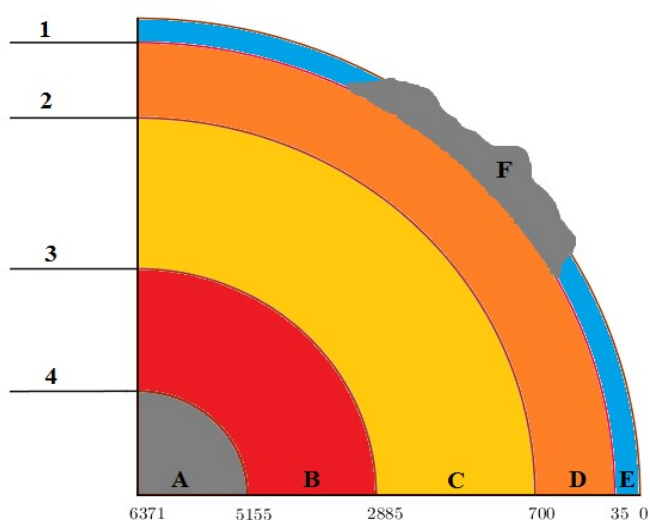
Vnější jádro je polotekutá tavenina složená zejména z atomu železa, niklu, ale i síry, křemíku a kobaltu (Janoška, 1999). Toto polotekuté vlákno zabraňuje pronikání příčných zemětřesných vln do vnitřního jádra. Hlavním lehkým prvkem ve vnějším jádře je síra, která pravděpodobně tvoří sloučeninu FeS. Vnější jádro má poloměr přibližně 3 470 kilometrů.

Gutenbergova diskontinuita je plocha nespojitosti, nacházející se v hloubce přibližně 2900 kilometrů v místě přechodu vnějšího jádra ve spodní plášť (Habětín, 1973). Tvoří přechod mezi silikátovou taveninou pláště

a polotekutými kovy jádra. Tato diskontinuita nabývá mocnosti přibližně dvě stě až tři sta kilometrů a dochází zde k výraznému zpomalení seizmických vln z $13,7 \text{ km/s}$ na $8,4 \text{ km/s}$. Hmotu se v daném místě chová jako vysoce stlačená kapalina.

Zemský plášť je prostřední zemskou sférou. Horní hranicí je Mohorovičičova diskontinuita v hloubce deset až dvacet kilometrů pod oceánskou kůrou a dvacet až sto kilometrů pod pevninskou kůrou. Spodní hranicí je pak Gutenbergova diskontinuita v hloubce 2900 kilometrů (Janoška, 1999). Zemský plášť zaujímá asi 85 procent objemu planety a tvoří téměř sedmdesát procent hmotnosti planety. I zemský plášť rozdělujeme na svrchní a spodní (Obrázek 1).

Spodní zemský plášť má vnější poloměr 5 700 kilometrů a tvoří tedy dutou kouli o vzdálenosti kulových ploch 2 250 kilometrů. Spodní plášť tvoří silikáty obohacené



Obrázek 1 – Stavba zemského tělesa – řez zemskými sférami

A – vnitřní jádro, B – vnější jádro, C – vnitřní plášť, D – vnější plášť, E – oceánská zemská kůra, F – kontinentální zemská kůra; 1 – Mohorovičičova diskontinuita, 2 – astenosféra nacházející se ve svrchním plášti, 3 – Gutenbergova diskontinuita, 4 – diskontinuita Lehmannové

o kobalt a hliník (Habětín, 1973). Tyto silikáty jsou silně stlačeny a deformovány, netvoří krystalové mřížky. Hustota spodního pláště je okolo 5 g/cm^3 . Hranici mezi spodním a svrchním pláštěm v hloubce 680 kilometrů tvoří Repettiho diskontinuita, na této diskontinuitě dochází ke značnému zvýšení rychlosti pohybu seizmických vln.

Svrchní plášť o mocnosti přibližně 600 kilometrů se rozkládá mezi Mohorovičičovou diskontinuitou a Repettiho diskontinuitou. Hustota svrchního pláště je přibližně $3,3 \text{ g/cm}^3$. Svrchní plášť je tvořen minerály olivínem, pyroxenem, spinelem a granátem nebo horninami andezitem, eklogitem a dacitem. Ve svrchní části svrchního pláště se nachází specifická zóna zvaná astenosféra.

Astenosféra je vrstva nacházející se přibližně v hloubkách 60 až 200 kilometrů. Hloubka astenosféry se liší pod kontinenty a pod oceány vlivem mocnosti zemské kůry. Astenosféra je plastická vrstva tvořená natavenými horninami, umožňuje pohyb litosférických desek a je místem vzniku magmatu (Janoška, 1999). V polotekutém stavu je udržována vysokým tlakem a teplotou okolo $1\,400^\circ\text{C}$. Její hustota je okolo $3,6 \text{ g/cm}^3$ a má schopnost snižovat rychlost seizmických vln. Astenosféra je spodní hranicí litosféry.

Mohorovičičova diskontinuita je vrstva nespojitosti oddělující zemský plášť a zemskou kůru. Nachází se v hloubce deset až dvacet kilometrů pod oceánskou kůrou a dvacet až sto kilometrů pod pevninskou kůrou. Není tedy kulovou vrstvou, ale kolísá. Na této vrstvě nespojitosti dochází ke zrychlení pohybu seizmických vln z $7,4 \text{ km/s}$ na 8 km/s . Materiály pod diskontinuitou pak mají výrazně větší hustotu než nad ní.

Zemská kůra je nejsvrchnější částí zemského tělesa tvořená pevnými horninami. Může nabývat mocností od dvou do sta kilometrů, ale překrývá na všech místech zemský plášť. Na základě jejího složení rozlišujeme dva typy zemské kůry – kontinentální a oceánskou zemskou kůru (Obrázek 1).

Kontinentální zemská kůra pokrývá asi třicet procent zemského povrchu a je složena ze tří vrstev. Nejsvrchnější vrstvou je vrstva sedimentární, kterou tvoří usazené horniny. Průměrná hustota tohoto patra je $2,0 \text{ g/cm}^3$. Pod sedimentárním patrem se nachází patro žulové. Žulové patro netvoří jen žula, ale magmatické horniny a jejich metamorfni ekvivalenty. Toto patro má hustotu $2,7 \text{ g/cm}^3$ (Habětín, 1973) a seizmické vlny se v něm šíří rychlostí $6,2 \text{ km/s}$. Hranici mezi žulovým a následujícím bazaltovým patrem tvoří Conradova diskontinuita. Tato plocha nespojitosti by se měla nacházet pouze v kontinentální kůře v hloubce deset až patnáct kilometrů. V této vrstvě by mělo docházet ke zrychlení šíření vln z $6,2 \text{ km/s}$ na $7,4 \text{ km/s}$. Conradovu vrstvu měl prokázat vrt na poloostrovu Kola. Tento vrt ji však neprokázal a proto je její existence sporná (Janoška, 1999). Nejspodnějším patrem kontinentální kůry je pak bazaltové patro. Bazaltové patro tvoří zejména čedič a gabro. Jeho hustota je $2,9 \text{ g/cm}^3$. Dolní hranicí bazaltového patra je pak Mohorovičičova diskontinuita.

Oceánskou zemskou kůru tvoří jen dvě patra. Velmi tenké sedimentární patro a patro bazaltové. Mocnost oceánské kůry je výrazně nižší a v nejtenčích místech pod hlubokooceánskými příkopy může nabývat jen dvou kilometrů. Tato kůra má však větší hustotu než pevninská (Janoška, 1999), to je pravděpodobně příčinou, proč vystupuje kontinentální kůra nad oceánskou.

Pojem litosféra pak zahrnuje oblast zemské kůry, Mohorovičičovu diskontinuitu a svrchní část zemského pláště – astenosféru. Tento pojem je využíván při interpretaci globální deskové tektoniky a vzniku zemského reliéfu (Janoška, 1999).

1.3 Globální desková tektonika

Globální desková tektonika je teoretická koncepce, vycházející ze syntézy poznatků oborů geologie, geografie, oceánografie a paleontologie. Tato teorie vychází z množství předcházejících teorií a nahradila vyvrácenou teorii kontinentálního driftu a teorii konvekčních proudů (Janoška, 1999).

Teorie kontinentálního driftu Alfréda Wegenera předpokládala, že lehčí pevniny plovou jako kry na těžším podkladu a mohou se po něm volně pohybovat. Za příčinu pohybu ker Wegener považoval zemskou rotaci, slapové síly Slunce a Měsíce, a precesi zemské osy. Tato teorie byla zamítnuta zejména z fyzikálního hlediska, protože odpor prostředí je příliš velký, aby zemská rotace a další síly mohly uvést kontinentální kry do pohybu (Habětín, 1973).

Ač byla Wegenerova teorie zamítnuta, Wegener používal mnohé součásti aktuálně uznávané teorie deskové tektoniky. Rozlišoval kontinentální a oceánský typ zemské kůry, rifty a sestavil paleoklimatické rekonstrukce, které platí i dnes. Wegener správně popsal i vznik některých pohoří, jako například Himálají (Habětín, 1973).

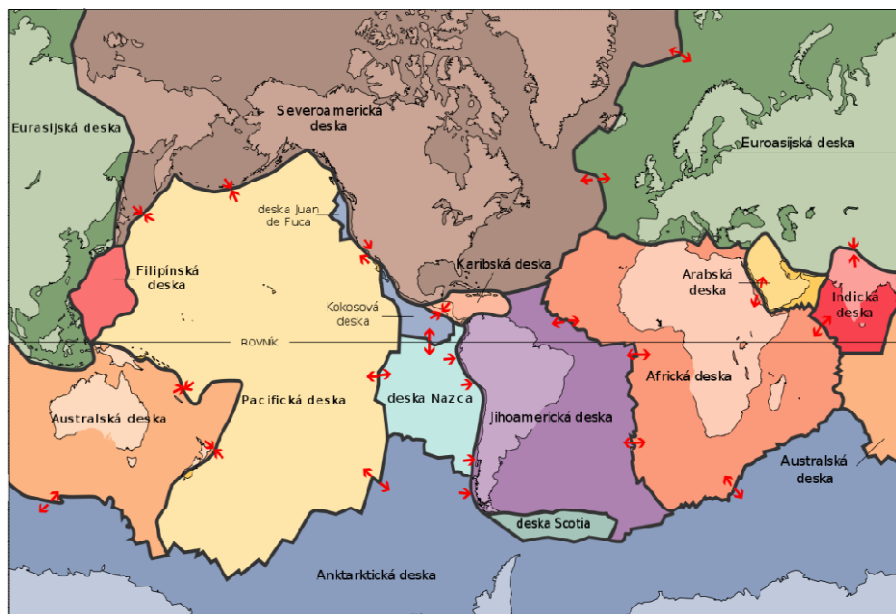
Druhou teorií popisující pohyb kontinentů byla teorie konvekčních proudů (Janoška, 1999; Montgomery, 1997). Ke konvekčním pohybům dochází na tekutém podkladu tehdy, když svrchní část kontinentů je ochlazována a spodní část zahřívána. Žhavá hmota se pak dává do pohybu směrem vzhůru, naopak chladná klesá dolů. Tyto pohyby vyvolávají vznik konvekčních proudů, konvekčních buněk. Stoupající žhavá hmota by pak měla jednotlivé kontinentální desky oddalovat. Naopak klesající chladná hmota by měla způsobovat klesání desek. Vzestupné plášťové proudy se však nemusejí vyskytovat pouze na okrajích desek, ale mohou se projevat i v areálech takzvaných horkých skvrn, což jsou oblasti s výrazně zeslabenou mocností zemské kůry a zvýšenou vulkanickou aktivitou (Janoška, 1999). Příkladem horké skvrny mohou být Havajské ostrovy.

Propojením právě těchto dvou teorií, teorie konvekčních proudů a teorie kontinentálního driftu, vzniká teorie deskové tektoniky. Teorii deskové tektoniky pak ještě

podpořilo objevení astenosféry, což je zóna natavené hmoty ve svrchním plášti, po které se pohybují desky zemské kůry.

Při studiu této teorie se často používá pojem litosféra. Pojem litosféra zahrnuje zemskou kůru a svrchní zemský plášť až po astenosféru. Litosféra pak není jednoduše, ale tvoří ji jednotlivé zemské desky – litosférické desky, které jsou odděleny rifty. Rifts nebo riftové zóny jsou hluboké zlomy sahající až do astenosféry, kterými stále stoupá k zemskému povrchu magma (Cháb, 1983).

Zemskou kůru tvoří sedm velkých a sedm malých hlavních litosférických desek (Obrázek 2 a 3). Mezi velké desky řadíme: Pacifickou desku, která je jedinou deskou oceánskou,



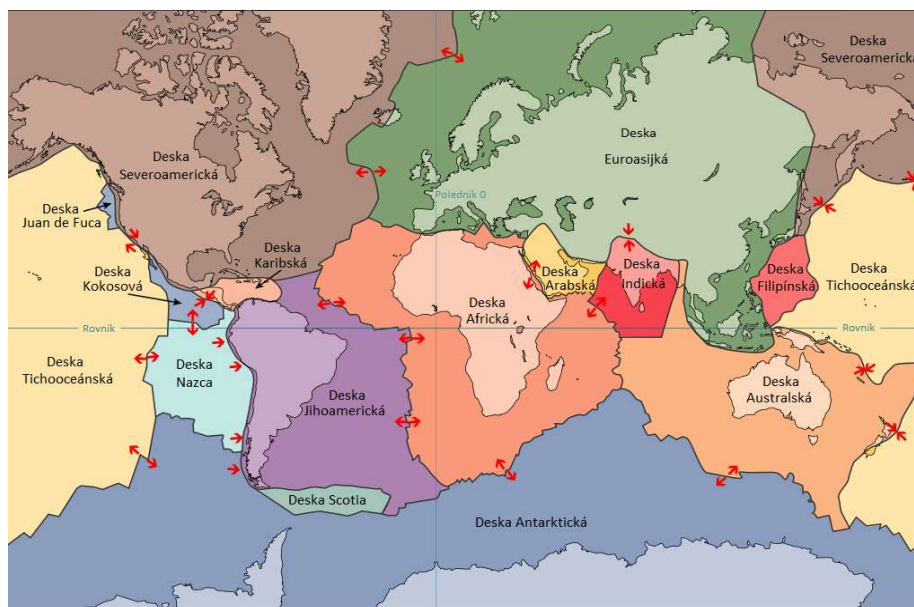
Obrázek 2 - Litosférické desky s Americkým kontinentem ve středu obrázku

Citováno: https://cs.wikipedia.org/wiki/Tektonick%C3%A1_deska#/media/File:Plates_tect_cs.svg

Severoamerickou desku, Jihoamerickou desku, Euroasijskou desku, Africkou desku, Indo-australskou desku a Antarktickou desku. Mezi malé desky řadíme oceánské desky:

Nazca, Kokosovou desku, desku Juan de Fuca, Filipínskou desku, desku Scotia a Karibskou desku. Arabská deska je jedinou malou deskou kontinentální.

Existuje spousta dalších malých desek, jako jsou například desky egejská, anatolská, sundská, amurská, ochotská a další.



Obrázek 3 – Litosférické desky s Africkým kontinentem ve středu obrázku

Citováno: [http://eridanus.cz/id32402/ve\(2da/pr\(2i\(1rodni\(1_ve\(2dy/geologie/_vyvoj_kontinentu/Tektonicke_desky.htm](http://eridanus.cz/id32402/ve(2da/pr(2i(1rodni(1_ve(2dy/geologie/_vyvoj_kontinentu/Tektonicke_desky.htm)

Desková tektonika je hypotéza, resp. teorie, která vysvětluje většinu tektonické a seizmické aktivity ve svrchním zemském obalu vzájemným působením několika velkých a několika desítek menších rigidních desek, na které je obal rozdělen. Jejich hranice leží uvnitř seizmických pásů, které jsou většinou velmi úzké. Deskový model vychází z pozorování, že většina mechanické energie se v současnosti ve svrchních částech Země spotřebovává právě v těchto pásech; desky se deformují především na svých okrajích. Základním předpokladem deskové tektoniky proto je, že seizmické pásy jsou místy, kde probíhají diferenciální pohyby mezi deskami, kde je svrchní zemský obal nespojitý (Cháb, 1983, s. 15-17).

Z této definice vyplývá několik důležitých závěrů. Rozdělení zemské kůry na litosférické desky nesouvisí s rozdělením povrchu na kontinenty a oceány. Všechny desky jsou v relativním pohybu vůči deskám ostatním. Existují tři základní typy rozhraní mezi dvěma deskami – divergentní, konvergentní a transformní (Janoška, 1999; Cháb, 1983).

Divergentní rozhraní je místo, kde desky narůstají a zvětšují svůj objem. Vývoj divergentního rozhraní pak zahrnuje dvě etapy – kontinentální rifting a spreading (Montgomery, 1997). Při aktivním kontinentálním riftingu dochází ke vzednutí zemské kůry vlivem tepelného toku ze zemského pláště, jejímu rozpraskání, poklesu korových bloků a vzniku riftu. Při pasivním kontinentálním riftingu dochází k postupnému oddalování dvou bloků kůry a jejímu postupnému ztenčování, až dojde ke vzniku riftu a oddělení dvou ker (Janoška, 1999; Cháb, 1983). V místě nově vzniklého riftu dochází vlivem konvekčních proudů k vystoupaní magmatu a vytvoření středooceánského riftu a následně středooceánského hřbetu. Vlivem extenzivního režimu jsou pak obě desky oddalovány a v nově vzniklém prostoru se tvoří oceánská kůra. Tento proces se nazývá spreading. Rychlost oddalování desek je až několik desítek milimetrů za rok. Příkladem středooceánských riftů jsou Středoatlantský hřbet, tvořený mezi Jihoamerickou deskou a Africkou deskou, a Severoamerickou deskou a Euroasijskou deskou, nebo Východoafrický rift, který vzniká z rozpadající se Africké desky.

Opakem divergentního rozhraní je rozhraní konvergentní. Na konvergentním rozhraní, někdy nazývaným taky destruktivním rozhraním, dochází ke kolizi desek. Tato kolize je logickým následkem vzniku oceánské kůry. K zániku oceánské kůry, která je stáří nejvýše 160 milionů let, dochází v subdukčních zónách, což je jeden z typů konvergentního deskového rozhraní (Janoška, 1999).

V subdukčních zónách dochází ke kolizi litosférické desky s oceánskou kůrou s jinou deskou s kůrou pevninskou či oceánskou (Montgomery, 1997). Na konvergentních okrajích se objem desek zmenšuje a oceánské části desek jsou pohlcovány a taveny.

Pokud dochází ke kolizi desky oceánské s deskou pevninskou, těžší oceánská deska se podsouvá, subdukce = podsouvání, pod pevninkou desku a vznikají hlubokomořské příkopy. Příkladem subdukce oceánské desky pod pevninskou je kolize oceánské desky Nasca s Jihoamerickou deskou (Cháb, 1983). Při této subdukci vzniká Peruánsko-chilský příkop a dochází k výzdvihu pohoří And, které lemuje okraj kontinentální desky. Podsouvající se oceánská deska je v zemském plášti tavena a vzniklé magma stoupá vzhůru a tuhne. Pokud magma utuhne pod povrchem, vytvoří se žulová tělesa s obalem metamorfovaných hornin, při výlevu na povrch pak vzniká hornina andezit. Vlivem vznikajícího magmatu stoupajícího vzhůru jsou vysoká pásemná pohoří andského typu tvořena množstvím sopečných těles.

Při subdukci oceánské desky pod jinou desku s oceánskou kůrou dochází ke vzniku ostrovních oblouků. Ostrovní oblouky se tvoří vlivem vystupujícího magmatu ze zemského pláště podobně jako pásemná pohoří. Tvar oblouku získávají z důvodu zemského zakřivení. Příkladem subdukce oceánské desky pod oceánskou desku může být souostroví Aleuty, vzniklé kolizí oceánské kůry Severoamerické desky a Pacifické desky, nebo subdukce Filipínské a Pacifické desky, která dává za vznik oblouku souostroví Filipíny. I při subdukci dvou oceánských desek dochází ke vzniku hlubokomořských příkopů, jako jsou Aleutský příkop respektive Filipínský (Mísař, 1987; Cháb, 1983).

Pokud dojde ke kolizi dvou pevninských litosférických desek, nedochází k subdukci ale ke kontinentální kolizi. Tyto dvě pevninské desky mají stejnou hmotnost a nepodsouvají se. V kolizní zóně to vede k výraznému zvýšení tlaku, nárůstu mocnosti kontinentální kůry a její silné deformaci. Vyrovnávání tlaků pak vede k výzdvihu segmentů kontinentální kůry. Z tohoto důvodu se v kolizních zónách kontinentálních desek vyskytují vysoká pásemná pohoří kolizního typu. Příkladem takových pohoří jsou Himálaje a Tibetská náhorní plošina v místě kolize Indické desky s Euroasijskou nebo Ural v místě kolize Sibiřské desky s deskou Baltika. Při kolizi kontinentálních desek nedochází k vulkanické činnosti, ale k orogenezi pásemných pohoří (Mísař, 1987; Cháb, 1983).

Orogeneze je poměrně rychlý - miliony až desítky milionů let trvající geologický proces, při kterém dochází k tvorbě pohoří. Příčinou vzniku pohoří je desková tektonika a proces orogeneze zahrnuje kolizi desek, zesílení zemské kůry a výzdvih pohoří. Orogeneze je zaměňována s pojmem vrásnění, což je jen jedno ze stádií vzniku pohoří (Chlupáč, 2002). Rozlišujeme čtyři hlavní orogenetická období, během kterých docházelo na planetě ke vzniku pohoří.

Kadomská orogeneze, nebo též kadomské (assyntské) vrásnění je horotvorná epocha na rozhraní proterozoika a paleozoika – kambria. Probíhala přibližně před 750 až 530 miliony let (Chlupáč, 2002). K vrásnění došlo na okraji prakontinentu Pangea a došlo mimo jiné k vyvrásnění pohoří Šumava a Český masiv (Mísař, 1987).

Kaledonská orogeneze nebo kaledonské vrásnění probíhalo v prvohorách – paleozoiku od ordoviku po devon. Přibližně před 470 až 400 miliony let (Chlupáč, 2002). Tato orogeneze byla způsobena srážkou prakontinentů Laurentie, Baltiky a Avalonie. Došlo k vytvoření pohoří ve Skandinávii, Skotsku, Grónsku a Kanadě (Mísař, 1987).

Hercynská orogeneze někdy také nazývaná hercynské vrásnění či variské nebo armorické vrásnění je horotvorný proces, který probíhal v devonu, karbonu a permu. Probíhal tedy přibližně před 380 až 280 miliony let (Chlupáč, 2002). Tato orogeneze byla způsobena srážkou superkontinentů Eurameriky a Gondwany. Příkladem vzniklých pohoří jsou například Apalačské hory, Kastilské pohoří, Sierra Morena, Ardeny, Harz, Schwarzwald nebo pohoří Českého masivu jako například Krušné hory či Krkonoše (Mísař, 1987).

Alpínská orogeneze nebo také alpsko-himálajské vrásnění je horotvorný proces, který započal před přibližně sto miliony let v druhohorách ve křídě, ale pokračuje až dodnes (Chlupáč, 2002). Tato orogeneze je způsobena kolizí euroasijské desky s deskou Africkou, Arabskou a Indickou. Tato orogeneze dala za vznik nejvyšším pohořím na planetě. Například vápencové sedimenty Tibetského moře byly kolizí Indického a Asijského subkontinentu vyzdviženy téměř devět tisíc metrů vysoko, aby vytvořily vrchol hory Mt. Everest. Dalšími pohořími vzniklými při tomto vrásnění jsou Apeniny, Pyreneje, Zagros, Pamír nebo Karákoram (Mísař, 1987).

Posledním, třetím druhem rozhraní je transformní rozhraní. Transformní rozhraní je rozhraní podél transformních zlomů (Janoška, 1999). V daném místě probíhá souběžný translační pohyb litosférických desek, které nemění svůj objem. Tento druh pohybu má za následek odlišně rychlé rozpínání oceánské kůry. Zjednodušeně lze říci, že v daném místě o sebe desky pouze třou. Příkladem transformního rozhraní je hranice Severoamerické desky a desky Juan de Fuca podél zlomu San Andreas. Dané rozhraní je místem vzniku mnoha zemětřesení (Cháb, 1983).

Za důkazy pravdivosti teorie globální deskové tektoniky pak můžeme považovat: existenci prakontinentů – obrysy dnešních kontinentů do sebe zapadají, paleontologické nálezy shodných kosterních zbytků v Africe, v Indii i v Antarktidě, datace absolutního stáří hornin, kdy nejmladší horniny jsou u oceánských hřbetů a nejstarší v hlubokooceánských příkopech u pevniny, nebo paleomagnetické objevy, kdy stejně staré čediče nemají krystalky magnetitu narovnaný stejným směrem, ale jsou různě vychýleny (Habětín, 1973, Janoška, 1999; Montgomery, 1999).

1.4 Fyzikální vlastnosti Země

Tvar naší planety je způsoben působením fyzikálních sil. Důsledkem gravitační síly a dostředivých sil, které jsou vyvolány zemskou rotací, a gravitační síly Měsíce, je Země zdeformována do tvaru rotačního elipsoidu, geoidu. Největší intenzita rotace je v rovníkové části a nulová na pólech. Na člověka však nikdy žádná dostředivá síla nepůsobí.

Hustota látek v zemské kůře je okolo $2,7 \text{ g/cm}^3$, ale průměrná hustota planety je $5,5 \text{ g/cm}^3$. Je možné tedy říci, že hustota látek blíže do středu Země roste. Horniny s vyšší hustotou jsou tedy blíže jádru než horniny s menší hustotou. Hustota planety nenarůstá přímo úměrně, ale skokově vzhledem k vrstvám nespojitosti (Habětín, 1973).

Tlak je vyvolán zemskou tíží a je spjat s hustotou látek. V jádru Země je tlak přibližně 400 GPa (Janoška, 1999). Zemský tlak, obdobně jako některé další veličiny, nevzrůstá rovnoměrně ale skokově vlivem ploch nespojitosti.

Teplota je ovlivňována vnitřními a vnějšími faktory (Habětín, 1973). Vnější faktorem je sluneční záření ohřívající zejména nejsvrchnější část Země. Spodní hranice projevu sluneční energie je asi dvacet metrů. Denní teplota kolísá do hloubky jednoho metru, roční teplota právě do hloubky dvaceti metrů. Vnitřním faktorem jsou termonukleární reakce v zemském plášti a kolísavé konvenční pohyby hmoty vyvolané jejím tavením. S rostoucí hloubkou od hranice dvaceti metrů narůstá teplota. Teplota vzrůstá o geotermický stupeň, tedy průměrně o 1°C na třicet tři metrů. Geotermický stupeň může být ale ovlivněn řadou faktorů, jako je přítomnost zlomů, aktivních sopek a podobně.

Zemský magnetismus je vlastnost, která se projevuje tak, že se Země chová jako stálý bipolární magnet. Magnetický pól není totožný se zemským pólem, ale je vychýlen o jedenáct stupňů, toto vychýlení se nazývá magnetická deklinace. Magnetismus je zapříčiněn nestejně rychlou rotací částí zemského jádra (Habětín, 1973). Pevné vnitřní jádro rotuje o něco rychleji než plastické vnější jádro, čímž vyvolává vznik vířivých termoelektrických proudů. Okolo těchto proudů vznikají indukční magnetická pole, vytvářející magnetické pole celé planety. Magnetické pole naší planety je konstantní.

Magnetické pole Země způsobuje i jev zvaný polární záře. Polární záře je světelný jev ve svrchních vrstvách atmosféry. Částice slunečního větru reagují s magnetickým polem tak, že většina částic je odražena dál do vesmíru, ale část je zachycena a ve spirálách klesá k magnetickým pólům Země. Při klesání k pólům dochází k interakci s atmosférou, k emisi elektromagnetického záření v oblasti viditelného spektra, vzniku polární záře (Rees, 2006).

Paleomagnetismus je souhrn účinků zemského magnetismu v dávné minulosti Země. Tento jev byl zkoumán na základě záznamu v horninách. Některé horniny, jako například

čedič, obsahují magnetické minerály, nejčastěji magnetit (Janoška, 1999). Při vylití magmatu na povrch došlo ještě před utuhnutím lávy k orientaci těchto magnetických krystalků směrem k magnetickému pólu. Tento záznam pak umožnil později interpretovat, jak jednotlivé pevniny změnila polohu oproti původnímu stavu, kdy docházelo k tuhnutí horniny.

2 Mineralogie

Mineralogie je věda zkoumající minerály – nerosty. Minerály jsou anorganické homogenní přírodniny, jejichž složení lze vyjádřit chemickým vzorcem. Nerosty vznikají přirozenými přírodními procesy a v každé své části mají stejné fyzikální a chemické vlastnosti.

Mineralogii můžeme rozdělit na krystalografii a systematickou mineralogii. Krystalografie zkoumá strukturní, fyzikální a chemické vlastnosti nerostů, systematická mineralogie se zabývá tříděním minerálů.

2.1 Krystalografie

Krystalografie je věda zabývající se studiem krystalických látek. Jako krystalickou látku můžeme označit libovolnou pevnou látku s charakteristickou vnitřní stavbou. Krystalické látky mohou být například krystaly nebo nepravidelná zrna.

Na základě studované problematiky dělíme krystalografii do tří hlavních podskupin. Na krystalografii strukturní a chemickou zkoumající vnitřní složení krystalů a chemické vztahy mezi vnitřními strukturami. Krystalografii fyzikální zkoumající optické vlastnosti, tvrdost, štěpnost a další vlastnosti. A morfologickou krystalografii studující vnější tvar krystalů.

Krystal můžeme definovat pomocí několika různých definic. Například: „*Krystal je homogenní těleso, které má ve stejných směrech stejné fyzikální i chemické vlastnosti.*“ (Habětín, 1973, s. 45). Krystal je také možné definovat: „*Krystal je pevná látka, která je omezena přirozenými rovinnými plochami, které se označují jako krystalové plochy.*“ (Janoška, 1999, s. 17) a „*Krystal je homogenní (stejnorodé) anizotropní diskontinuum se zákonitou a periodicky se opakující vnitřní stavbou.*“ (Janoška, 1999, s. 17). Na základě těchto definic můžeme krystalografii označit jako vědu zabývající se studiem vlastností krystalů.

Krystaly lze rozdělit pomocí několika hledisek. Na základě pozice krystalu v nerostu rozlišujeme krystaly volné, narostlé a vrostlé. Vrostlé krystaly krystalizovaly v rámci jiného nerostu, nebo uvnitř horniny. Příkladem vrostlého nerostu může být olivín uvnitř čediče, nebo diamant uvnitř kimberlitu. Narostlé krystaly vznikly v dutinách či puklinách hornin. Jsou tedy pevně narostlé na podkladu či na sobě. Mezi narostlé nerosty řadíme drúzy – srůsty krystalů na společném podkladu, např. ametyst na čediči; geody – uzavřené krystaly vyplňující kulovité dutiny, např. melafyry nebo křišťál; a shluky – trsy volně srostlých krystalů, např. sádrovec, skoryl nebo antimonit. Volné krystaly se

vyskytují nejčastěji jednotlivě, volně v prostoru a poměrně vzácně. Jedná se o nejkrásnější krystaly s dokonale ohraničenými krystalovými plochami. Tyto krystaly mohou dosahovat rozměrů v řádech milimetrů ale i několika metrů. Mezi volné krystaly obvykle řadíme šesterečné odrůdy křemene nebo klence kalcitu.

Krystaly dle stupně krystalizace můžeme rozdělit na nerosty krystalované, krystalické a nekrystalované. Krystalované nerosty jsou dokonale vyvinuté, protože měly dostatek času a prostoru pro krystalizaci. Mezi takové krystaly nemusí patřit jen krystaly volné, ale i drúzy a geody. Nekrystalované nerosty neboli nerosty amorfní, jsou nerosty s nepravidelným vnějším tvarem. Netvoří krystaly, vznikají v extrémních podmínkách a pokaždé krystalizují jiným způsobem. Příkladem amorfních nerostů jsou sopečná skla, nebo opál. Krystalické nerosty pak nazýváme agregáty. Jsou to nerosty, u kterých došlo k překotné krystalizaci, a jejich krystalové plochy nejsou dokonale vytvořeny. Řadíme sem nerosty tvořící vyvělé horniny.

Agregáty je možné rozdělit na zrnité agregáty (hrubozrné – nad 2 mm; středně zrnité – 0,6 až 2 mm; jemnozrné – pod 0,6 mm; celistvé – mikroskopická zrna), vláknité agregáty – skoryl, lupenité agregáty – slídy nebo grafit, zemité agregáty – kaolín.

Krystaly, veškeré minerály, vznikají při procesu krystalizace. Krystalizace může probíhat různými mechanismy: krystalizací z magmatu, srážením z roztoků, sublimací z plynu, metamorfózou, zvětráváním a činností organismů. Krystalizací z magmatu – žhavého roztoku taveniny, vznikají např. olivíny, živce, křemeny či slídy. Vysrážením z roztoků chladných či žhavých vznikají různé prvky a uhličitany. Síra vzniká sublimací z horkého sopečného plynu na povrchu průduchů. Slídy se mohou metamorfovat na živce a činností organismů vznikají uhličitany a fosforečnany.

Růst krystalů spočívá v přibývání dalších molekul k základu krystalu a jejich seskupování v rovnoběžných vrstvách s povrchem krystalu. Za ideálních podmínek narůstají krystaly rovnoměrně. Pokud krystal nerostl rovnoměrně, dochází k rozrůznění stejnocenných ploch.

Při růstu krystalů může docházet k jejich srůstu. Srůsty mohou být nepravidelné – v drúzách, geodách či různých agregátech, nebo pravidelné podle určitých krystalových ploch. Pravidelný srůst může být rovnoběžný nebo dvojčatný. Při dvojčatném srůstu vznikají srostlice neboli krystalová dvojčata. Krystalová dvojčata se mohou dotýkat v jedné rovině – dotykové srostlice – kontaktní dvojčata, nebo mohou navzájem prorůstat a tvořit prorostlice – penetrační dvojčata. Prorostlice může tvořit například ortoklas, kde krystaly srůstají pravidelně na základě karlovarského zákona, nebo fluorit, kde prorůstají vzájemně dvě krychle. Kontaktní dvojčata pak tvoří například sádrovec, jehož srůst nazýváme vlašťovčí ocásek.

2.1.1 Strukturní a chemická krystalografie

Vnější tvar, podoba krystalu a jeho fyzikální vlastnosti závisí na jeho vnitřní struktuře. Vnitřní struktura je tvořena pravidelně uspořádanými hmotnými částicemi – molekulami, atomy, ionty. Částice jsou uvnitř struktury seřazeny do různě vzdálených rovin pravidelně se opakujících a tvořících krystalovou mřížku. Ideální krystal mající ideální krystalovou strukturu je ideálně periodický. Ideální strukturu by měl tedy jen nekonečně velký krystal, který neexistuje. Reálný krystal je oproti ideálnímu konečný a má větší či menší odchylky od dokonalé periodičnosti (Ziegler, 2003; Kittel, 1985).

Pro určení struktury krystalu užíváme difrakčních metod. Difrakční metody využívají k průzkumu struktury RTG záření. Kdy se na základě Bragova zákona odráží záření s fázovým rozdílem, který je roven násobku vzdáleností mezi atomovými rovinami, $2 \cdot d \cdot \sin\theta = n \cdot \lambda$. Mezi nejběžnější difrakční metody řadíme Laueho metodu, metodu rotujícího krystalu a Debye-Scherrerovu práškovou metodu (Ziegler, 2003).

U Laueho metody je skrze pevně ukotvený, minimálně milimetr velký, monokrystalický vzorek vysílán kolimovaný svazek RTG záření o širokém rozptylu vlnových délek. Difraktované svazky záření jsou pak zachyceny na plochem filmu, kde tvoří tzv. Laueho obrazce (Pauk, 1969). Z těchto obrazců je následně možné vyčíst symetrii krystalu. Pomocí Ewaldovy konstrukce pak můžeme zpětně určit kompletní strukturu krystalové mřížky (Kittel, 1985).

Metoda rotujícího krystalu využívá rotace krystalu, kdy na rotující, minimálně milimetr velký monokrystalický vzorek vysílá monochromatické RTG záření. Film je upevněn na válcové kazetě, v jejíž ose symetrie je umístěn rotující vzorek. Difraktované svazky budou zobrazeny v rovinách po obvodu válce (Kittel, 1985).

Debye-Scherrerova prášková metoda využívá jako vzorek jemný prášek nebo polykrystalický materiál umístěný v tenkostěnné kapiláře. Výhodou této metody je, že nepracuje s monokrystaly. Difraktované paprsky monochromatického záření tvoří na zobrazovacím filmu soustředné kružnice (Kittel, 1985).

Na základě rozmístění částic v krystalové struktuře můžeme rozlišovat čtyři druhy krystalových buněk v prostoru, buňku prostou, prostorově centrovanou, plošně centrovanou a bazálně centrovanou (Habětín, 1973). Pokud bychom modelovali tyto čtyři typy mřížek na krychli, tak prostá se skládá pouze z osmi základních atomů umístěných ve vrcholech krychle. Prostorově centrovaná z devíti, kdy je do středu krychle doplněn právě devátý atom. Plošně centrovaná má přidaný atom do středu každé stěny krychle a bazálně centrovaná má přidané atomy pouze do středů podstav. Tyto čtyři druhy krystalického uspořádání se volně kombinují do sedmi typů elementárních krystalových soustav tak, že tvoří čtrnáct druhů krystalových mřížek (Kittel, 1985).

Krystalové mřížky mají velmi často různé poruchy. Mezi nejběžnější poruchy řadíme bodové poruchy. Poruchy mohou vzniknout vniknutím atomu jiné látky do krystalové mřížky, neobsazenou polohou v krystalové mřížce nebo nadbytečným atomem mimo pravidelné uspořádání. Tyto poruchy se často podílejí na fyzikálních vlastnostech látek, jako je elektronová vodivost, zbarvení a podobně (Janoška, 1999).

Částice ve struktuře drží na své pozici na základě vzájemných vazeb. Rozlišujeme čtyři základní druhy vazeb – iontovou, kovalentní, kovovou a molekulovou vazbu. Nejpevnější vazbou je vazba kovalentní, naopak nejslabší je vazba molekulová.

Iontová vazba je založena na principu elektrovalence, tedy opačně nabitě ionty se přitahují, váží se elektrovalentními silami k sobě. Například vazba halitu, kdy je kationt sodíku obklopen šesti anionty chloru vždy ve stejných vzdálenostech. Vnější obrazem této struktury je krychle a základní jednotkou je iontový pár. Iontová vazba se tvoří například při krystalizaci z roztoků. Vyjma halitu najdeme iontovou vazbu například u křemene.

Kovalentní, atomová vazba je založena na principu sdílení dvou vazebních elektronů dvěma atomy. Kovalentní vazba je silně směřovaná a působí mezi neutrálními atomy. Kohezní energie, síla vazby, závisí na vzdálenosti a uspořádání částic v rámci struktury. Diamant krystalizující v krychlové mřížce, kde jsou atomy vzdáleny 15 nm a reagují se čtyřmi sousedními atomy, má nejpevnější přírodní vazbu. Grafit, jehož částice jsou uspořádány do šestiúhelníků, se váže na tři sousední atomy ve vzdálenosti 35 nm, jeden elektron zůstává volný, a proto je grafit vodičem. Vazba grafitu je relativně pevná, ale nevyrovná se síle vazby diamantu (Kittel, 1985).

Kovová vazba je typická pro kovové minerály a jejich slitiny. Tato vazba je založena na principu vzniku volných pohyblivých elektronů, které se pohybují mezi kationty kovů. Díky tomuto elektronovému moři jsou kovy dobře vodivé (Kittel, 1985).

Molekulová vazba je druh vazby, který je založen na vazbě mezi molekulami. Tento druh vazby se vyskytuje mezi molekulami ledu nebo molekulami osmiuhlíkaté síry. Tato vazba je nejméně silná a při vnějším tlaku dochází k rozpadu této vazby (Kittel, 1985).

Podle obsahu vody rozlišujeme nerosty bezvodé a vodnaté. Bezvodé nerosty neobsahují přirozeně v krystalové mřížce molekuly vody, například křemen a anhydrit. Vodnaté nerosty mají přirozeně ve své struktuře vodu, například opál nebo sádrovec. U vodnatých nerostů rozlišujeme: konstituční vodu – amfibolit, krystalovou vodu – sádrovec, absorbovanou vodu a zeolitovou vodu. Vodu z takových nerostů dostaneme působením vysoké teploty a tlaku (Kittel, 1985).

Z hlediska složení a vlastností látek pak můžeme rozlišovat dvě chemické vlastnosti nerostů – izomorfii a polymorfii.

Izomorfie neboli soutvarost je vlastnost, kdy látky odlišného chemického složení se shodují ve vnitřním uspořádání a ve tvarových a fyzikálních vlastnostech (Pauk, 1969). Příkladem mohou být uhličitany – siderit, kalcit, dolomit a magnezit, nebo plagioklasy a granáty.

Polymorfie neboli mnohotvarost znamená, že nerosty o stejném chemickém složení mají odlišné strukturní mřížky, odlišné tvarové a fyzikální vlastnosti. Mezi polymorfní struktury patří pyrit a markazit nebo kalcit a aragonit. Polymorfie u prvků se označuje jako alotropická modifikace, příkladem této modifikace je uhlík s jeho dvěma formami - diamant a tuha. Modifikace uhlíku jsou způsobeny vznikem za rozličných podmínek. Diamant vykrytalizoval v magmatu za působení vysokých teplot a tlaků. Všesměrný tlak stlačil atomy uhlíku na velmi malé vzdálenosti. Grafit vznikl rozkladem organických látek v hlubinách zemské kůry. Jednosměrný tlak rozvrstvil atomy uhlíku do vrstviček ve větších vzdálenostech (Janoška, 1999; Pauk, 1969).

2.1.2 Morfologická krystalografie

Morfologie krystalu studuje tvary a vnější struktury krystalu. Pracuje s dokonale vykrytalizovanými, volnými, dobře vyvinutými krystaly. Protože takových krystalů není mnoho, nahrazuje reálné krystaly jednotlivých nerostů jejich ideálním modelem.

Pro každý krystal platí, že je omezen plochami, hranami a vrcholy. Každá plocha je ohraničena hranou. Dvě plochy se sbíhají v jednu hranu a hrany se sbíhají ve vrchol. Pro každý krystal musí platit Eulerova rovnice. Tato rovnice určuje vztah mezi počtem vrcholů, hran a ploch; $P + R = H + 2$, kde P je počet ploch, H počet hran a R počet vrcholů – rohů (Janoška, 1999).

U všech krystalů pak studujeme prvky souměrnosti. Mezi tyto prvky řadíme rovinu souměrnosti, osu souměrnosti a střed souměrnosti.

Rovina souměrnosti je myšlená rovina (řez) vedená krystalem, která rozděluje krystal na dvě dokonale zrcadlově shodné poloviny. Krystal je tolikrát souměrný, kolik existuje různých rovin souměrnosti (Janoška, 1999).

Osa souměrnosti je přímka vedená středem krystalu, podle níž lze krystal otočit do polohy shodné s původní polohou. Osy mohou nabývat různé četnosti. Kolikrát během otočení dostaneme krystal do stejnocenné pozice s výchozí pozicí, než se dostaneme do výchozí pozice, takovou má osa četnost. Stejnocenná pozice je shodná pozice pravidelně se na krystalu opakující. Osy rozdělujeme na dvoučetné, trojčetné, čtyřčetné a šestičetné. Dvojčetná osa souměrnosti má úhel otočení 180° . Každý krystal může mít maximálně šest dvojčetných os. Trojčetná osa s úhlem otočení 120° se může v krystalu vyskytovat maximálně čtyřikrát. Čtyřčetná osa, která se v krystalu může vyskytovat

maximálně třikrát, má úhel otočení 90° . Šestičetná osa, které se vyskytuje pouze u šesterečné soustavy, je pouze jediná a má úhel otočení 60° (Janoška, 1999).

Střed souměrnosti je bod uprostřed krystalu shodný s těžištěm krystalu. Od daného bodu jsou stejnocenné body na opačných stranách krystalu stejně vzdáleny. Je to nejjednodušší element souměrnosti, který když není přítomen v krystalu, tak neexistuje žádná symetrie.

Vztah mezi souměrností a polohou ploch je popsán zákonem souměrnosti (Habětín, 1973, s. 49). „*Každý krystal má určitou souměrnost a všechny plochy, které se na krystalu vyskytují nebo mohou vyskytnout, odpovídají polohou a počtem dané souměrnosti.*“

Pro popis struktury krystalu je užíván osní kříž. Jedná se o tři (v případě šesterečné soustavy čtyři) různoběžné souřadnicové osy, které se protínají v jediném bodě. Na trojosých krystalech rozlišujeme osu předozadní – x, osu pravolevou – y, a osu vertikální (svislou) – z. Úseky od středu k průsečíku krystalové plochy a osy označujeme na ose předozadní a, na ose pravolevé b, a na ose svislé c. (Habětín, 1973; Pauk, 1969; Janoška, 1999)

Na každém krystalu rozlišujeme specifické krystalové tvary – jehlanovité, pyramidální plochy; hranolové, prizmatické plochy a dvojploší, pinakoidy. Pyramidální plochy protínají všechny osy osního kříže v konečné vzdálenosti. Tyto plochy jsou nejdůležitější a při popisu krystalu se z nich vychází. Plochy prizmatické protínají pouze dvě osy osního kříže, s třetí osou jsou rovnoběžné. Rozlišujeme tři prizmatické plochy. Vertikální prizma, svislý hranol je rovnoběžný s osou c. Předozadní prizma, brachydoma nebo střechan předozadní neprotíná osu a, je rovnoběžná s předozadní osou. Pravolevé prizma, makrodoma či střechan pravolevý, neprotíná osu b, je protažen do stran. Pinakoidy protínají pouze jedinou osu, se zbylými dvěma jsou rovnoběžné. Rozlišujeme plochy spodové – bazipinakoidy, pravolevé dvojploší a předozadní dvojploší.

Základním tvarem každé krystalové soustavy je dvojjehlan neboli dipyramida, který tvoří osm pyramidálních ploch. Dalšími tvary jsou pak prizmata, pinakoidy a jejich spojky – spojení více tvarů (Janoška, 1999).

Pro popis krystalových tvarů, charakteristiku jednotlivých ploch, užíváme systém specifických značek a indexů. Mezi nejběžnější popis ploch užíváme Weissovy, Millerovy či Bravaisovy indexy (Habětín, 1973).

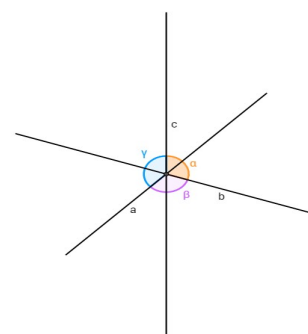
Weissovy indexy značí poměr parametrů jednotlivých os. Zadávat polohu roviny pomocí poloh bodů, z nichž každý leží na jedné krystalové ose. Jejich polohy vyjádříme pomocí mřížkových konstant a jejich násobků. Pro rovinu rovnoběžnou s osou jde index k nekonečnu.

Pro Millerovy a Bravaisovy indexy se užívá totožný princip zápisu. Millerovy indexy užíváme k popisu trojosé soustavy, Bravaisovy indexy užíváme k popisu čtyřosé soustavy.

Tyto indexy vytvoříme převrácením hodnot Weissových indexů a jejich úpravou na nejjednodušší celá čísla. Pokud dané symboly napíšeme bez závorek, platí pro jednotlivou plochu krystalu. Jsou-li dané indexy v kulatých závorkách, platí pro celý krystalový tvar (Habětín, 1973).

2.1.2.1 Krystalové soustavy

Na základě kombinace prvků symetrie rozdělujeme krystaly do krystalových soustav. Každá krystalová soustava má svůj vlastní specifický osní kříž, jehož vlastnosti jsou společné pro všechny krystaly dané soustavy. Rozlišujeme sedm krystalových soustav – trojklonná, jednoklonná, kosočtverečná, čtverečná, šesterečná, klencová a krychlová (Habětín, 1973; Janoška, 1999; Pauk, 1969).



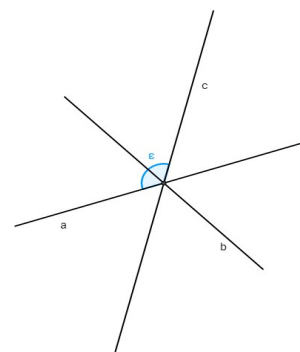
Obrázek 4 – Trojklonný osní kříž

Trojklonná soustava, někdy též nazývaná triklinická, je soustavou souměrnou jen podle středu souměrnosti. Tato soustava nemá žádnou rovinu ani osu souměrnosti.

Trojklonná soustava má trojosý osní (Obrázek 4) kříž a všechny tři úhly mezi osami jsou odlišné a všechny jsou kosé, $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq \alpha$. Rozměry všech tří os jsou odlišné $a \neq b \neq c \neq a$.

Příkladem trojklonných jehlanů jsou plagioklasy a modrá skalice. Nejběžnějšími tvary daných krystalů jsou spojky dvojploší. Plagioklas je tvořen jednou pyramidální plochou a spojkami dvojploší svislého, pravolevého, předozadního a spodového.

Jednoklonná, monoklinická soustava, má trojosý osní kříž (Obrázek 5) a nestejně dlouhé osy $a \neq b \neq c \neq a$. Osa a s osou b svírají pravý úhel, stejně jako svírá pravý úhel osa b s osou c. Osa a se svislou osou c svírá tupý úhel ϵ .



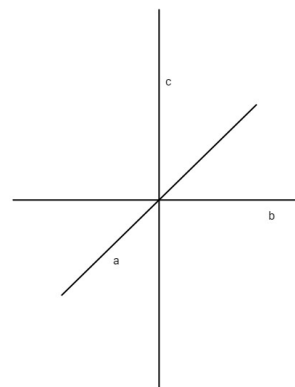
Obrázek 5 – Jednoklonný osní kříž

Vyjma středu souměrnosti přítomného v každém krystalu obsahují krystaly jednoklonné soustavy ještě dvojjednotnou osu souměrnosti totožnou s krystalovou osou b. Rovina souměrnosti je pak většinou proložena osami a a c, ale u některých krystalů může chybět.

Hlavními tvary krystalů jsou dvojploší a hranol. Příkladem jednoklonných minerálů může být ortoklas, augit, amfibol, sádrovec nebo ukloněné slídy. Sádrovec je tvořen

svislým hranolem, předozadním dvojploším a předozadním prizmatem. Augit tvoří předozadní a pravolevé dvojploší, svislý hranol a předozadní střechan, u augitu se nevyskytuje pyramidální plocha.

Kosočtverečná, rombická soustava má trojosý osní kříž (Obrázek 6), kde všechny úhly mezi osami jsou pravé. Krystalové osy nejsou stejně dlouhé $a \neq b \neq c \neq a$. Pravolevá osa je pak vždy delší, než předozadní a svislá osa je nejdelší.

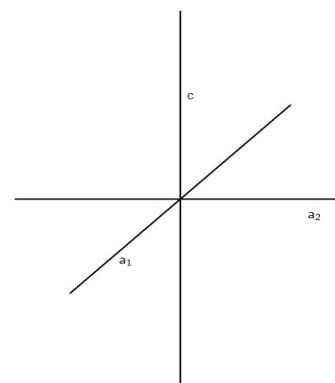


Obrázek 6 – Kosočtverečný osní kříž

Krystal má pouze tři dvojjetné osy souměrnosti, které jsou totožné s osami. Každými dvěma osami pak lze proložit rovinu souměrnosti.

Základními tvary krystalu je dvojjehlan – dipyráma, hranol – rombické prizma a dvojploší - pinakoid. V dané soustavě krystalizuje například síra, aragonit, olivín a markazit. Síra je tvořena dvěma rombickými dipyrámidami – základní a nižší, bazipinakoidem, a předozadním hranolem. Aragonit pak tvoří hranoly předozadní a svislý, a dvojploší předozadní.

Čtverečná soustava, tetragonální má trojosý osní kříž (Obrázek 7), jenž tvoří dvě stejně dlouhé, vzájemně kolmé osy a_1 a a_2 , na které je kolmá nejdelší svislá osa c .

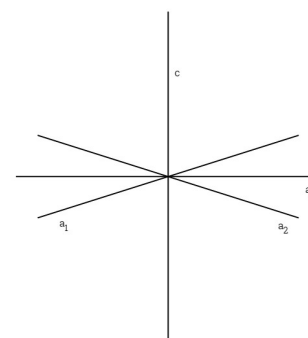


Obrázek 7 – Čtverečný osní kříž

Čtverečné krystaly mají jednu čtyřčetnou osu totožnou se svislou osou osního kříže a čtyři dvojjetné osy – dvě osní, totožné s osami a_1 a a_2 , a dvě meziosní, osy různoběžek a_1 a a_2 . Tyto krystaly mají také pět rovin souměrnosti. Čtyři jsou tvořeny kombinací svislé osy a jedné z dvojjetných os. Pátou pak tvoří rovina vymezená osami a_1 a a_2 .

Hlavní tvary čtverečné soustavy jsou dvojjehlany - dypyrámy, hranoly, dvojploší a osmiboké hranoly a dvojjehlany. Nejběžnějším krystalem čtverečné soustavy je cínovec. Cínovec tvoří kombinace dvou hranolů a dvou dvojjehlanů.

Šesterečná soustava, hexagonální má čtyřosý osní kříž (Obrázek 8), jenž tvoří tři stejně dlouhé, vzájemně kolmé, vodorovné osy a_1 , a_2 a a_3 , na které je kolmá nejdelší svislá osa c . Osy a_1 , a_2 a a_3 svírají navzájem úhel 60° .



Obrázek 8 – Šesterečný osní kříž

Hexagonální krystaly mají jednu šestičetnou osu

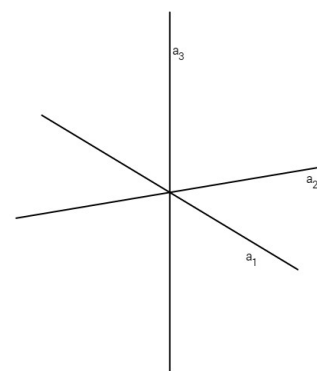
totožnou se svislou osou c osního kříže a šest dvojčetných os – tři osní osy, totožné s osami a_1 , a_2 a a_3 , a tři mezosní, osy různoběžek a_1 , a_2 a a_3 . Tyto krystaly mají také sedm rovin souměrnosti. Šest jich je tvořených kombinací svislé osy c a jedné z dvojčetných os. Sedmou pak tvoří rovina vymezená osami a_1 , a_2 a a_3 .

Základními tvary šesterečné soustavy je šestiboká dypiramida, dvojploší spodové a šestiboký hranol. V této soustavě krystalizuje například křemen, apatit nebo korund. Apatit je tvořen kombinací šestibokého svislého hranolu, šestibokého dvojješanu a bazipinakoidu.

Klencová soustava, nazývaná někdy také trigonální nebo romboedrická, užívá ke svému popisu stejný osní kříž se stejnými vlastnostmi jako šesterečná soustava. Z tohoto důvodu je v některých publikacích řazena klencová soustava do soustavy šesterečné.

Z prvků souměrnosti se v klencové soustavě nachází jedna trojčetná osa totožná se svislou osou c , a tři dvojčetné osy totožné s osami a_1 , a_2 a a_3 . Krystal má pak tři roviny souměrnosti. Roviny souměrnosti jsou svislé a půlí úhly mezi jednotlivými osami.

Trigonální soustava má dva základní tvary klence – romboedr a ditrigonální skalenoedr. V podobě klence může krystalovat například kalcit a v podobě skalenoedru krystalizuje magnezit. Krystaly kalcitu mohou mít někdy i podobu spojky romboedru a ditrigonálního skalenoedru.



Obrázek 9 – Krychlový osní kříž

Krychlová soustava, označována někdy za kubickou soustavu, má největší souměrnost, vysoký počet krystalových tvarů. Osní kříž této soustavy (Obrázek 9) je pravoúhlý, tříosý a všechny tři osy, a_1 , a_2 a a_3 , jsou stejnocenné.

Osy osního kříže jsou totožné s čtyřčetnými osami souměrnosti, jsou tedy tři. Dvojčetné osy vždy procházejí středem souměrnosti a půlí úhly mezi osami čtyřčetnými. Dvojčetných os je šest. V krystalu se vyskytují ještě čtyři osy trojčetné, které představují symetriály protilehlých oktantů, spojnice protilehlých rohů procházející středem symetrie. Krychlová soustava má pak devět rovin souměrnosti.

Krystaly krychlové soustavy pak krystalizují v mnoha různých tvarech a polotvarech. Jako osmistěn - oktaedr krystalizuje fluorit, jako čtyřstěn sfalerit, jako šestistěn – krychle halit, jako dvanáctistěn kosočtverečný – rhombododekaedr granát, dvanáctistěn pětiúhelníkový – pentdodekaedr pyrit, osmačtyřicetistěn – hexaoktaedr diamant. Minerály však mohou krystalizovat i ve spojkách těchto jednoduchých tvarů.

2.1.3 Fyzikální krystalografie

Toto odvětví zkoumá základní fyzikální vlastnosti nerostu. Tyto vlastnosti závisí na složení a vnitřní struktuře nerostu. Mezi základní fyzikální vlastnosti řadíme hustotu, tvrdost, soudržnost, elektrickou vodivost, magnetické a radioaktivní vlastnosti a optické vlastnosti (Janoška, 1999).

Hustota nerostů či měrná hmotnost uvádí kolikrát je cm^3 nerostu těžší než cm^3 vody o teplotě 4°C . Užívanou jednotkou je g/cm^3 , i když základní jednotkou hustoty je kg/m^3 . Největší hustotu mají ryzí kovy naopak nízkou hustotu nekovy. Průměrná hustota celé Země je $5,5 \text{ g}/\text{cm}^3$, zejména díky kovovému jádru (Ďud'a, 2008).

Tvrdost nerostů je stupeň odporu, který klade kompaktní minerál na rovné ploše vnikání jiného nerostu. Je různá v různých krystalových směrech. Záleží na vnitřní struktuře a zastoupení jednotlivých částic v krystalové mřížce. Minerály můžeme na základě jejich tvrdosti a skutečnosti, že tvrdší minerál rýpe do hladkého povrchu minerálu měkčího, seřadit do různých stupnic. Nejznámější a nejužívanější stupnicí tvrdosti je Mohsova stupnice tvrdosti, nebo tabulka absolutní tvrdosti, kterou dle různých testů sestavili například Vickers, Brinell nebo Rockwell. Zásadní rozdíl mezi stupnicí tvrdosti a tabulkou absolutní tvrdosti je ten, že rozdíl v Mohsově stupnici mezi jednotlivými stupni není totožný, rozdíly v tabulce absolutních hodnot jsou stejnocenné. Například mastek má v obou stupnicích tvrdost jedna, ale křemen má v Mohsově stupnici tvrdost sedm ale absolutní tvrdost 100, a korund má v Mohsově stupnici tvrdost devět ale absolutní tvrdost 400 (Ďud'a, 2008; Habětín, 1973).

Mohsova stupnice tvrdosti

- 1 mastek
- 2 halit
- 3 kalcit
- 4 fluorit
- 5 apatit
- 6 živec - ortoklas
- 7 křemen
- 8 topaz
- 9 korund
- 10 diamant

Soudržnost nerostů je informace, jak drží minerály pohromadě. Soudržnost nám udává, jak se chovají minerály při úderu či nárazu tvrdým předmětem. Na základě soudržnosti rozdělujeme minerály na tyto typy – kujné minerály, kruché minerály, jemné minerály a pružné minerály. Kujné minerály je možné údery kladiva vytepat do tenkých plíšků. Nejkujnějším materiálem je ryzí zlato, ale dobře kujné jsou veškeré kovy. Kruché

minerály se po úderu kladivem roztříští na kousky. Mezi křehké, kruché, minerály řadíme křemen nebo kalcit. Jemné minerály se po úderu rozpadají v prach. Mezi jemné minerály řadíme síru, sádrovec nebo kaolinit (Habětín, 1973).

Pokud budeme ohýbat tenké destičky minerálů, mohou nastat tři situace. Destička je křehká a při ohýbání praskne. Křehké jsou například lupínky sádrovce. Lupínky, které se po ustoupení tlaku vrátí do původního stavu, nazýváme pružné. Pružné jsou lupínky slíd. Lupínky ohebných minerálů zůstávají ohnuté i po ustoupení síly, která vyvolala jejich ohyb. Ohebné jsou například lupínky mastku nebo chloritů (Ďud'a, 2008).

Štěpnost nerostu je jeho schopnost rozpadat se podle rovných ploch v určitých krystalografických směrech. Místo štěpnosti je určeno na základě vzdáleností rovin krystalové mřížky. Štěpné plochy pak bývají zpravidla rovnoběžné s plochami základních krystalografických tvarů. Vynikající štěpnost mají slídy, velmi dobře se štěpí i halit a kalcit. Slídy se štípou podle dvojploši spodového, kalcit podle klence (Janoška, 1999).

Lomnost je vlastnost neštěpných nerostů. Lomné nerosty se při úderu rozpadají na jednotlivé části. Rozlišujeme různé druhy lomných ploch na základě jejich vzhledu. Opál má miskovitý lom, křemen a diamant lasturnatý, apatit hladký a pazourek tříštnatý.

Magnetičnost je schopnost nerostu stát se v magnetickém poli magnetickým. Některé nerosty mohou magnetické pole vytvářet samy a mohou působit jako magnet. Magnetit má silné magnetické účinky, přitahuje magnet i další železné předměty. Na základě magnetických vlastností můžeme rozlišovat látky paramagnetické, které silný magnet přitahuje, a diamagnetické, které jsou silným magnetem odpuzovány (Pauk, 1969).

Elektrická a tepelná vodivost je vlastnost plně závislá na krystalové mřížce. Vysokou elektrickou a tepelnou vodivost mají zejména kovy nebo grafit díky vysokému množství volných elektronů. Naopak nekovy, například slídy nebo diamant, mají vysoké izolační schopnosti. Zvláštní způsoby vodivosti je piezoelektrina nebo pyroelektrina. Piezoelektrina je druh elektrické vodivosti způsobený vnějším tlakem, deformací. Nejběžnějším piezoelektrickým krystalem je křišťál. Pyroelektrický jev je druh elektrické vodivosti, změny elektrického náboje, díky zahřívání krystalu (Pauk, 1969; Habětín, 1973).

Radioaktivní minerály vysílají do prostoru záření, které je radioaktivní. Je složeno ze tří paprsků (α , β , γ). Rozpad těchto prvků v nerostech samovolně probíhá až do konečného nereaktivního izotopu, například u uranu až po olovo. Radioaktivní rozpad probíhá u různých prvků různou rychlostí a je nezávislý na vnějších činitelích. Z daného důvodu lze díky této vlastnosti určovat stáří nerostů a hornin. Příkladem radioaktivního nerostu je smolinec. Pro tuto vlastnost je významný obsah radioaktivních prvků jako uran a thorium.

Luminiscence je vlastnost, při které se nějaký druh energie minerálu mění na energii světelnou. Minerál vyzařuje světelnou energii viditelného světla nebo záření. Rozlišujeme

fotoluminiscenci, kdy minerál vyzařuje viditelné světlo po ozáření světelným paprskem, nebo fluorescencí, kdy po ozáření ultrafialovým světlem vyzařuje minerál viditelné světlo. Fluorescentními minerály je například fluorit nebo diamant.

Barva nerostů je častým poznávacím znakem. Barevné nerosty mají trvale svou barvu například síra žlutou, azurit modrou a rumělka červenou. Zbarvené nerosty mění své zbarvení na základě různých příměsí, fluorit, křemen nebo korund. Bezbarvé nerosty jsou čiré, příkladem může být křišťál. Díky tomu můžeme rozlišovat odrůdy křemene, kalcitu. Barevné a zbarvené minerály můžeme rozlišit pomocí vrypu. Barevné minerály mají barevný vryp. Zbarvené minerály mají vryp bílý, nebo velmi světlý (Ďud'a, 2008).

Průchod světla nerostem je vlastnost minerálu absorbovat, propouštět nebo odrážet světelnou energii. Na základě průchodnosti světla rozlišujeme nerosty na průhledné, průsvitné a neprůhledné. Nerosty průhledné mají nepatrnou schopnost pohlcovat světelnou energii. Paprsky světla jimi procházejí. Příkladem průhledných nerostů je křišťál nebo kalcit. Průsvitné nerosty propouští méně světla. Světlo prochází především na hranách a rozích krystalů, například síra, křemen a slída. Nerosty neprůhledné nepropouští světlo, pohlcují ho. Můžeme je rozlišit na neprůsvitné, které pohlcují velké množství světelné energie, jako například křemel, a na nerosty opakní, které nepropouštějí světlo ani v tenkých výbrusech, příkladem jsou kovové minerály (Pauk, 1969; Habětín, 1973).

Lesk nerostů vzniká jako odraz světelných paprsků od povrchu krystalu. Lesk rozlišujeme dle jeho vzhledu a jakosti například na diamantový, skelný – křemen a granát, perleťový – kalcit a sádrovec, mastný – mastek, hedvábný – alabastr, kovový – galenit a kovy. Dle intenzity lesku pak rozlišujeme lesk silný, slabý, třpytný a matný.

Lom světla, refrakce, nastává při přechodu z jednoho optického prostředí do druhého. Je to změna směru paprsku. Paprsek se v krystalu pohybuje na základě Fermatova principu: světlo se v prostoru šíří z jednoho bodu do druhého po takové dráze, aby doba potřebná k proběhnutí této dráhy nabývala extrémní hodnoty (Pauk, 1969). Každé prostředí má svůj charakteristický index lomu, veličinu popisující rychlost šíření světla v látce. Jedná se o poměr rychlosti světla ve vakuu a v dané látce. Velikost zalomení paprsků se následně určuje pomocí Snellova zákona, $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$ kde n je index lomu světla a α úhel dopadu. Zvláštním případem lomu je totální odraz. Při totálním odrazu dochází k takovému lomu, že se paprsek láme rovnoběžně s hranou krystalu (Pauk, 1969; Habětín, 1973).

Dvojlom je specifický jev, kdy se vstupující paprsek rozštěpí na dva. Jeden z paprsků zachovává směr vstupujícího paprsku – paprsek řádný a druhý paprsek se odchyluje dle zákona lomu – paprsek mimořádný. Oba paprsky jsou po výstupu z krystalu rovnoběžné. Tento jev nastává zejména na krystalu klence kalcitu a dalších uhličitánů.

Rozklad světla neboli disperze je jev, při kterém dochází k rozkladu bílého světla na barevné, duhové, světelné spektrum. Nejvíce se odchyluje fialové světlo a nejméně červené. Disperzi můžeme pozorovat na hranolu nebo například na klenci kalcitu (Ďud'a, 2008).

2.2 Systém nerostů

V přírodě je známo přes čtyři tisíce minerálů a každý rok je popsáno přibližně padesát nových. V České republice se vyskytuje přibližně devět set nerostů, ale běžných je okolo jedné čtvrtiny. Opravdu hojně se pak vyskytují přibližně tři desítky nerostů.

Největší množství nerostů je vázáno v horninách. Na základě chemického složení pak nerosty rozlišujeme do skupin, tříd - prvky, sulfidy, halogenidy, oxidy, uhličitany, dusičnany, fosforečnany, sírany, křemičitany a organogenní minerály. Nejčastější formou nerostů jsou silikáty, naopak nejvzácněji se minerály vyskytují jako čisté prvky. V následujícím textu budou charakterizovány vybraní zástupci z daných skupin na základě rozdělení v publikacích Atlas minerálů (Sejkora, 2008) a Minerály (Ďud'a, 2008).

2.2.1 Prvky

Někdy je nazýváme též jako elementy. Jsou to minerály tvořené pouze jedním chemickým prvkem. Tato skupina je velmi vzácná, protože podléhá velmi snadno oxidaci. Pokud se minerál, zejména kov, nachází v elementárním stavu, nazýváme tento stav ryzí. Skupinu prvků (Tabulka 1) dělíme na kovové a nekovové prvky.

NEROST	CHEMICKÉ SLOŽENÍ	TVRDOST	HUSTOTA	BARVA	LOM	SPECIFICKÁ VLASTNOST
diamant	C	10	3,5	čirá	lasturový	špatná vodivost
grafit	C	1,5	2,25	šedá, černá	rovný	skvělý vodič
síra	S	1,5	2,07	žlutá	lasturový	špatný vodič
zlato	Au	2,5	17,5	žlutá	x	kujnost, tažnost, vodivost
stříbro	Ag	3	10,55	stříbřitě bílá	x	kujnost, vodivost
platina	Pt	4,25	21	šedobílá	x	kujnost a vodivost
měď	Cu	2,75	8,72	načervenalá	x	kujnost a vodivost
rtuť	Hg	tekutá	13,6	stříbřítá	x	tekutost a vodivost
železo	Fe	4,5	7,42	šedá	hákovitá	kujnost a vodivost

Tabulka 1 – Přehled prvků

Mezi nekovové prvky řadíme například uhlík nebo síru. Uhlík je možné najít ve dvou elementárních formách, ve formě grafitu a diamantu.

Diamant je velmi vzácný a cenný. Vzniká za extrémních podmínek, při vysokém tlaku a vysoké teplotě, sopečnou činností. Pro vznik diamantu je zapotřebí vysoce uhlíkaté lávy. Diamant krystalizuje v krychlové soustavě, má diamantový lesk, největší tvrdost a je izolant. Významná naleziště jsou v Jihoafrické republice, na východě Dekánské plošiny, v oblasti Jakutsku v Rusku nebo v Brazílii. V České republice se diamanty objevily vzácně v obci Dlažkovice ve Středohoří. Největší diamant – Cullinan vážil 622 gramů. Diamanty drahokamové kvality jsou broušeny do podoby briliantů a jsou využívány v klenotnictví. Další využití diamantů je v průmyslu na vrtné koruny, brusné kotouče a řezáky na sklo.

Grafit (Obrázek 10), častěji označovaný jako tuha, krystalizuje v šesterečné soustavě. Je to vynikající vodič černé barvy, s černým vrypem a kovovým leskem. Vzniká z metamorfovaných sedimentů obsahujících uhlík nebo jako součást geotermálních žil. Výskyt na našem území je poměrně hojný, ložiska na Krumlovsku, ve Velkém Vrbnu. Ve světě pak nejvíce na Srí Lance, Madagaskaru nebo v pohoří Harz. Tuha se využívá na psací potřeby, krémy na boty, suché baterie, nebo jako mazivo.



Obrázek 10 - Grafit

Síra, latinsky sulphur, krystalizuje v kosočtverečné soustavě, a vyskytuje se velmi vzácně krystalovaná. Sopečného původu, sublimací ze sopečných plynů, můžeme síru nalézt v Indonésii, geotermálního původu v Polsku. Dále může vznikat rozkladem organických látek bakteriemi. Využívá se k šíření zemního plynu, pro výrobu kyseliny sírové, k hubení škůdců, k vulkanizaci kaučuku a na výrobu sirek. Na našem území se síra vyskytuje na Kladensku či v rašelinných oblastech.

Kovové prvky můžeme rozdělit na ušlechtilé a neušlechtilé. Mezi ušlechtilé prvky řadíme například zlato, stříbro, měď a platinu. Tyto prvky odolávají na vzduchu korozi.

Zlato (Obrázek 11), aurum je nejkujnější drahý kov krychlové soustavy. Vyskytuje se v křemenných žilách jako element hydrotermálního původu nebo jako zlaté nugety, valouny nacházené při rýžování zlata. Často tvoří sloučeniny se stříbrem – elektrum. Významná světová naleziště jsou stř. Afrika, stř. Amerika, Austrálie a Sibiř. V České



Obrázek 11 - Zlato

republiky jsou naleziště Jílové u Prahy a Kašperské hory, dříve probíhala těžba v lokalitách Zlaté hory a Banská Štiavnica. Zlato se využívá zejména na výrobu mincí, klenotů, v lékařství.

Stříbro, argentum je vzácný kov křehlové soustavy. Je to dobrý vodič tvořící sloučeninu se sírou zvanou argentit. Využívá se v klenotnictví, jako materiál na mince nebo ve fotografickém průmyslu. Česká naleziště jsou Jáchymov, Příbram a Kutná Hora, světová naleziště pak Argentina, Sibiř a Bolívie.

Platina je rozptýlená v bazických vyvřelinách, jako ryzí má neuvěřitelně vysokou hustotu. Vyskytuje se v pohoří Ural, v Kanadě, Kolumbii a Etiopii. Využívá se v klenotnictví, elektrotechnice a pro výrobu chemických nástrojů.

Měď, cuprum byla dříve v přírodě v době měděné nejhojnější ryzí kov. Sloučenina s cínem se nazývá bronz, se zinkem mosaz. V přírodě je pak velmi často zeleně zbarvena vlivem oxidace. V České republice se ryzí měď nachází například u Staré Paky, Bělovsí nebo ve Studenci, světová naleziště v USA, Zauráli, Maďarsku, Mexiku nebo Chile.

Rtuť, v normálním stavu tekutý minerál s latinským označením hydrargyrum. K tuhnutí dochází až při -39°C . Často se vyskytuje ve sloučenině se sírou jako rumělka, cinabarit. V České republice se vyskytuje v obci Dědova Hora. Světová naleziště Peru, Idrie, Almaden.

Velmi vzácně se železo vyskytuje jako prvek. Výskyt v čedičích v Grónsku nebo v hadcích na Uralu. V Chocni byly objeveny plátky železa velké až 30 cm.

2.2.2 Sulfidy

Sulfidy, jiným názvem siřníky (Tabulka 2), jsou sloučeniny síry s dalšími prvky, nejčastěji kovy. Tvoří důležité rudy všech kovů. Mají velmi často kovový lesk a vyšší hustotu. Většina sulfidů jsou hydrotermální - žilné minerály. Hojnými sulfidy jsou galenit, sfalerit, markazit, pyrit a chalkopyrit.

NEROST	CHEMICKÉ SLOŽENÍ	TVRDOST	HUSTOTA	BARVA	LOM	SPECIFICKÁ VLASTNOST
pyrit	FeS_2	6,25	5,05	žlutá	nerovný	slabý vodič
markazit	FeS_2	5,5	4,8	bledá žlutá	nerovný	slabý vodič
chalkopyrit	CuFeS_2	3,5	4	masazná	nerovný	vodič
galenit	PbS	2,5	7,2	šedočerná	nerovný	slabý vodič
sfalerit	ZnS	3,5	4	červenočerná	x	nevodič
antimonit	Sb_2S_3	2,25	4,55	šedá	x	nevodič
cinabarit	HgS	2,25	8	červená	x	špatný vodič
molybdenit	MoS_2	1	4,75	šedá	x	vodič

Tabulka 2 – Přehled sulfidů

Pyrit má chemické složení disulfid železa FeS_2 a krystalizuje v soustavě krychlové. Jinak se také nazývá kočičí zlato nebo kyz železný. Velmi hojně se vyskytuje v uhlí a jeho spalování způsobuje kyselé deště. V sedmdesátých letech byl těžen u Chvaletic pro získání kyseliny sírové.

Markazit (Obrázek 12), polymorfní minerál disulfidu železa krystalizující v soustavě kosočtverečné. Nazývá se také kyz kopinatý. Vyskytuje se v hnědouhelných pánvích na našem území. Má stejné užití jako pyrit.



Obrázek 12 - Markazit

Chalkopyrit, chemickým složením disulfid železnato-měďnatý CuFeS_2 je nejvýznamnější měděná ruda mající podobné vlastnosti jako pyrit. Starší název je kyz měďný. Na našem území se těžil na lokalitách v pohoří Jeseníky.

Galenit (Obrázek 13), chemickým složením sulfid olovnatý PbS , krystalizuje v krychlové soustavě. Vyskytuje se na nalezištích v Krušných horách, u Kutné Hory, Příbrami. Světová ložiska jsou pak v Coloradu, u Katovic či na Kavkaze. Galenit je nejvýznamnější olovená ruda. Často má příměsi stříbra.



Obrázek 13 - Galenit

Sfalerit, sulfid zinečnatý ZnS , je nerostem krychlové soustavy. Jinak se také nazývá blejno zinkové. Jeho naleziště jsou totožná jako naleziště galenitu. Je hlavní zinečnatá ruda a užívá se pro výrobu bělidla.

Dalšími sulfidy jsou antimonit, cinabarit a molybdenit. Antimonit, sulfid antimonitý Sb_2S_3 , staršími názvy stibnit či leštěnec antimonový, je hlavní ruda antimonu. Jako slitina s olovem tvoří liteřinu. Cinabarit neboli rumělka, sulfid rtuťnatý HgS , je hlavní ruda rtuti. Molybdenit, sulfid molybdeničitý MoS_2 , je hlavní ruda molybdenu.

2.2.3 Halogenidy

Halogenové sloučeniny jsou sloučeniny fluoru (F), chloru (Cl), bromu (Br), jodu (J) a kovu. Jsou dobře rozpustné v mořské vodě a roztoky velmi dobře vedou elektrický proud. Vyjma fluoritu, který jediný tvoří minerální žíly, tvoří obrovská solná ložiska. Nejběžnějšími hojně se vyskytujícími zástupci jsou halit a fluorit (Tabulka 3).

NEROST	CHEMICKÉ SLOŽENÍ	TVRDOST	HUSTOTA	BARVA	LOM	SPECIFICKÁ VLASTNOST
halit	NaCl	2	2,15	různá	lasturnatý	jedlý minerál
fluorit	CaF ₂	4	3,2	různá	lasturnatý	nevodíč, snižuje teplotu tání

Tabulka 3 – Přehled halogenidů

Halit, jinými jmény sůl kamenná či sůl kuchyňská (Obrázek 14), chemickým složením chlorid sodný NaCl, krystalizuje v krychlové soustavě. Halit je látka čirá, většinou příměsí zbarvená bíle či šedě. Získává se vysoušením moří, těžbou. Solná pně se nacházejí v Salzburgu, u Wieliczky či Solivaru. Sůl se využívá v chemickém průmyslu, potravinářství či jako ochucovadlo.



Obrázek 14 - Halit

Fluorit, starším názvem kazivec, chemicky fluorid vápenatý – CaF₂, je prvkem krychlové soustavy. Kazivec snižuje bod tání kovů, čímž získal své jméno. Nemá jednotnou barvu, je zbarvený od rud a příměsí, tvoří barevné modifikace. Je fluorescentní a při kontaktu s kyselinou sírovou se uvolňuje fluorovodík, který leptá sklo. Nachází se na Děčínsku, u Jáchymova a v Harrachově. Světová naleziště jsou v Mexiku, Číně a Španělsku. Využívá se pro výrobu teflonu či freonu, ve sklářství či chemickém průmyslu.

2.2.4 Oxidy

Sloučeniny kyslíku s kovy nebo nekovy. Dříve byly nazývány kysličníky. Můžeme je rozdělit na bezvodé a vodnatné. Tyto sloučeniny nevedou elektrický proud. Mezi oxidy se

NEROST	CHEMICKÉ SLOŽENÍ	TVRDOST	HUSTOTA	BARVA	LOM	SPECIFICKÁ VLASTNOST
křemen	SiO ₂	7	2,66	různá	lasturnatý	drahokamové odrůdy
opál	SiO ₂ · nH ₂ O	5,25	2,22	různá	nerovný	drahokamové odrůdy
korund	Al ₂ O ₃	9	4	různá	nerovný	drahokamové odrůdy
krevel	Fe ₂ O ₃	5,75	5,15	červenavá	nerovný	x
hnědel	oxidy železa	4,8	3,2	hnědá	x	amorfní
magnetit	Fe ₃ O ₄	5,75	5,1	hnědočerná	nerovný	magnetický, vodič
bauxit	Al ₂ O ₃ · 2 H ₂ O	2	2,5	hnědožlutá	x	amorfní
cinovec	SnO ₂	6,5	6,9	hnědočerný	lasturový	drahokamové odrůdy
smolinec	UO ₂	5,5	10,45	černá	nerovný	radioaktivní
rutil	TiO ₂	6	4,25	hnědočerná	x	x
pyroluzit	MnO ₂	5,5	5	šedočerná	x	hořlavý

Tabulka 4 – Přehled oxidů

vyskytují rudy železa a cínu, a drahokamy. Oxidy vznikají vylučováním z tavenin a roztoků. Nejběžnějšími oxidy (Tabulka 4) jsou křemen, magnetit, limonit, hematit, cínovec, korund, bauxit a smolinec.

Křemen (společně s živcem) je nejběžnějším minerálem v přírodě. Krystalizuje v šesterečné soustavě. Jeho chemické složení je oxid křemičitý SiO_2 . Jeho příměsi pak způsobují množství barevných odrůd. Čirou krystalovanou odrůdou je křišťál, fialový ametyst, růžový růženín. Kouřově šedá je záhněda,



Obrázek 15 - Jaspis

žlutý je citrín, mléčně bílý kašonk a neprůhledně černý je morion (Obrázek 16). Zvláštními odrůdami křemene pak jsou biogenní pazourek, kryptokrystalický chalcedon a jeho variety achát, onyx, karneol a jaspis (Obrázek 15). Variety chalcedonu jsou často pestře duhově barevné, kdy se na nábrusu kamene střídají různé barvy.

Křemen je velmi fyzikálně i chemicky odolný. Tvoří hydrotermální křemenné žíly, sedimentární horniny a vyplňuje mandlovcové melafyry. Využíváme ho jako sklářskou surovinu, surovinu pro stavebnictví a výrobu žáruvzdorných hmot. Jeho drahokamové a polodrahokamové odrůdy se využívají ve šperkařství nebo pro výrobu optických přístrojů.



Obrázek 16 - Morion

Většinu křemenných odrůd nalezneme na našem území. Mezi zajímavé křemenné lokality na našem území patří Kozákov, Kněžmost, Ciboušov, Velká kraš, Žulová a Dolní Bor. Mezi významná světová naleziště se řadí pohoří Serra do Mar v Brazílii, rozsypy na Srí Lance, pohoří Ural v Rusku, Čína či Madagaskar.

Opál je vodnatý oxid křemičitý $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Je to amorfni oxid tvořící sklovité masy, krápníky a podobně. Jeho barevné variety mají svá specifická označení. Bílou barvu má mléčný opál, čirý je hyalit neboli skelný opál, fosilní dřevo prostoupené opálovou hmotou se nazývá dřevitý opál a mléčně zakalený opál hrající duhovými barvami se nazývá drahý opál. Na našem území se opály nalézají v Doupovských horách či v okolí Křemže, světová ložiska jsou pak v Austrálii nebo ve Slanských vrších.

Oxidem tvořícím drahokamové odrůdy v šesterečné soustavě je i korund (Obrázek 17). Chemickým složením je korund oxid hlinitý Al_2O_3 . Korund je možné snadno synteticky vyrobit. Je to mimořádně tvrdý minerál a jeho krystalická forma smirek se užívá jako brusný či leštící materiál. Mezi



Obrázek 17 - Korund

nejznámější drahokamové odrůdy patří modrý safír, červený rubín, tyrkysový aquamarín. Na našem území můžeme nalézt korund například na Jizerské louce nebo u Bečova. Světová naleziště pak jsou v Zauralí, v Jakutsku nebo v Jihoafrické republice.

Ocelově červená ruda železa se nazývá hematit. Jiným názvem je označována také jako krevet. Jeho chemické označení je oxid železitý Fe_2O_3 , je těžce tavitelný a není magnetický. Je nejhojnější železnou rudou a užívá se k tvorbě červených barev. Na našem území se vyskytuje v ložiskách železných rud v Barrandienu mezi Prahou a Plzní. Světová těžba je ve Švédsku u Kiruny a Gallivare, na Ukrajině Krivij Rog, u Kurska v Rusku či v Alsasku a Lotrinsku.

Hnědel neboli limonit (Obrázek 18) je amorfni směs oxidů železa. Je zabarven dohněda či dožluta. Je významnou složkou oxidačních pásem v sedimentárních železných rudách a vzniká ve vodním prostředí jako bahenní ruda. Na našem území se nejčastěji vyskytuje na pískovcových skalách či v Železných horách. Světová ložiska jsou pak ve Francii, na Sibiři a v Lucembursku.



Obrázek 18 - Limonit

Magnetit nebo také magnetovec je oxid železnato-železitý Fe_3O_4 . Krystalizuje v krychlové soustavě. Je silně magnetický a díky vysokému obsahu železa je nejušlechtlejší železnou rudou. Jeho těžba probíhá ve Švédsku v oblasti Kirunavaara, v Zauralí u Magnitogorsku. Na našem území probíhala těžba u Šumperku či Měděnci v Krušných horách.



Obrázek 19 - Bauxit

Bauxit (Obrázek 19), vodnatý oxid hlinitý $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, je hlavní hliníková ruda. Vzniká jako produkt tropického zvětrávání křemičitanových hornin bohatých na živce, jíly a vápence. Hlavní naleziště jsou ve Francii v oblasti Le Baux, v Itálii v Abruzzu, na Istrii, v Dalmácii a v Maďarsku v Gántu.

Cínovec či kasiterit složením oxid cíničitý SnO_2 , je nejvýznamnější a prakticky jediná ruda cínu (Obrázek 20). Světová ložiska kasiteritu jsou v náplavech a plážových sedimentech v Číně a ve Francii. Na našem území je významné naleziště v Krušných horách na Cínovci.



Obrázek 20 - Cínovec

Uraninit neboli smolinec, složením oxid uraničitý UO_2 , je radioaktivní ruda uranu. Velmi snadno oxiduje a zvětrává, z toho důvodu je možné setkat se i s jinými chemickými vzorci. Často příměsí smolince jsou pak oxidy olova, zejména oxid olovnatý. Česká naleziště jsou Příbram, Jáchymov a Dolní Rožínka, uran je zde přítomen v rudných žilách. Významná světová naleziště jsou pak v sedimentárních ložiscích v Jihoafrické republice.

Dalšími minerálními oxidy jsou rutil, oxid titaničitý TiO_2 , který je hlavní titanovou rudou, nebo pyroluzit, oxid mangančitý MnO_2 , známý spíše jako barvivo burel. Mezi minerály se řadí i led H_2O , který tvoří šestiboké krystaly a nachází se v ledových jeskyních nebo polárních pustinách. Moderní přehledy minerálů však led do mineralogických systémů již nezařazují.

2.2.5 Uhličitany

Uhličitany jsou kyslíkaté soli kyseliny uhličitě (H_2CO_3) a dvojmocných kovů jako jsou například vápník, hořčík, měď či železo. Je možné je rozdělit na bezvodé a vodnaté – hydratované. Uhličitany vznikají vylučováním z chladných i horkých roztoků, či v rudných žilách. Nejvýznamnějšími uhličitany (Tabulka 5) jsou kalcit, dolomit, magnezit, siderit, aragonit, malachit a azurit.

NEROST	CHEMICKÉ SLOŽENÍ	TVRDOST	HUSTOTA	BARVA	LOM	SPECIFICKÁ VLASTNOST
kalcit	CaCO_3	3	2,7	různá	x	dvojlom, kras
aragonit	CaCO_3	3,75	3,8	bíložlutá	x	kras
magnezit	MgCO_3	4	3,05	šedobílá	x	tepelná odolnost
dolomit	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	3,75	2,85	různá	x	kras
siderit	FeCO_3	3,75	3,8	žlutohnědá	x	x
malachit	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	3,75	4	zelená	x	indikátor mědi
azurit	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	3,75	3,8	modrá	x	indikátor mědi

Tabulka 5 – Přehled uhličitánů

Kalcit, klencový krystal uhličitanu vápenatého CaCO_3 , je jedním z našich nejběžnějších nerostů (Obrázek 21). Je průhledný a jeví dvojlom, snadno se rozpouští v kyselinách. Je hlavním nerostem usazené horniny vápence a travertinu, přeměněné horniny mramoru a tvoří podstatnou část čediče a znělce. Číré krystaly se využívají pro polarizační mikroskopy a další optické přístroje. Na našem území nalezneme kalcit v krasových lokalitách, dobře krystalovaný pak v lokalitách u Měděnce a Příbrami.



Obrázek 21 – Kalcit z lokality Vápenný Podol

Aragonit je další forma uhličitanu vápenatého CaCO_3 , je polymorfním nerostem ke kalcitu. Od kalcitu se liší krystalovou soustavou, krystaluje v soustavě kosočtverečné. Tvoří vřídlovec v Karlových Varech, sintrovou výzdobu ve Zbrašovské aragonitové jeskyni nebo můžeme nalézt menší krystaly v čediči v Hřídenci u Lázní Bělohrad. Světové naleziště je například v Aragonii ve Španělsku.

Magnezit, chemickým složením uhličitan hořečnatý MgCO_3 , je dalším uhličitanem klencové soustavy. V přírodě vzniká metastaticky, výměnou hořčíku za vápník, nebo hydrotermální přeměnou hadců. Na našem území nalezneme magnezit například u Mohelna či Oslavan. Významná světová naleziště jsou pak ve Slovenském rudohoří u Lučence a Košic či v Rakousku a Itálii. Magnezit se využívá na obklady vysokých pecí, jako materiál pro žáruvzdorné cihly do vysokých pecí.

I Dolomit (Obrázek 22) je uhličitan klencové soustavy. Jeho chemické složení je uhličitan hořečnato-vápenatý $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Stejně jako magnezit i dolomit je izomorfní ke kalcitu. Dolomit ale není tak snadno rozpustný v kyselině chlorovodíkové jako kalcit. Tento nerost i stejnojmenná hornina vzniká metastatickými procesy z vápence nebo



Obrázek 22 – Dolomit

hydrotermálně v rudných žilách. Dolomit tvoří celá pohoří například Dolomity, Nízké Tatry či Malou Fatru. I dolomit se využívá na ohnivzdorné materiály nebo jako hnojivo.

Siderit, starším českým názvem ocelek (Obrázek 23) je významná ruda železa s chemickým složením uhličitan železnatý FeCO_3 . I siderit vzniká metastaticky z vápence a krystalizuje v klencích. Je tedy dalším izomorfním nerostem kalcitu. Na našem území je možné ocelek nalézt v Nučicích nebo u Zdic. Světová naleziště jsou pak ve Slovenském Rudohoří, Cornwall, Lotrinsku nebo Bilbao.



Obrázek 23 - Siderit

Malachit a Azurit, jednoklonné minerály s chemickým složením $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ respektive $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ jsou druhotné nerosty měděných rud a fungují jako jejich indikátory. Vyskytují se zejména v oxidačních zónách měděných ložisek a vlastní ložiska tvoří jen ojediněle, například v Namibii. Malachit má smaragdově zelenou barvu, azurit je sytě modrý.

2.2.6 Dusičnany

Dusičnany (Tabulka 6), jsou soli kyseliny dusičné HNO_3 a kovů, zejména alkalických kovů sodíku a draslíku. Nejdůležitějšími jsou ledky, ledek sodný a draselný. Jsou velmi snadno rozpustné ve vodě a tvoří souvislé zemité vrstvy.

NEROST	CHEMICKÉ SLOŽENÍ	TVRDOST	HUSTOTA	BARVA	LOM	SPECIFICKÁ VLASTNOST
ledek chilský	NaNO_3	1,75	2,25	bílá	x	často organického původu

Tabulka 6 – Přehled dusičnanů

Sodný ledek neboli chilský ledek má chemické složení dusičnan sodný NaNO_3 . Jako minerál se označuje kromě pojmu ledek také jako nitronatrit či nitratin. Největší výskyt je v Chile na poušti Atacama. Ledek se užívá zejména jako minerální hnojivo, ve sklářství a potravinářství či k výrobě kyseliny dusičné.

2.2.7 Fosfáty

Fosfáty nebo také fosforečnany (Tabulka 7) jsou soli kyseliny fosforečné H_3PO_4 . Vyskytují se v pegmatitech, metamorfovaných horninách či společně s ložisky fluoritu. Nejběžnějším fosfátem je apatit.

NEROST	CHEMICKÉ SLOŽENÍ	TVRDOST	HUSTOTA	BARVA	LOM	SPECIFICKÁ VLASTNOST
apatit	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{Cl})$.	5	3,2	zelenomodrá	nerovný	izolant

Tabulka 7 – Přehled fosforečnanů

Apatit je fosforečnan vápenatý s příměsí fluoru nebo chloru $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F},\text{Cl})$. Krystalizuje v hexagonální soustavě a díky příměsím je různě barevný. Jeho největší naleziště jsou na poloostrově Kola v Rusku. Využívá se pro výrobu fosforu a fosforečných hnojiv.

2.2.8 Síraný

Síraný neboli sulfáty (Tabulka 8) jsou minerály odvozené od kyseliny sírové H_2SO_4 . Lze je rozdělit na bezvodé – baryt a anhydrit, a vodnaté – sádrovec a skalice.

NEROST	CHEMICKÉ SLOŽENÍ	TVRDOST	HUSTOTA	BARVA	LOM	SPECIFICKÁ VLASTNOST
sádrovec	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2	2,3	různá	x	pouštní růže
anhydrit	CaSO_4	4	3,2	bílomodrá	x	sochařský materiál
baryt	BaSO_4	3	4,5	různá	x	odstíňuje záření
chalkantit	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	2,5	2,25	modrá	x	rozpuštný

Tabulka 8 – Přehled síranů

Sádrovec (Obrázek 24) je hydratovaný minerál s chemickým složením dihydrát síranu vápenatého $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Tvoří jednoklonné krystaly, které mohou dále vytvářet srůsty zvané vlašťovčí ocásky. Tento nejhojnější síran tvoří různé odrůdy. Čistý se nazývá Mariánské sklo, sněhově bílý je alabastr. V pouštních oblastech, například



Obrázek 24 - Sádrovec

na Sahaře, tvoří specifické nárosty zvané pouštní růže. Využívá se ve stavebnictví pro výrobu sádry. Naleziště jsou například v Kateřinkách, Zbýšově či Oslavanech, světová pak ve Francii, Polsku a Německu.

Bezvodý síran vápenatý se nazývá anhydrid. Anhydrid tvoří kosočtverečné krystaly a využívá se ve stavebnictví nebo jako surovina pro výrobu kyseliny sírové či jako hnojivo. Jeho namodralá forma se v Itálii používá jako náhražka mramoru. Naleziště jsou pak na Slovensku, v Polsku či Itálii.

Baryt, starším názvem těživec, je chemickým složením síran barnatý BaSO_4 . Krystalizuje v kosočtverečné soustavě. Je chemicky odolný a vyskytuje se v rudných žilách obvykle spolu s fluoritem (Obrázek 25). Nachází se mimo jiné v Železných horách, Harrachově či Krušnohoří. Využívá se pro výrobu barya, nebo jako ustalovač v ropných a plyných vrtech, kde zamezují prudkým erupcím. Dále se hojně využívá v pyrotechnice pro jeho schopnost barvit plamen nebo v lékařství jako ochrana proti rentgenovému záření. Světová naleziště jsou v Banské Štiavnici, Maroku či Anglii.



Obrázek 25 - Baryt

Skalice, jiným jménem vitriol, tvoří vodnaté sírany dvojmocných kovů. Tyto minerály jsou velmi dobře rozpustné ve vodě, z toho důvodu může dojít k jejich nahromadění pouze ve výrazně suchých oblastech. Modrá skalice je minerál chalkantit, pentahydrát síranu měďnatého $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Zelená skalice je melanterit, heptahydrát síranu železnatého $\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ a bílá skalice je goslarit, chemicky heptahydrát síranu zinečnatého $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Zvláštní skalicí je pak hořká sůl neboli epsomit, složením heptahydrát síranu hořečnatého $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Naleziště jsou často v pouštních či polopouštních lokalitách. Azurit je běžný v Namibii či Austrálii, malachit má české naleziště v okolí Bělovsí, ve světě pak v Rumunsku a Rusku. Goslarit se hojně vyskytuje ve Španělsku, Peru a Chile, epsomit pak na Slovensku v Banské Štiavnici, USA nebo Kazachstánu. Hořká sůl je pak součástí minerální vody Šaratice.

2.2.9 Křemičitany

Jsou soli kyseliny křemičité H_2SiO_4 . Všechny křemičitany (Tabulka 9) tedy obsahují skupinu SiO_4 . Spolu s křemenem jsou nejrozšířenějšími minerály zemské kůry. Jsou to horninotvorné nerosty vznikající z magmatu, z horkých nerostů nebo zvětváním jiných křemičitanů.

Základním tvarem křemičitanů je čtyřstěn. Na základě uspořádání čtyřstěnnů v krystalové stavbě se křemičitany dělí do pěti skupin: neosilikáty, cyklosilikáty, inosilikáty, fylosilikáty a tektosilikáty. Neosilikáty jsou tvořeny izolovanými čtyřstěny, jako například olivín, granát a topaz. Cyklosilikáty s kruhovým uspořádáním čtyřstěnnů jsou beryl a turmalín. Inosilikáty, například pyroxeny nebo amfiboly, mají řetězově spojené čtyřstěny. Fylosilikáty s vrstevnatě uspořádanými tetraedry jsou například slídy, mastek

nebo jílovité minerály. Poslední skupinou jsou pak tektosilikáty, které mají prostorovou vazbu čtyřstěnnů a řadíme mezi ně živce, foidy a zeolity.

NEROST	CHEMICKÉ SLOŽENÍ	TVRDOST	HUSTOTA	BARVA	LOM	SPECIFICKÁ VLASTNOST
olivín	$(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$	6,75	3,8	zelená	lasturnatý	drahokamové odrůdy
granát	$\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	7	3,7	různá	lasturnatý	drahokamové odrůdy
topaz	$\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{F,OH})_2$	8	3,55	různá	lasturnatý	drahokamové odrůdy
turmalín	$\text{NaFe}_3^{2+}(\text{Al})_6[(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})]$	7	3,2	různá	lasturnatý	drahokamové odrůdy
beryl	$\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{16}]$	7,75	2,75	různá	lasturnatý	drahokamové odrůdy
augit	$\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	6	3,4	hnědočerná	lasturnatý	x
amfibol	$(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$	5,5	3,15	čerená	x	x
muskovit	$\text{KAl}_2[(\text{OH,F})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$	2,25	2,85	šedobílá	x	ohebný
biotit	$[(\text{Mg,Fe}^{2+})_3[(\text{OH})_2(\text{Al})\text{Si}_3\text{O}_{10}]]$	2,5	3	černá	x	ohebný
mastek	$\text{Mg}_3[(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})]$	1	2,75	bělavá	x	mastný
kaolín	$\text{Al}_4[(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})]$	1	2,6	žlutobílá	x	velmi jemný
ortoklas	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	6	2,5	různá	x	x
albit	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	6	2,62	šedobílá	x	x
anorit	$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$	6	2,76	šedobílá	x	x
nefelín	$\text{KNa}_3[\text{AlSi}_4\text{O}_{14}]$	6	2,6	hnědočerná	lasturnatý	x
natrolit	$\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	5,25	2,3	různá	x	x

Tabulka 9 – Přehled křemičitanů

Olivín, jinak známý jako peridot (Obrázek 26), je olivově zelený minerál s chemickým složením $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$. Tento kosočtverečný minerál se nejčastěji vyskytuje v bazických horninách – čedičích, melafyrech a diabasech. Olivín nejčastěji nacházíme v Českém středohoří, u Kozákova a v Podkrkonoší, kde se využívá ve šperkařství jako drahý kámen. Světová naleziště olivínu jsou v Barmě, Číně a v Brazílii. Hornina tvořená převážně olivínem se nazývá olivínovec. Této horniny se využívá jako suroviny pro výrobu ohnivzdorných cihel.



Obrázek 26 - Olivín

Granáty jsou skupina křemičitanů, které se odlišují pouze chemickým složením a barvou. Tvoří zrnité krychlové agregáty. Nejznámějšími a nejběžnějšími granáty jsou pyrop, grosulár a almandin. Pyrop je tmavě červený český granát s chemickým složením $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$, je možné ho nalézt v ultrabazických horninách u Železnice, Nové Paky nebo Malešova. Almandin (Obrázek 27) $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ je nejrozšířenějším ze skupiny granátů, má tmavě červenou barvu s fialovými odstíny. Vyskytuje se v okolí Starkoče a Čáslavi. Grosular $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ je medově žlutý až nazelenalý granát vyskytující se

v okolí Bludova či Žulové. Granáty je možné využít ve šperkařství jako drahé kameny nebo na řezné, brusné či vrtné nástroje.

Minerál tvořící drahokamové odrůdy velmi podobné diamantu je topaz $\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{F},\text{OH})_2$. Krystalizuje v kosočtverečné soustavě. Tvoří barevné odrůdy medově zbarvené, namodralé



Obrázek 27 – Almandin v žule

a narůžovělé, které se velmi často využívají ve šperkařství. Na Sibiři a v Zauralí se vyskytují i čiré krystaly, v Brazílii pak syté žluté topazy. Na našem území pak můžeme nalézt topazy v Krušných horách nebo Slavkovském lese.

Turmalín je skupina nerostů krystalizujících v šesterečné soustavě. Tvoří množství barevných odrůd, které způsobují jeho příměsi. Lithium barví turmalín do růžova, chrom do zelena a železo do modra až černa. Nejběžnějším turmalínem je černý skoryl (Obrázek 28) $\text{NaFe}_3^{2+}(\text{Al},\text{Fe}^{3+})_6[(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3 (\text{Si}_6\text{O}_{18})]$, který se užívá v elektrotechnice a ve šperkařství. Vyskytuje se hojně v horninách i křemenných žilách.



Obrázek 28 – Turmalín – krystaly skorylu

Můžeme jej nalézt ve Švédsku, v Austrálii či v Kanadě a na našem území

na písecku či u Cyrilova. Další barevnou odrůdou $\text{Na}(\text{Li},\text{Al})_3\text{Al}_6[(\text{OH})_4(\text{BO}_3)_3 (\text{Si}_6\text{O}_{18})]$ je růžovočervený rubelit, který se využívá ve šperkařství jako drahokam. Na našem území se nachází v Dobré Vodě nebo u Rožné, světová naleziště jsou pak v Zauralí, Zabajkalí, v Kalifornii či Mosambiku. V podobných lokalitách se pak vyskytují ještě turmalíny zelené barvy – verdelity a turmalíny modré barvy indigolity.

Křehkým a tvrdým minerálem je beryl $\text{Al}_2\text{Be}_3[\text{Si}_6\text{O}_{16}]$. Využívá se jako surovina pro výrobu berylia, které je používáno v letectví nebo v klenotnictví jako drahý kámen. Historicky se využíval jako materiál pro výrobu optických čoček. Na našem území se vyskytuje na Písecku či Domažlicku světová naleziště jsou v pohoří Ural, na Madagaskaru, v Číně či USA. Barevné drahokamové odrůdy jsou zelený smaragd vyskytující se

v Zimbabwe, JAR či Mosambiku, modrozelený akvamarín nacházející se v Indii, Pakistánu či Austrálii nebo zlatý beryl žluté barvy těžený v Brazílii nebo na Srí Lance.

Pyroxeny jsou složité křemičitany patřící k významným horninotvorným nerostům. Nejběžnějším pyroxenem je pak jednoklonný augit $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ mající tmavě hnědou až černou barvu. Vyskytuje se v čedičích, melafyrech, gabru a tufech. Pěkné krystaly se vyskytují v Českém středohoří, u Banské Štiavnice nebo v Auvergne ve Francii.

Amfiboly jsou specifická skupina horninotvorných minerálů s chemickým složením $(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$. Obsahují ve své krystalové struktuře vodu. Do skupiny patří vláknitý tremolit vyskytující se ve vápencích a dolomitech, aktinolit se nachází v břidlicích v Českomoravské vrchovině nebo vláknitý azbest. Pojem obecný amfibol, který zahrnoval černé amfiboly, se v dnešní nomenklatuře minerálů již neuvádí, zahrnoval skupinu amfibolů vyskytujících se v čediči, amfibolitu a dalších horninách. Barva amfibolů závisí na jejich chemickém složení. Aktinolit, vyskytující se například v okolí Sobotína, je nejčastěji zelený. Šedobílý tremolit se pak objevuje například v okolí Písku či Olešnice. V některých systémech se pak jako azbest označuje minerál chryzotil, který je řazen jako samostatný minerál.

Slída je souhrnný název pro skupinu šestibokých horninotvorných nerostů. Tyto nerosty tvoří krystaly v jednoklonné nebo hexagonální soustavě a můžeme je rozdělovat do skupin například na základě barvy, chemického složení či vnitřní struktury. Nejjednodušší dělení je na světlé slídy, tmavé slídy a lithné slídy.



Obrázek 29 - Muskovit

Mezi světlé slídy řadíme například muskovit (Obrázek 29) $\text{KA}_2[(\text{OH,F})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$. Tato světlá slída je bez příměsí průhledná a krystalizuje v jednoklonné soustavě. Šestiboké krystaly jsou součástí mnoha hornin, zejména žuly, ruly, svoru a fylitu. Má vysokou odolnost vůči teplotě a je elektrickým izolantem, proto se může využívat na okénka do pecí a kamen či výrobu ohnivzdorných stavebních materiálů. Výskyt je například v Domažlicích, v Písku, v Indii nebo Brazílii.



Obrázek 30 - Biotit

Biotit $[(\text{Mg,Fe}^{2+})_3[(\text{OH})_2(\text{Al,Fe}^{3+})\text{Si}_3\text{O}_{10}]$ řadíme mezi tmavé slídy (Obrázek 30). Je vždy součástí žuly a tvoří její tmavou složku. Může

tvorit pegmatity nebo říční náplavy. Vyskytuje se hojně v Grónsku, ve Skandinávii nebo v Krušných horách.

Mezi lithné slídy řadíme například cinvaldit $K(\text{Li,Al,Fe}^{2+})_3[(\text{OH})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$ a lepidolit $K(\text{Li,Al})_3[(\text{OH,F})_2(\text{AlSi})_4\text{O}_{10}]$. Cinvaldit má šedavě zelenou barvu a nachází se v cínových ložiscích například na Cínovci nebo v Cornwallu. Lepidolit je naružovělý a nachází se v pegmatitech u Bystřice pod Pernštejnem, na Uralu či ve Skandinávii. Jejich využití je nejčastější pro výrobu lithných sloučenin.

Mastek, označovaný někdy také jako talek (Obrázek 31), je žáruvzdorný, na omak mastný minerál jednoklonné soustavy s chemickým složením $\text{Mg}_3[(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})]$. Využívá se hojně jako mazadlo pro tepelná ložiska, materiál pro pudry v kosmetickém průmyslu nebo jako krejčovská křída. Mastková naleziště jsou pak ve Slovenském Rudohoří, ve Štýrsku



Obrázek 31 - Mastek

nebo v Kanadě či Apalačských horách. V Číně je pak mastek využíván pro výrobu ozdobných předmětů.

Jílové minerály se vyskytují především v sedimentech a jsou hlavní složkou jílu a hlín. Mezi hlavní minerály tohoto typu patří kaolín, illit a montmorillonit. Jílové minerály jsou významné z důvodu poutání vody v půdě a snižování výplavu živin. Kaolinit, hornina vznikající zvětráváním živců z žul a rul s chemickým složením $\text{Al}_4[(\text{OH})_8(\text{Si}_4\text{O}_{10})]$, je pak hlavní složkou horniny kaolínu a vyskytuje se v okolí Karlových Varů, Znojma, Anglie či Francie. Kaolín se využívá zejména v keramickém průmyslu a v papírenství.

Živce jsou nejběžnější nerosty v přírodě. Jsou nejdůležitější složkou většiny vyvřelých hornin a krystalických břidlic. Na základě chemického složení se dle zastoupení jednotlivých prvků draslík, sodík, vápník rozdělují živce na draselné – ortoklas a mikroklín, a sodnovápenaté – plagioklas.

Mezi draselné živce řadíme oroklas krystalizující v jednoklonné soustavě a trojklonný mikroklín. Ortoklas, s chemickým složením $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, vytváří velmi často dvojčatné srůsty zvané karlovarská dvojčata. Barva ortoklasu pak může být od bílo růžové, přes červenou až k zelenomodré. Vyskytuje se v kyselých vyvřelinách – žulách, pegmatitových žilách či puklinách rul. Ortoklas je základní surovina k výrobě porcelánu a glazur. Mikroklín se pak od ortoklasu liší pouze krystalovou soustavou, jejich vlastnosti a výskyt jsou jinak totožné. Významná světová naleziště jsou v Zabajkálí, na ostrovech Elba a Madagaskar nebo na Srí Lance. Čirý ortoklas se nazývá adulár a můžeme ho najít například i na Pradědu.

Plagioklasy neboli sodnovápenaté živce, je skupina živců, které se v přírodě navzájem mísí a tvoří plynulou izomorfní řadu minerálů. Plagioklasy krystalizují v trojklonné soustavě. Sodný živec, albit (Obrázek 32) je složením $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, vápenatý živec anortit je $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Další odrůdy plagioklasů, jako oligoklas, andezit či labradorit, jsou označovány vlastními jmény, ale nejedná se o samostatné minerální druhy. Například



Obrázek 32 - Albit

oligoklas tvoří přibližně osmdesát procent albitu a dvacet anoritu, andesin přibližně šedesát procent albitu a čtyřicet procent anoritu, a labradorit čtyřicet procent albitu a šedesát procent anoritu. Významná naleziště těchto nerostů jsou ve vyvřelých a metamorfovaných horninách nebo v dutinách a horniných žilách. Velmi ojediněle pak plagioklasy tvoří krystaly či drúzy. V České republice můžeme plagioklasy nalézt v okolí Bobruvky, Moravan, Liberce či Českého Krumlova. Světová naleziště pak v Alpách, v pohorí Ural, v Grónsku či v Kanadě nebo Indii.

V alkalických živcích neboli foidech převládá alkalická složka nad křemičitou. Tyto nerosty se vyskytují v horninách namísto živců, zejména v čediči a znělci. Mezi nejběžnější foidy patří nefelín a leucit. Leucit má chemické složení $\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$ a nefelín $\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$. Nefelín se na našem území vyskytuje poměrně hojně například v Mariánských Lázních nebo Mostu. Jeho hlavní využití je ve sklářském a keramickém průmyslu.

Zeolity jsou hydráty živců nebo foidů, obsahují zeolitovou vodu. Tato voda je snadno vyměnitelná za jiné složky a proto se využívá jako odsiřovací filtr v elektrárnách nebo jako molekulární síto v analytické chemii. Využívají se zejména synteticky vyrobené, přírodní zeolity nemají takový význam. Je možné je využít jako krmiva pro drůbež z důvodu vysokého obsahu minerálních živin (Obrázek 33). Nejběžnějším zeolitem je natrolit $\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Vyskytuje se například ve znělci na Kunětické Hoře nebo na Mariánské hoře, na Faerských ostrovech či v Kanadě.



Obrázek 33 - Natrolit

2.2.10 Organogenní minerály

Organické látky vznikají odumřením a přeměnou zbytků živočichů a rostlin. Nejznámějším organogenním nerostem je jantar (Tabulka 10), i když některá rozdělení jej řadí spíše mezi horniny. Jantar vznikl zkameněním pryskyřic třetihorních stromů, jeho chemické složení je tedy přibližně $C_{10}H_{16}O$. Často obsahuje uzavřený hmyz, je hořlavý a skvělý izolátor.

NEROST	CHEMICKÉ SLOŽENÍ	TVRDOST	HUSTOTA	BARVA	LOM	SPECIFICKÁ VLASTNOST
jantar	$C_{10}H_{16}O$	2,5	1,05	žlutohnědá	lasturnatý	organogenní, amorfní

Tabulka 10 – Přehled organogenních minerálů

Řecký název elektron pak získal díky schopnosti vytvářet statickou elektřinu třením o lněnou látku. Nachází se na pobřeží Baltského moře a využívá se ve šperkařství pro výrobu ozdobných předmětů. Modrý druh jantaru, modrý jantar se pak nachází na Sicílii a modře fluoreskuje. Na našem území se pak nacházel jantar v okolí Valchova.

3 Petrologie

Petrologie někdy též petrografie je věda zkoumající horniny. Skládá se ze dvou hlavních součástí, petrologie všeobecné a systematické petrologie. Všeobecná petrologie se zabývá vznikem, texturou, strukturou, složením a přeměnami hornin. Systematická petrologie třídí horniny do základních skupin a popisuje je (Habětín, 1973).

Horniny jsou nestejnorodé anorganické přírodniny složené z jednoho nebo více druhů nerostů. Tyto látky tvoří v zemské kůře geologická tělesa, která jsou závislá na principu jejich vzniku. Horniny můžeme také definovat jako shluky částí několika minerálů vzniklých na různých místech majících podobné vlastnosti.

V následujícím textu jsou obě základní složky petrologie propojeny, aby bylo možné vytvořit si komplexní vhled na problematiku hornin a nedošlo k oddělení systému hornin a jeho základních skupin od jejich příčin vzniku. Systém hornin a popis lokalit jejich výskytu je vystavěn na publikacích: Atlas hornin (Dudek, 1984), Ušlechtilé stavební a sochařské kameny České republiky (Rybařík, 1994), Petrografie a regionální geologie Českého masívu (Zeman, 1994), Z nížin do hor (Bína a Demek, 2012) a dále v textu již není citován.

3.1 Vlastnosti hornin

Mezi základní vlastnosti hornin patří jejich minerální a chemické složení a stavba. Minerální a chemické složení určují nerosty, z kterých daná hornina vznikla. Jejich stavbu, tedy strukturu a vnitřní uspořádání, určují geologické děje, při kterých horniny vznikaly.

Minerální složení určuje základní vlastnosti hornin a pomáhá k rozlišení jednotlivých hornin mezi sebou. Horniny tvoří jen několik desítek minerálů, které se označují jako horninotvorné. Nejčastějšími horninotvornými minerály jsou křemičitany, oxidy a uhličitany.

Dle významu nerostu v dané hornině pak rozlišujeme horninotvorné nerosty podstatné, vedlejší a přídatné (Habětín, 1973; Dudek, 1984).

Podstatné nerosty jsou nejdůležitějšími tvůrčími nerosty dané horniny. Například u žuly jsou to křemen, živec a slída. Kdyby se jeden z daných nerostů v hornině nevyskytoval, nejednalo by se o žulu. Horninu může tvořit i jeden podstatný minerál, nemusí se jednat o směs minerálů. Příkladem takovéto monominerální horniny může být vápenec tvořený kalcitem, křemenec tvořený křemenem, nebo dolomit tvořený dolomitem.

Vedlejší nerosty mohou v hornině chybět, ale může jich v ní být i větší množství. Příkladem vedlejších nerostů jsou amfibol v žule nebo olivín v čediči.

Přídavnými neboli akcesorickými nerosty jsou myšleny nerosty mikroskopicky rozptýlené v dané hornině. Jsou v hornině přítomny vždy, ale tvoří velmi nepatrný podíl. Příkladem je magnetit v čediči a dalších bazických horninách.

Nerosty mění svůj význam v jednotlivých horninách. Například křemen je v žule podstatným nerostem, ale v syenitu tvoří nerost vedlejší.

Chemické složení u hornin je značně rozlišné. A proto jej nelze vyjádřit jako chemickou sloučeninu. Většina nerostů v horninách vzájemně reaguje nebo naopak dochází jen velmi těžce k jejich rozkladu. Proto se při zápisu chemického složení pouze uvádí množství zastoupení jednotlivých sloučenin, které však nemusí být shodné pro stejnou horninu v různých lokalitách výskytu (Montgomery, 1997).

Stavba horniny určuje velikost, tvar a uspořádání jednotlivých nerostných složek. Například žula a rula se skládají z též nerostů, ale liší se stavbou. Odlišnost jejich stavby je způsobena jejich původem. Při studiu stavby nerostů rozlišujeme strukturu a texturu.

Struktura neboli sloh je velikost, tvar a vzájemný poměr nerostných složek v hornině. Rozlišujeme velikost zrn a jejich vzájemné sejetí. Vymezujeme samostatně struktury vyvřelých, usazených a přeměněných hornin (Dudek, 1984).

Textura hornin neboli jejich stavba určuje prostorové uspořádání jednotlivých nerostných složek v hornině. Například vyvřelé horniny mají stavbu všesměrnou, usazené a metamorfované rovnoběžnou. Dále lze u hornin zkoumat, zda je jejich stavba kompaktní nebo pórovitá (Habětín, 1973).

Texturu hornin je možné zkoumat makroskopicky pouhým okem, struktura se studuje zejména na výbrusech pod mikroskopem. Stavba i sloh hornin jsou dalším ze základních určovacích znaků a napomáhají k určení vzniku horniny.

Horniny je možné rozdělovat pomocí různých hledisek například na základě jejich geneze či dle obsahu minerálních složek. Nejužívanějším dělením hornin je dělení na základě jejich vzniku. Dle přirozených vývojových souvislostí lze horniny rozdělit na vyvřelé – magmatické, usazené – sedimentární a přeměněné – metamorfované (Montgomery, 1997).

3.2 Vyvřelé horniny

Vyvřelé horniny vznikají utužením a krystalizací magmatu. Magma je žhavá zemská tavenina vznikající v zemské plášti zejména v oblasti astenosféry. Vzniká roztavením hornin zemské kůry a stoupá vzhůru. Ve velkých hloubkách má magma nižší teplotu než při povrchu, kde teplota dosahuje osmi set až dvanácti set stupňů. Teplota magmatu stoupá z důvodu přítomnosti kyslíku a následné oxidace magmatu.

Magma vzniká a uniká na povrch zejména v oblastech rozhraní litosférických desek nebo v místech jejich poruch. Například v oblastech divergentních rozhraní litosférických desek – v místech rozpínání oceánské kůry, v lokalitách konvergentních rozhraní desek - místa subdukce - podsouvání litosférických desek, a uvnitř litosférických desek – například v místech kontinentálních riftů (Montgomery, 1997).

Když magma tuhne – chladne, minerály v něm krystalizují. Nekrystalizují však najednou, ale postupně. Pokud magma tuhne pod povrchem a v hloubkách krystalizuje pomalu, velikosti krystalů bývají velké. Naopak při tunutí na povrchu dochází k překotné krystalizaci a nedochází tak k růstu dokonalejších krystalů, a proto bývají povrchové horniny zpravidla jemnozrné.

Sukcesní posloupnost krystalizace probíhá od olivínů, magnetitu a apatitu, přes pyroxeny, augit, amfibol a plagioklasy, k biotitu a ortoklasu až k muskovitu a poslednímu křemenu. Protože křemen krystalizuje jako poslední, není ho ve vyvřelých horninách mnoho, mohl jen vyplnit zbylé mezery a jeho krystaly nemohly dostatečně narůst (Janoška, 1999).

3.2.1 Vlastnosti vyvřelých hornin

Podle obsahu množství SiO_2 můžeme rozlišit vyvřelé horniny na kyselé – acidní, neutrální - intermediální a zásadité – bazické. Kyselé horniny tvoří z více než dvou třetin složky obsahující SiO_2 . Neznamená to ale, že dvě třetiny horniny je křemen. Příkladem kyselé horniny je žula. Neutrální horniny tvoří z více než poloviny křemičitany, neobsahují ale křemen. Příkladem neutrální horniny je andezit. Bazické horniny obsahují křemičitou složku z méně než padesáti procent. Bazické horniny jsou gabro a čedič. Zvláštním případem bazických hornin jsou horniny ultrabazické, které obsahují méně než z jedné třetiny křemičitany. Příkladem ultrabazické horniny je olivínovec (Habětín, 1973; Dudek, 1984; Zeman, 1994).

Druhý způsob chemického dělení hornin je na základě obsahu alkalických prvků, toto rozlišení však není v takové míře užíváno.

Struktura vyvřelých hornin může být krystalická nebo hyalinní. Krystalické struktury můžeme rozdělit ještě na zcela krystalické a částečně krystalické.

Zcela krystalické struktury jsou tvořeny téměř výlučně dokonalými krystaly, jejichž velikost nebývá vždy stejná. Rozlišujeme tedy stejnoměrně zrnité horniny a nestejně zrnité. Krystalická struktura je typická pro hlubinné vyvřeliny, které utuhly pomalu a nerušeně (Zeman, 1994).

Na základě velikosti krystalů rozlišujeme stejnoměrně zrnité struktury na tyto podstruktury. Na jemnozrné struktury s velikostmi krystalů v řádu desetin milimetrů.

Tuto strukturu mají sopečné vyvřeliny, které utuhly velmi rychle. Středně zrnitou strukturu má například žula, která má krystaly velikosti několika milimetrů. Hrubozrnná textura, kterou může mít například gabro a další hlubinné vyvřeliny, má krystaly velikosti až několika centimetrů. Speciální velkozrnná struktura, kterou tvoří zrna ale kusy nerostů, se nachází u pegmatitů, které se těží pro získání slíd nebo živců.

Nestejně zrnité struktury (Obrázek 34) obsahují větší krystaly. Tyto větší krystaly se označují jako vyrostlice. Příkladem vyrostlic mohou být živce v žulách nebo amfiboly v gabrech. Sloh obsahující vyrostlice nazýváme porfyrický (Habětín, 1973).

Částečně krystalická struktura hornin je přechodovou fází mezi krystalovou a sklovitou strukturou hornin. Tato struktura je typická u výlevných vyvřelin, jako jsou čediče, znělce a melafyry.

Sklovitá neboli hyalinní struktura (Obrázek 35) je tvořena amorfní hmotou. Magma velmi rychle utuhlo, došlo k rychlému zchlazení, ale neproběhla krystalizace. Vytvořila se amorfní hmota v podobě sopečného skla. Nejčastěji vznikají takovéto horniny při vylití lávy do moře. Příkladem je obsidián, sopečné sklo, vzniklé z ryolitu například v oblasti Liparských ostrovů (Dudek, 1984).

Prostorové uspořádání minerálních částic v hornině neboli textura, se u vyvřelin vyskytuje v několika podobách. Rozlišujeme dvě základní rozdělení těchto textur na dělení na základě uspořádání nerostných součástí a na základě vyplnění prostoru (Janoška, 1999; Zeman, 1994).

Na základě vnitřního uspořádání rozlišujeme všesměrnou texturu (Obrázek 34) a texturu rovnoběžnou. U všesměrné textury jsou minerální komponenty uspořádány nepravidelně do všech stran, protože tuhnutí probíhalo bez vnějších vlivů. Takovéto uspořádání nalezneme u většiny hlubinných vyvřelin – žula, gabro, stejně tak u vyvřelin výlevných, jako jsou čediče a znělce. Rovnoběžná textura vzniká na základě působení tlaku při tuhnutí magmatu, nebo jeho silným prouděním, je běžná například u ryolitů (Janoška, 1999).



Obrázek 34 – Nestejně zrnité struktury s všesměrnou texturou gabra



Obrázek 35 – Hyalinní struktura obsidiánu

Podle vyplnění prostoru pak rozlišujeme texturu kompaktní, pórovitou a mandlovcovou. Kompaktní textura je u všech hlubinných a žilných vyvřelin. Pórovitá, kde dutiny – póry vznikly po bublinkách plynů v utuhlém magmatu. Příkladem pórovité textury může být tuf nebo některé znělice. U mandlovcové textury (Obrázek 36), která je běžná u melafyřů nebo čedičů, se setkáme s mohutnými dutinkami neboli mandlemi.



Obrázek 36 - Mandlovcová textura melafyru

Tyto mandle jsou druhotně vyplněny nějakými nerosty, nejčastěji acháty, jaspisy či olivíny (Habětín, 1973; Dudek, 1984).

U většiny hornin, nejen u výlevných, rozlišujeme také různé formy odlučnosti. Odlučnost je vlastně forma rozpadu horniny. Tuto odlučnost můžeme pozorovat zejména na skalních výchozech, či lomových stěnách a určují ji specifické vlastnosti horniny. Rozlišujeme tři hlavní odlučnosti výlevných hornin. Kvádrou odlučností (Obrázek 37), kdy se hornina odděluje na základě tří vzájemných linií puklin – zlomů, které jsou na sebe kolmé a vznikly během tuhnutí magmatu. Tyto pukliny vytváří bloky kamene, které se od sebe více a více oddalují. Příkladem hornin s kvádrou odlučností jsou žuly, syenity a žulové horniny. Sloupcovitou odlučností, kdy nerosty tvoří takzvané kamenné varhany, můžeme spatřit u čediče. Čedič vytváří šestiúhelníkové sloupce, které mohou být vlivem vnějších tlaků při tuhnutí různě pokrouceny a orientovány. Příkladem čedičových skal mohou být Panská skála nebo České středohoří. Se sférickou odlučností se setkáme například u diabasu. Tato odlučnost je specifická odlamováním kulovitých ploch z povrchu horniny (Janoška, 1999; Zeman, 1994).



Obrázek 37 - Kvádrou odlučnost žuly

3.2.2 Systém vyvřelých hornin

Na základě geologického výskytu rozlišujeme vyvřeliny na hlubinné, žilné a výlevné. Hlubinné vyvřeliny vznikly utužením ve velkých hloubkách přesahujících jeden kilometr a tvoří pod povrchem rozsáhlá tělesa zvané plutony nebo také batolity. Žilné vyvřeliny vznikly utužením magmatu v puklinách zemské kůry (Obrázek 38). Vyznačují se jemnozrnnou strukturou a kompaktní texturou. Rozlišujeme žíly pravé



Obrázek 38 – Ukázka hydrotermální ložní žíly kalцитu s příměsí barytu v andezitu zbarveném příměsí železa

a nepravé. Pravá žíla prochází napříč vrstvami podloží, naopak nepravá neboli

ložní je vodorovná s jednou vrstvou. Výlevné vyvřeliny pak vznikly rychlým utužením magmatu proniknuvším k povrchu jako láva tvořící sopečná tělesa nebo utužením několik desítek metrů pod povrchem jako lakolit (Janoška, 1999).

3.2.2.1 Hlubinné vyvřeliny

Mezi hlubinné vyvřeliny řadíme žulu, syenit, diorit, gabro a olivínovec. Kyselé hlubinné vyvřeliny jsou žula a syenit, středně zásaditý pak diorit a bazický je gabro. Minerál křemen obsahuje pouze žula.

Žula neboli granit (Obrázek 39) je světlá hlubinná vyvřelina, jedna z nejběžnějších hornin Českého masivu. Skládá se z nerostů ortoklasu, křemene a tmavé slídy biotitu. Je všesměrně zrnitá a může být světle šedá, ale i růžová, žlutá nebo červená. Tvoří žulové masivy - plutony tvořící pohoří Šumava, Krkonoše, Českomoravskou vrchovinu a Jizerské hory. Je využitelná jako stavební a dekorační kámen či silniční



Obrázek 39 - Žula

kamenivo. Její zajímavou vlastností je její leštitelnost. Těžba probíhá například u Liberce,

v Žulové nebo u Mrákotína. Významné světové lokality jsou ve Skandinávii, v Kanadě nebo na Sibiři.

Syenit (Obrázek 40) je hlubinná vyvřelina podobná žule. Neobsahuje křemen, ale skládá se z velkého množství tmavých minerálů, jako jsou biotit, amfibol a pyroxeny. Barvu má tmavší zejména z důvodu obsahu živců, zejména



Obrázek 40 - Syenit

ortoklasu, s červenými odstíny. Vlastnosti má s žulou shodné, ale vyskytuje se v menším množství. Na našem území má výskyt na Třebíčsku, kde tvoří Meziříčský masiv - Syenitové skály, nebo v Posázaví.

Diorit je hlubinná vyvřelina zásaditějšího složení. Skládá se z plagioklasů, amfibolů a pyroxenů. Nabývá tmavě šedé barvy s odstíny zelené. Bývá středně zrnitá s všesměrnou skladbou. Vyskytuje se ve Slezsku, v Železných horách nebo u Znojma. Diorit se využívá zejména jako kamenivo. Pokud diorit obsahuje křemen, označuje se jako křemenný diorit nebo tonalit, který tvoří barevné odstíny v závislosti na obsahu živců. Vyskytuje se ojedinelé v Orlických horách, Posázaví nebo Podýjí.

Grandiorit (Obrázek 41) je žulová hornina vizuálně podobná žulám, ale místo ortoklasu obsahuje pouze plagioklasy. Má vlastnosti velmi podobné žulám a shodné využití. Grandiorit se společně s žulou podílí na stavbě základních masivů České republiky, jako jsou středočeský, karlovarský a krkonoško-jizerský pluton. Těžební lokality jsou v Novohradských horách, Železných horách nebo Krkonoších. Grandiorit je nejrozšířenější hlubinnou vyvřelinou zemského povrchu.



Obrázek 41 - Grandiorit

Gabro je zásaditá hlubinná vyvřelina tvořená zásaditými plagioklasy, pyroxeny, amfiboly a někdy olivíny. Má tmavě šedou barvu se zelenými odstíny, všesměrnou texturou a hrubě zrnitou texturou. Využívá se k dekoračním účelům nebo jako kamenivo. Díky své ležitelnosti je využíváno i jako materiál pro stavbu pomníků. Netvoří velká tělesa, ale je těženo například u kopce Špičák v Orlických horách, nebo v Českomoravské vrchovině.

Olivínovec nebo také dunit je příkladem ultrabazické hlubinné vyvřeliny. Je tvořen téměř výhradně olivínem s malými příměsemi tmavých nerostů, pyroxenů a amfibolů. Má tmavozelenou barvu a je možné jej leštit.

3.2.2.2 Žilné vyvřeliny

Žilné vyvřeliny tvoří velmi drobná tělesa často s nestejnou drobnozrnnou strukturou. Utváří často porfyry hlubinných vyvřelin, kdy složení těchto hornin je obdobné, protože vznikly z téhož magmatu, jen rychlost tuhnutí byla u žilných vyvřelin vyšší. Dvěma významnými žilnými vyvřelinami jsou pegmatit a kimberlit.

Pegmatit (Obrázek 42) je hrubozrnná hornina, jejíž krystaly dosahují rozměrů až desítky centimetrů. Velké krystaly vznikly díky vysokému obsahu plynů v magmatu, které podpořily krystalizaci. Vznikají zde často krystaly vzácných nerostů, jako jsou beryl či lithné nerosty. Žulové pegmatity tvoří ortoklas, plagioklas, křemen nebo turmalín.

Kimberlit vzniká z vysoce uhlíkatého magmatu. Při vysoké koncentraci uhlíku může uhlík vykristalizovat jako diamant. Kimberlit tvoří výplně některých sopečných přírodních kanálů, kde je těžen jako diamantová ruda. Kimberlit se vyskytuje v Jižní Africe, v Jakutsku, Brazílii nebo Austrálii.



Obrázek 42 - Pegmatit

3.2.2.3 Výlevné horniny

Výlevné horniny, někdy také označované jako povrchové vyvřeliny. Kyselé výlevné vyvřelé horniny jsou ryolit, fonolit a trachyt. Středně zásadité jsou andezit a dacit, bazické pak diabas, melafyr a čedič.

Ryolit nebo také liparit je jemnozrnná, sklovitá výlevná hornina složená z ortoklasu, křemene a biotitu. Je třetihorního stáří a má černou nebo načervenalou barvu a obsahuje vyrostlice křemene a živce. Na našem území se vyskytují na Křivoklátsku, u Teplíc, a v okolí Broumova, světová naleziště jsou pak známá z okolí Yellowstonekého národního parku.

Znělec též fonolit (Obrázek 43) je výlevná třetihorní magmatická hornina, odpovídající svým složením hlubinnému syenitu. Obsahuje ortoklas a velmi malé množství

tmavých nerostů. Charakteristickou vlastností je zvonivý zvuk, který vydává při rozpadu. Nachází se v Českém středohoří, na Bezdězu či Kunětické hoře. Vzniká při sopečných výlevech nebo při utužení mělce pod povrchem jako alkalická hornina. Má šedozelenou barvu a využívá se jako kamenivo nebo pro výrobu tmavého průmyslového skla.



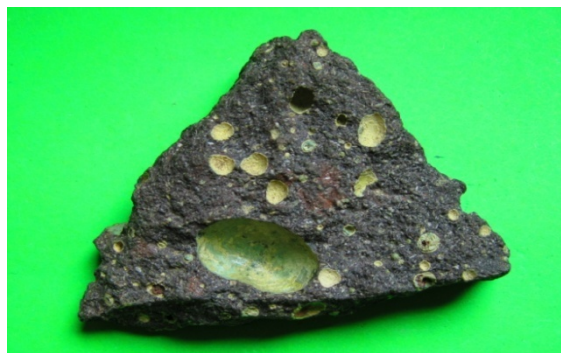
Obrázek 43 - Znělec

Znělec obsahující amfibol a bez výskytu sopečných skel se nazývá trachyt. Není možné ho rozeznat od znělce. Má také stejné využití jako znělec a obvykle i totožný výskyt.

Andezit je šedozelená až černá výlevná hornina skládající se z plagioklasů, amfibolu, pyroxenu a biotitu. Je jemně krystalický s obsahem sopečného skla a vyrostlíc živce. Vedle čediče je nejběžnější vyvřelou horninou na světě, tvoří pohoří Andy, ale i stratovulkány Vesuv a Etnu. Na Slovensku ve Štiavnických vrších je těžen jako kamenivo.

Čedič nebo těž bazalt je jedna ze dvou nejrozšířenějších sopečných hornin na světě. Skládá se z plagioklasů, augitu, olivínu a sopečného skla. Je tvořen z vystupujícího magmatu v oblastech hlubokých oceánských zlomů, riftových zón nebo horkých skvrn. Je ekvivalentem hlubinných gaber, je typický svou sloupcovitou odlučností a černošedou barvou. Využívá se v tavení pro tvorbu forem nebo jako kamenivo. Na našem území se vyskytuje v Doupovských horách, u Kumburku, na Troskách. V oceánech tvoří středoocéánské hřbety.

Melafyr (Obrázek 44) je prvohorní sopečná hornina, druh bazaltu, tvořená plagioklasy, augitem, olivínem, sopečným sklem. Je těžen pro lomový kámen v lokalitách u Košťálova u Semil nebo v okolí Nové a Staré Paky. Uvnitř mandlovcových dutin se vyskytují drahokamové odrůdy ametystu, achátu a olivínu.



Obrázek 44 - Melafyr

Starohorní čedič nebo také diabas se vyskytuje v Nížkém Jeseníku. Skládá se zejména z plagioklasu a augitu. Dalším starohorním alkalickým čedičem, bazaltoidem, je pak spilit nacházející se v okolí Příbrami a Kladna.

Vulkanická skla jsou vzácné horniny vznikající na okraji vulkanických hornin nebo z rychle ztuhlých kusů lávy. Vulkanická skla mají sklovitý lesklý charakter s lasturnatým

lomem a různým zbarvením. Podle jejich charakteru můžeme rozlišit například obsidián nebo pemzu. Obsidián byl historicky využíván jako materiál pro výrobu prvních zbraní v pravěku. Pemza, pěnovitá hmota s velkým množstvím porů, která může plavat na vodě, je využívána i dnes jako kamenivo do pórobetonu.

Pyroklastické horniny, nejznámější takovou horninou je tuf, tvoří přechodný článek mezi horninami vyvěřelými a sedimenty. Materiál tufů vzniká při prudkých erupcích, kdy je láva rozptýlena a vymrštna do okolí spolu s dalším materiálem. Láva ve vzduchu utuhne a dopadá na zem jako sopečný popel a prach. Tufy jsou vysoce porézní, tmavočervené až černé. Mohou se vyskytovat nezpevněné i pevné. Tufový materiál bývá často přepraven vodou a smísen se sedimenty, čímž vznikají tufity. Pyroklastické horniny se vyskytují ve všech sopečných lokalitách, na našem území například v Doupovských horách, na Kozákově nebo v Českém středohoří.

3.3 Usazené horniny

Usazené horniny nebo také sedimenty jsou horniny, které vznikají na místech zemského povrchu. Vznikají druhotně z dřívějších hornin, proto jsou označovány za druhotné horniny. Vznikají ukládáním reziduí předchozích hornin (Montgomery, 1997).

Hlavní fáze vzniku sedimentů jsou zvětrávání, přemístění - transport, uložení a vytrídění - sedimentace, zpevňování – diagenese (Janoška, 1999; Zeman, 1994, Habětín, 1973).

Zvětrávání je změna podmínek prostředí, kterým se hornina musí přizpůsobit. Rozlišujeme zvětrávání mechanické – změna teploty, krystalizace solí a eroze, chemická, biologická a antropogenní. Při mechanickém zvětrávání dochází k rozpadu horniny na menší části, odlupováním povrchových vrstev horniny vlivem mrazu, gravitačním odlamováním narušených hornin, rozpadem hornin činností kořenů rostlin, vrtavou činností živočichů, obrusem částicemi hornin nesených větrem. Při chemickém zvětrávání dochází ke změně chemického složení, rozpouštění sádrovců, solí, vápenců, karbonatizaci, hydrataci nebo oxidaci.

Transport a ukládání zvětralin je proces, při kterém se nejčastěji vodou přemísťují úlomky. Přenos probíhá nejčastěji v řekách, jezerech a mořích. Během transportu dochází k vytrídění materiálu na základě jeho velikosti a hmotnosti. Dalším typem transportu pak může být ledovcový transport nebo větrný. Transportem se úlomky zaoblují a zmenšují. Transport končí sedimentací.

Ukládání sedimentů může být kontinentální - říční, jezerní, pouštní či glaciální, nebo mořské – v mělkomořských a hlubokomořských pánvích. Mechanická sedimentace má za příčinu zmenšení unášecí schopnosti prostředí, kdy nastane usazování přebytečného

břemena. Při mechanickém usazování dochází nejprve k usazení největších kusů, následně menších až po štěrky, písky a jíly. Chemická sedimentace je pak založena na vysrážení rozpuštěných látek z roztoku. Biologická sedimentace je založena na působení organismů. Nejčastěji vznikají sedimenty ukládáním odumřelých organických zbytků, například vápence ze schránek měkkýšů, uhlí z kmenů rostlin, nebo vápence z korálových útesů (Montgomery, 1997).

Diagenese je proces vzniku sedimentárních hornin. Má čtyři základní fáze, kompakci - stlačování, cementaci - vyplnění tmelem, rozpouštění a rekrystalizaci. Podle geneze můžeme sedimentární horniny rozdělit do tří kategorií na klastické (úlomkovité) sedimenty, chemogenní (cementační) sedimenty a biogenní sedimenty. Stmelení, kompakce a cementace, je slepení nerostných a horninných částí k sobě pomocí tmele. Následně dochází ke stlačení pomocí sloupce vody a rekrystalizaci.

3.3.1 Vlastnosti usazených hornin

Sedimentární horniny se ukládají do vrstev a tvoří mohutná souvrství v České křídové tabuli. Vrstva je deskovité těleso odlišné od podloží i nadloží. Zvrstvení je uspořádání stavebních součástí do vrstev - paralelních či šikmých. Každá vrstva může mít různě velkou mocnost. Na základě mocnosti vrstev můžeme rozložit laminové zvrstvení – v řádu milimetrů, deskovité zvrstvení – v řádech centimetrů, či lavicové zvrstvení – v řádech decimetrů až metrů. Jednotlivé vrstvy se pak ukládají vodorovně, diagonálně nebo křížově (Adamovič, 2010).

Sedimenty se skládají z klastů - úlomků, matrix - základní hmoty a tmele – nejčastěji silikátového či železitého. Dominantními nerosty sedimentů jsou křemen a kalcit.

Základní struktury sedimentárních hornin jsou úlomkovité – klastické, krystalické a biomorfní – organogenní. Úlomkovité sedimenty rozlišujeme na základě velikosti úlomků na psefity – hrubě úlomkové horniny, psamity – písčité horniny (Obrázek 45), aleurity – prachové horniny a pelity – jílové horniny. Krystalické sedimenty jsou charakteristické pro chemogenní sedimenty. Organogenní jsou převážně vápence a hořlavé sedimenty (Adamovič, 2010, Janoška, 1999).



Obrázek 45 – Písčítý sediment - arkóza

Podle stavby, textury, sedimentů rozlišujeme sedimenty na drobné, viditelné pouhým okem či pod mikroskopem nebo velké

marotextury patrné až na velkých kusech horniny či odkryvech. Na základě vyplnění prostoru pak rozlišujeme texturu více či méně pórovitou. Pórovitost má velký vliv na propustnost nerostů a jejich schopnost zadržovat vodu. Mezi textury se řadí i souvrství. Pro veškeré sedimenty je pak typická rovnoběžná stavba, vrstevnatost (Zeman, 1994).

3.3.2 Systém usazených hornin

Usazené horniny jsou rozdělovány na základě několika kritérií do různých skupin. Rozděluje se na základě vzniku na sedimenty úlomkovité, chemogenní, organogenní. Sedimenty úlomkovité dále ještě rozděluje na základě jejich struktury a stupně zpevnění.

3.3.2.1 Úlomkovité sedimenty

Úlomkovité sedimenty nebo také klastické, třídíme na základě velikosti úlomků a jejich soudržnosti (Janoška, 1999).

Petrografický název	Velikost úlomku	Nezpevněný sediment	Zpevněný sediment
Psefit	větší než 2 mm	Štěrk Suť	Slepenec - oblé klasty Brekcie - ostré klasty
Psamit	2 až 0,063 mm	Písek	Pískovec Droba Arkóza
Aleurit	0,063 - 0,004 mm	Prach Spraš	Prachovec
Pelit	méně než 0,004 mm	Jíl	Jílovec Jílová břidlice

Tabulka 11 – Rozdělení úlomkovitých sedimentů

Hrubozrnné úlomky můžeme dle velikosti rozdělit do tří skupin – balvany, suť a štěrk. Balvany jsou uvolněné úlomky hornin, rezidua zvětralin, které jsou oblé a větší než dvacet centimetrů. Suť nebo také suťové kameny jsou menší než dvacet centimetrů. Suť můžeme rozdělovat na zaoblené valouny nebo oblázky a ostrohranné kusy hornin - hranáče. Opracováním hranáčů při transportu vzniká štěrk. Štěrk se pohybuje řádově ve velikostech milimetrů až centimetrů. Horninové složení těchto úlomků je závislé na okolním prostředí, nejčastěji se vyskytuje křemen, křemenec, žula, čedič, znělec, rula, svor a vápenec.

Brekcie je zpevněná hrubozrnná hornina vzniklá zpevněním hranáčů. Nejčastější výskyt brekcií je v místech osypů a pobřeží. Zde prošly velké hranáče diagenézí a vytvořily se zpevněné sedimenty.

Slepence (Obrázek 46) jsou zpevněné šterky a sutě. Skládají se z hrubozrnných úlomků, jejichž hlavním materiálem je zejména křemen nebo vápenec. Hlavními pojivovými tmely jsou křemičitý, vápenatý nebo jílový tmel. Tyto tmele určují soudržnost a barvu horniny. Například železité slepence pocházející z období permu se vyskytují v Podkrkonoší u Nové Paky. Vápenecové slepence tvoří okrajové části největších evropských pohoří Alpy a Karpaty.



Obrázek 46 - Slepence

Písek je sypká usazenina, tvořená úlomky do velikosti dvou milimetrů. Písek je volný jemný materiál různého původu. Základními stavebními materiály jsou křemen, slída a menší množství dalších minerálů. Křemen však v hornině výrazně převládá a jeho zrna mohou být různě zaoblena. Dle původu můžeme rozdělovat písky mořské, říční, váté a jezerní. Zbarvení písku pak ovlivňují příměsi, zejména oxidy železa. Písky se vyskytují v říčních naplaveninách, na pobřeží moří a jezer nebo v písčítých pouštích.

Pískovce jsou zpevněné písky. Na základě minerálního složení můžeme rozlišit pískovce, drobu a arkózu. Křemenné pískovce (Obrázek 47) z období křídý jsou těženy například v Podkrkonoší v Podhorním Újezdě nebo v Božanově. Arkózy (Obrázek 45) jsou u nás známé zejména z okolí obce Štikov. Zdejší Arkózy jsou permokarbonského původu. Arkóza má zvýšený obsah živců oproti křemennému pískovci. Droby pak mají oproti arkóze ještě zvýšený podíl jílovité složky. Jsou výlučně mořskými sedimenty hojnými v kambriu Železných hor či kulmu Jeseníků. Pískovce tvoří mohutná skalní města a kámen je těžen nejen na stavební, ale i na dekorační útvary.



Obrázek 47 – Různé druhy pískovce

Spraš je jemný prachový sediment větrného původu, sedimentovaný v periglaciálním období. Jeho minerální složení je závislé na horninách matečné oblasti, oblasti vzniku

prachu. Je tvořen křemenem, jílovými nerosty, živci, slídami a kalcitem. Barva spraše je žlutohnědá až hnědá a v suchém stavu vykazuje značnou soudržnost. Dnes jsou spraše nejčastěji překryty černozemí. Spraše překrývají rozsáhlá území například na jižní Ukrajině nebo v Číně. Na našem území můžeme spraše nalézt například v Podyjí nebo v moravských úvalech.

Prachovce tvoří zpevněné spraše a prach. Tvoří přechodový stupeň mezi pískovci a jílovci. Částice v prachovcích bývají spojeny chemogenním tmelem nebo rekrystalizovanou jílovitou hmotou. Jsou typickými sedimenty uhelných pánví, ale vyskytují se ve všech sedimentačních prostředích.

Mezi nezpevněné jílovité sedimenty můžeme zařadit hlíny, jíly, slíny a kaolín. Hlíny jsou sedimenty s nestejným obsahem jílových minerálů, písku a úlomků hornin.

Hlíny vznikly ze zvětralin na původním místě – eluviální hlíny, posunem jemných zvětralých částic ve svahu – deluviální hlíny, odvanutím spraší ve vlhkém klimatu – sprašové hlíny nebo naplavením vodou aluviální hlíny. Hlíny mohou nabývat různých barev, například žluté, okrové, načervenalé nebo tmavě hnědé.

Jíly jsou většinou tvořeny částicemi menšími než setina milimetru. Barva jílu je různá z důvodu příměsí, uhelné příměsí tvoří šedé jíly, kaolinické jíly jsou bílé, železité červené a chlorné nazelenalé. Na našem území se jíly vyskytují například v okolí Žatce a Loun. Kaolínové jíly pak můžeme nalézt v okolí Karlových Varů. Kaolínové jíly jsou specifické větším obsahem živců, vznikaly z hornin bohatých na živce. Pokud obsahuje jíl výraznou vápnitou příměs, nazývá se slín. Slíny tvoří větší tělesa ve Francii nebo na Sicílii.

Jílovce jsou zpevněné sedimenty s pelitickou strukturou, tvořené převážně zpevněným jílem. Mají šedočernou nebo šedožlutou barvu a jejich stavba je bez pórů. Pokud dojde k jejich výraznějšímu stlačení, tvoří jílovité břidlice. Zpevněný slín, tedy jíl s výraznou vápnitou příměsí, se nazývá slínovec.

Pokud slínovce obsahují písčité příměsí a jsou schopny se dělit na základě vrstev, nazýváme tyto sedimenty opuky. Opuky tedy tvoří zpevněný jíl, kalcit a písek, a mohou obsahovat zbytky organismů. Tento sediment s šedožlutou barvou tvoří základ podloží České tabule, zejména v okolí Hradecka, Pardubicka a Chrudimska. Opuka se velmi často využívá v kamenictví na dlažby a obklady, nebo jako stavební kámen.

Hlavní využití nezpevněných sedimentů je pro šterkování komunikací a jako kamenivo. Písky využíváme jako materiál pro tvorbu betonu a malty. Pískovec pak jako stavební a sochařský materiál. Jíly a jílovité břidlice využíváme pro tvorbu žáruvzdorných hmot, hlíny a spraše jako cihlářskou hmotu pro tvorbu stavebních cihel.

3.3.2.2 Chemogenní sedimenty

Chemogenní sedimenty vznikají vylučováním z vodných roztoků. Tato sedimentace může nastat v mořích, jezerech, řekách nebo na vývěrech minerálních pramenů. Nejběžnější chemogenními horninami jsou travertiny.

Travertin je odrůda sladkovodního vápence, vzniklá vysrážením kalcitu v místě vývěru minerální vody obohacené o hydrogenuhličitan vápenatý. Od vápence se liší jemnou vrstevnatostí a vysokou pórovitostí. Na základě obsahu příměsí má různé zbarvení. Můžeme rozlišovat pěnovec, vřídlovec a sintr.

Pěnovec vznikají v případě, že je ve vodě obohacené o uhličitán vápenatý přítomen ještě oxid uhličitý. Pokud je pak oxid uhličitý odebrán z roztoku, dochází k tvorbě malé vrstvy pěnovce. Pěnovec se často sráží na povrchu rostlin a menších organismů, čímž napomáhá jejich fosilizaci. Pěnovec můžeme najít například v okolí České Skalice nebo v krasových oblastech.

Vřídlovec je hornina, vznikající například v Karlových Varech při vývěru horké minerální vody. Vřídlovec není tvořen kalcitem, ale aragonitem. Sintr je podzemní chemogenní vápenec, který vytváří v jeskyních krápníky.

Travertin může vznikat i sedimentací z potoků. Příkladem takové sedimentace může být turecké Pamukale nebo chorvatská Plitvičká jezera a vodopády Krky. Na Slovensku se pak vyskytuje travertin v okolí Spišského Podhradí nebo u Bešeňové. Travertin se využívá pro dekorační a stavební účely. Travertin patří mezi leštitelné horniny.

Dalšími chemogenními sedimenty pak mohou být železné rudy jako hematit nebo limoniut, či sůl kamenná. Tyto horniny mohou vznikat sedimentací během vysychání mělkomořských pánví.

3.3.2.3 Organogenní sedimenty

Tyto sedimenty vznikají aktivní nebo pasivní účastí organismů. Některé horniny vznikají již za života organismů – korálové vápence, většina však až po jejich odumření a rozkladu.

Vápence (Obrázek 48) jsou nejhojnějšími organogenními sedimenty. Jejich nejpodstatnější složkou je kalcit, obvykle však v menším množství bývá přítomen i dolomit, křemen a živice látky. Čistý vápenec je tvořen téměř výlučně kalcitem, který pochází ze schráněk



Obrázek 48 – Čirý islandský vápenec

organismů. Jemnozrnný vápenec, který je složen ze schránek mořských živočichů se nazývá křída. Křída tvoří například Doverské útesy. Vápenec vytvořený korály najdeme zejména v místech, kde se dříve vyskytovala mělká moře. Korálový vápenec můžeme nalézt například u Austrálie nebo v Rudém moři. Nejběžnější vápence jsou šedobílé, ale mohou se vyskytovat i formy růžové, žluté, červené, modré nebo černé. Využíváme jej nejen k dekoračním účelům a jako stavební materiál, ale i jako surovinu pro výrobu cementu a vápna, nebo v hutnictví jako zdroj CO_2 . Na našem území se pak vápenec vyskytuje v krasových oblastech nebo v Pavlovských vrších.

Dolomit je sediment, jehož hlavní složkou je dolomit, ale obsahuje i minerály kalcitu a křemene. Dolomit je makroskopicky podobný vápenci, ale je tvrdší, odolnější a netvoří tak často krasové útvary. Tvoří obvykle celá pohoří jako Malou a Velkou Fatru, nebo Tyrolské Alpy. Dolomity se využívají na tvorbu žáruvzdorného materiálu nebo jako hnojivo.

Buližník (Obrázek 49) je organogenní usazená hornina, složená převážně z křemene a dalších forem oxidu křemičitého. Je zbarven tmavošedě od uhelnatých látek nebo růžově od krevele. Tato hornina má celistvou texturu a všesměrnou strukturu s vysokým obsahem křemenných žilek.



Obrázek 49 - Buližník

Buližník mohl vzniknout nahromaděním křemitých schránek prvoků, vyloučením oxidu křemičitého z mořské vody nebo může být vulkanického původu. Buližníky se hojně vyskytují ve středních Čechách v okolí Klatov, Berouna a Prahy.

Diatomity nebo také rozsivkové horniny vznikly sedimentací z křemitých schránek rozsivek v jezerních pánvích. Zpevněné horniny se nazývají leštivé břidlice – diatomit, nezpevněné jsou rozsivkové zeminy – křemelina. Křemelina se vyskytuje v Budějovicku a Třeboňsku a využívá se například v průmyslu jako plnidlo nebo pro výrobu výbušnin.

Kaustobiolity jsou hořlavé organogenní sedimenty, tvořené zejména odumřelými těly rostlin a živočichů. K jejich vzniku došlo v místech, kde k nahromaděným organickým zbytkům neměl přístup vzduch a bylo tím zabráněno hnilobnému rozkladu. Kaustobiolity rozdělujeme na dva základní typy - uhelné a živičné.

K sedimentaci uhelných kaustobiolitů docházelo v různých geologických obdobích zejména v říčních deltách nebo jezerech. Do této skupiny řadíme rašelinu, lignit, hnědé uhlí, černé uhlí a antracit. Tyto sedimenty vznikly prouhelněním, karbonifikací, kdy došlo

k postupné ztrátě vodíku a kyslíku. Aby karbonifikace proběhla, je nutná zvýšená teplota a tlak.

Rašelina se skládá z nahloučených odumřelých zbytků rostlin. Rozdělujeme ji na horskou rašelinu, vzniklou zejména z rostlinek rašeliníků a brusnic, a rašelinu nížinnou vzniklou z ostřic, rákosů a sítin. Proces vzniku rašeliny se označuje jako rašelinní. Významná rašeliniště na našem území jsou v Krušných horách, na Šumavě nebo v Krkonoších. Světová těžba rašeliny pak probíhá ve Skandinávii, v Pobaltí nebo v Kanadě. Rašelina se využívá v lázeňství, zahradnictví nebo jako topivo.

Uhlí rozlišujeme dle míry karbonizace na lignit, hnědé uhlí, černé uhlí a antracit. Kdy antracit (Obrázek 50) má největší obsah uhlíku, až osmdesát procent, černé pak více než sedmdesát procent. Černé uhlí a antracit vznikly v období karbonu v prvohorách z kapradin, přesliček a plavuní. Sedimentací byly vytvořeny mohutné sloje, sedimentární vrstvy, na Ostravsku a Kladensku, ve světě pak probíhá největší těžba v Číně, Austrálii nebo USA. Hnědé uhlí, s obsahem uhlíku přes padesát procent, vzniklo v třetihorách z listnatých dřevin, sekvojí a tisovců. Hnědé uhlí se na našem území nachází v Podkrušnohoří na Mostecku a Sokolovsku. Lignit je nejméně kvalitní prouhelněné uhlí, které vzniklo v neogénu z jehličnanů. Naleziště lignitu jsou například v Hodoníně a u Kyjova.



Obrázek 50 - Antracit

Mezi živičné kaustobiolity řadíme ropu, zemní plyn, asfalt a zemní vosk. Tyto sedimenty vznikly rozkladem měkkých částí těl planktonních organismů v mělkých šelfových mořích bez přístupu kyslíku. Přístupu kyslíku bylo zabráněno nejčastěji překrytím sedimentem. Charakteristickým znakem těchto uhlovodíků je jejich těkavost a nízká hustota. K tvorbě ložisek pak došlo pouze v lokalitách, kde bylo zabráněno přesunu usazenin nepropustnými jílovými vrstvami v nadloží.



Obrázek 51 – Přírodní asfalt s kusy vápence

Zemní plyny se skládají zejména z metanu, ropa je pak směs různých zkapalněných uhlovodíků. Ropa a zemní plyn se vyskytují velmi často na společných ložiscích například v Severním moři, v Perském zálivu nebo u Kaspického moře. Na našem území se nachází ropa a zemní plyn na jižní Moravě. Tato ropa pochází z neogénu. Asphalt (Obrázek 51) je pevný uhlovodík černé barvy tající přibližně při devadesáti stupních. Je hořlavý a lze jej získat i z ropy nebo uhlí. Naleziště přírodního asfaltu jsou například v okolí Mrtvého moře.

3.4 Metamorfované horniny

Metamorfované horniny nebo také přeměněné horniny jsou horniny, vzniklé během procesu metamorfózy. Metamorfóza je geologická přeměna hornin vlivem teploty a tlaku, případně působením chemických látek. Při metamorfóze se u původních hornin mění jejich nerostné složení, struktura a textura horniny i její chemické složení. Do metamorfních procesů nepatří proces diagenese sedimentů ani tavení při vzniku vyvřelin (Montgomery, 1997, Janoška, 1999).

Rozlišujeme tyto základní typy metamorfóz. Regionální metamorfózu, jinak známou jako oblastní přeměnu, a kontaktní metamorfózu, známou jako dotyková přeměna, metamorfózu dynamickou a šokovou (Habětín, 1973; Zeman, 1994; Janoška, 1999).

Regionální přeměna postihuje rozsáhlé komplexy ve velmi dlouhodobém časovém horizontu. Na plošně velkém území probíhá vlivem teploty, tlaku, chemických látek a času, doprovázeného často vrásněním. Nejčastěji sedimentární horniny přemění na regionálně metamorfované horniny. Vzniklé horniny se díky působení tlaku nazývají krystalické břidlice, protože zachovaly krystalickou strukturu a současně mají břidličnatou texturu. Hornina na přeměnu nereagovala jako celek, ale jako soubor vrstviček, díky prostupujícím pohybům se tedy vrstvičky vzájemně posunuly a vytvořily břidličnaté uspořádání.

Kontaktní přeměna postihuje malé oblasti v místech styku vyvřelin s jinými horninami. Tato přeměna je vyvolána především teplotou a je doprovázena působením chemických látek. Nejčastěji probíhá tato přeměna v úzkých zónách, které lemují styk s magmatickými horninami. Tyto zóny označujeme jako kontaktní dvory. Přeměněné horniny přecházejí pozvolna s rostoucí vzdáleností od kontaktního dvoru v horniny nepřeměněné. Intenzita přeměny pak závisí na teplotě magmatu, velikosti a tvaru vyvřelého tělesa, a vlastnostech okolních hornin.

Dynamická metamorfóza se projevuje v bezprostředním okolí zlomů zemské kůry, kde hlavním činitelem přeměny je tlak. Dochází zde zejména k drcení a stlačení hornin. Šoková přeměna je pak způsobena působením nesmírného množství energie. Takové množství energie může uvolnit například dopadající vesmírné těleso. Takto vytvořené horniny se nazývají tektity.

Metasomatóza je druh přeměny, k níž dochází působením horkých roztoků na horniny. Metasomaticky se nejčastěji tvoří z vápenců dolomity.

3.4.1 Vlastnosti metamorfovaných hornin

Minerální složení metamorfovaných hornin je velmi podobné vyvřelinám, hojně se vyskytují však i krystaly kalcitu a dolomitu. V daných horninách však nejvíce dominují křemičitany, zejména živce, slídy, amfiboly a pyroxeny.

Chemické složení metamorfovaných hornin je velmi kolísavé. Podle obsahu oxidu křemičitého lze rozdělit horniny na kyselé, bazické, ultrabazické. Složení pak odpovídá přibližně chemismu původních nepřeměněných hornin, ale může být ovlivněno i procesy látkové výměny, metasomatózy (Janoška, 1999).

Struktura přeměněných hornin je označována jako krystalo-blastická. Od krystalické struktury se liší zejména nedokonale vyvinutými krystaly, vytvořenými bez výrazné posloupnosti. Všechny krystaly totiž během metamorfózy krystalizovaly najednou a neměly dostatek prostoru pro dokonalou krystalizaci. Proces krystalizace se u metamorfitů označuje pojmem blastéza a jejím produktem jsou blasty.

Rozlišujeme pak dva základní druhy struktury: homeoblastickou a porfyroblastickou. Homeoblastická struktura je stejnoměrně zrnitá, všechny blasty jsou stejně velké. Porfyroblastická struktura je nestejně zrnitá, velké krystaly – porfyroblasty jsou obklopeny jemnější základní tkání. Podle tvaru blastů pak můžeme rozlišovat strukturu zrnitou, lupenitou nebo vláknitou. Zrnitá struktura, kterou má například mramor, je tvořena nepravidelnými zrny. Lupenitá struktura, již můžeme objevit u svoru, je tvořena lupinkovitými minerály. Vláknitá struktura, vyskytující se u některých amfibolitů, je tvořena sloupečkovitými nebo jehlicovitými minerály (Dudek, 1984).



Obrázek 52 – Paralelní textura u máskové břidlice

Textury metamorfovaných hornin jsou paralelní – rovnoběžné (Obrázek 52), podmíněné uspořádáním nerostů v jednom směru. Souhlasná orientace minerálů je způsobena orientovaným tlakem. Paralelní textura je příčinou deskovité odlučnosti těchto hornin. Deskovitá odlučnost u metamorfovaných hornin se nazývá břidličnatost (Dudek, 1984).

Růst šupinatých a sloupečkovitých krystalů způsobuje charakteristický znak zvaný lineace. Jedná se o uspořádání do linií, kdy se jedinci řadí paralelně do jednoho směru. Podobným znakem je foliace, kdy se však krystaly rozestupují do rovnoběžných vrstev. Foliace a lineace metamorfitů jsou sekundární vrstevnatosti. Vznikly až druhotně. Foliace a lineace pak podmiňují textury páskované a stébelnaté. Pokud se v hornině vyskytují porfyroblasty, hovoříme o textuře plástevnaté neboli okaté.

3.4.2 Systém metamorfovaných hornin

Třídění přeměněných hornin je nejednotné. Můžeme je třídit z hlediska jejich vzniku na ortobřidlice a parabřidlice. Ortobřidlice jsou magmatogenního původu, tedy vznikly z vyvěřelin. Parabřidlice jsou sedimentogenní, vznikly z usazenin. Další dělení je možné z hlediska jejich chemismu na kyselé, bazické a ultrabazické.

3.4.2.1 Ortobřidlice

Vznikly z vyvěřelin za různých podmínek, tlaku a teploty. Mezi kyselé můžeme řadit například ortorulu nebo granulit, k bazickým amfibolit a ultrabazickým serpentinit.

Ortorula (Obrázek 53) je hornina střední až silné regionální metamorfózy. Vzniká přeměnou granitů, granodioritů a porfyrů. Hlavními minerály jsou křemen, živec a slída. Vyznačuje se břídlíčnatostí a různými barvami od šedé přes žlutou až k červené. V krajině často tvoří rozsáhlé horninné komplexy a lokálně i skalní výchozy. Pro své



Obrázek 53 - Ortorula

příznivé technologické vlastnosti je možné ji využít pro stavební účely jako stavební kámen nebo jako surovinu pro výrobu šterku. Ortoruly tvoří masiv Mont Blanc, Vysoké Taury, Nízké Tatry, Schwarzwald nebo Pyreneje. Na našem území jsou důležitou součástí krystalinik. Například červené ruly Krušnohorské nebo šedé ruly v Orlických horách a Jeseníkách.

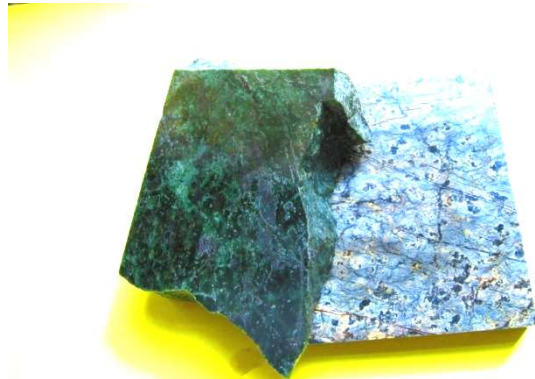
Horninou blízkou ortorule je granulit. Jedná se o kyselou horninu vysokého stupně metamorfózy, která vznikla v období prekambria pravděpodobně z žul a křemenných porfyrů. Nachází se například v Kanadě, Antarktidě, Skandinávii či Indii.

Amfibolity (Obrázek 54) jsou středně až silně regionálně přeměněné horniny, vzniklé přeměnou gabra a čediče. Jejich tvůrčími nerosty jsou amfibol, plagioklas, křemen a biotit. Je nutné rozlišovat ortoamfibolit, vzniklý metamorfózou bazických vyvřelin, s paraamfibolitem, který vznikl metamorfózou slínů. Oba typy amfibolitu však mají velmi podobné vlastnosti. Na našem území se amfibolity nacházejí v Orlických horách, u Mariánských Lázní nebo v Hrubém Jeseníku, kde se těží jako stavební kámen.



Obrázek 54 - Amfibolit

Hadec nebo také serpentinit (Obrázek 55) je tmavá černozeleň slabě metamorfovaná hornina s jemnozrnnou všesměrnou stavbou. Hadec není břidličnatý. Vzniká přeměnou peridotitu, olivínovce. Metasomaticky jsou nahrazeny nerosty olivínu a pyroxenu serpentinem a granátem. Serpentinity tvoří lokální masivy na jižní Moravě například u Moravského Krumlova, u Mohelna, kde jsou příčinou specifické vegetace hadcové stepi. Díky akcesoriím azbestu a dalších minerálů se využívá jako dekorační kámen.



Obrázek 55 – Serpentinit, leštěný a hrubý vzorek

3.4.2.2 Parabřidlice

Vznikají ze sedimentů regionální či kontaktní přeměnou. Mezi nejběžnější parabřidlice řadíme fylit, svor, pararulu, kvarcit a mramor.

Fylit (Obrázek 56) je jemnozrnná slabě metamorfovaná hornina přeměněná z jílových sedimentů. Hlavními minerály tvořícími fylit jsou křemen, muskovit a plagioklas. Na základě příměsí grafitu či chloritu může přecházet od černé, k šedé až nazelenalé barvě. Fylity mají výraznou deskovitou odlučnost, díky čemuž se využívají jako



Obrázek 56 - Fylit

střešní krytina nebo dekorační kámen. Fylity se vyskytují v Podkrkonoší u Železného Brodu, v Hrubém Jeseníku nebo v Krušných horách.

Svor (Obrázek 57) vzniká ze stejných hornin jako fylit ale výraznější metamorfózou. Vzniká tedy přeměnou jílovitých sedimentů, jeho základní nerosty jsou křemen a slída – muskovit. Hornina často obsahuje porfyroblasty granátů. Díky obsahu velkých šupinek slíd je hornina značně lesklá a má značnou břidličnatost. Na našem území se nacházejí v Českomoravské vrchovině, v Krušných horách na Klínovci nebo v Hrubém Jeseníku v Červenohorském sedle.



Obrázek 57 - Svor

Pararuly jsou středně až silně regionálně přeměněné horniny, vznikající přeměnou jílových nebo jílovopísčitých sedimentů. Chemickým složením se neliší od ortorul, tvůrčími nerosty jsou tedy zejména křemen, plagioklas a slídy - biotit a muskovit. Tvoří značně páskovaná břidličnatá tělesa. Pararuly jsou hlavní horninou tvořící Kanadský a Skandinávský štít. Nebo tvoří pohoří vzniklé regionální přeměnou jako například Skotskou vysočinu, Centrální masiv nebo Alpy. Na našem území jsou pararuly hojně zastoupeny například v Jeseníkách, Krušných horách nebo na Šumavě. Pro svou nízkou kvalitu se využívají jako méněcenný lomový kámen nebo nekvalitní šterk.

Kvarcit nebo též krystalický křemenec je regionálně metamorfovaná hornina tvořená zejména křemenem. Vznikla přeměnou křemenců a pískovců. Převaha křemene způsobuje velmi vysokou tvrdost horniny a její charakteristickou šedobílou barvu. Jsou běžnou horninou metamorfovaných lokalit. Na našem území se vyskytují například v Krkonoších – Kozí hřbety, v Ještědském hřbetu, v Jeseníkách nebo u Letovic na Moravě. Pro svou tvrdost se využívají jako stavební kámen.

Mramor (Obrázek 58) je hornina vznikající kontaktní nebo regionální metamorfózou dolomitů a vápenců. Proto se tedy používají často i konkrétní označení jako krystalický vápenec a krystalický dolomit. Tyto horniny jsou monominerální a vždy dominuje kalcit respektive dolomit. Na horninách není patrná foliace ani lineace, mramory mají střední, všesměrnou zrnitost. Čisté mramory jsou bílé, ale mohou se vyskytovat i modré, červené nebo nazelenalé. Užívají se k výrobě cementu a vápna, nebo jako stavební a sochařské kameny. Jejich významnou vlastností je



Obrázek 58 – Leštěný povrch mramoru

jejich leštitelnost. Také mramory mohou podléhat krasovým jevům a vytvářet jeskynní systémy. Na našem území se mramory nacházejí v okolí Sušic, Českého Krumlova, v Hrubém Jeseníku nebo na Králickém Sněžníku. Světová naleziště mramorů jsou například italská Carrara s bílým mramorem nebo Predazzo, řecký Pentelikon a Korint, Tyrolsko, himálájská Nangá Parbat nebo kalifornská Sierra Nevada.

4 Strukturní geologie

Strukturní geologie se zabývá studiem původních struktur geologických těles a jejich změnami, vzniklými tektonickými a jinými procesy. Geologické struktury zemské kůry nejčastěji rozdělujeme podle vzniku. Podle vzniku rozlišujeme primární a sekundární struktury (Habětín, 1973).

Primární struktury vznikly současně s horninami a nebyly postiženy pozdějšími deformacemi. Jsou to například tělesa žuly v zemské kůře, souvrství usazených hornin uložených v původním místě sedimentace nebo sopečná tělesa.

Mezi hlavní primární struktury sedimentů řadíme vrstvy. Více vrstev téže petrografické povahy se nazývá souvrství. Veškeré vrstvy uložené nad určitou vrstvou se nazývají nadloží a veškeré vrstvy pod určitou vrstvou tvoří podloží. Jednotlivé vrstvy jsou od sebe odděleny mezivrstevními spárami. Pokud se v souvrství nachází jiná hornina, označujeme tuto horninu jako vložku. Vložka uhlí se nazývá sloj, vložka rudních nerostů lože. Rozlišujeme souhlasné a nesouhlasné polohy souvrství. Souhlasné polohy dvou souvrství jsou tehdy, když v sebe dvě souvrství pozvolna přecházejí, jen se změnil charakter sedimentu. U nesouhlasných poloh není uložení stejné a sedimentace byla přerušena. Toto přerušení se nazývá hiát. Nesouhlasnou polohu může zapříčinit eroze spodního podloží, nebo změna směru či sklonu ukládaných vrstev.

Sekundární struktury vznikly při závěrečných fázích vzniku hornin, dodatečně působením fyzikálních a chemických změn v horninách nebo působením geologických činitelů. Příkladem sekundárních struktur mohou být tektonické poruchy: spojité – flexury a vrásy, nebo nespojité – zdvihy, poklesy a příkrovová nasunutí.

Tektonické poruchy jsou veškeré poruchy vyvolané endogenními činiteli. Rozlišujeme dva typy tektonických poruch – tangenciální a radiální. Tangenciální poruchy vznikají tlakem ve směru tečny k povrchu. Při tomto typu tlaku dochází k přesouvání nebo oddělení vrstev, či jejich nasouvání na sebe nebo oddálení. U radiálních poruch vznikají tlaky kolmo k zemskému povrchu. Tyto tlaky se projevují poklesem či zdvihem zemské kůry (Habětín, 1973).

Podle toho, zda došlo pouze k deformaci nebo k její poruše rozdělujeme tektonické poruchy na poruchy beze zlomu – poruchy spojité, a poruchy se zlomem – poruchy nespojité.

4.1 Spojité tektonické struktury

Spojité struktury, struktury kontinuální, vznikají deformováním prvotních struktur, ale nedojde k porušení jejich souvislosti. Spojité poruchy se vyskytují především v horninách plastických: jílovce, vápence a fylity, ale mohou se tvořit i v tvrdých a křehkých horninách jako rula a amfibolit. Tyto poruchy vznikají ve velkých hloubkách za vysokého tlaku a teploty, kdy se většina tvrdých hornin začíná chovat plasticky. Příkladem těchto spojitých poruch jsou poruchy radiální – ohyb a flexura, a poruchy tangenciální – vrásy (Janoška, 1999).

Ohyb je příkladem jednoduché tektonické poruchy, při které dochází k ohnutí vrstvy. Úhel mezi rameny ohybu je tupý. K ohybu dochází zejména ve vodorovně ležících vrstvách, pod nimiž poklesla část podloží.

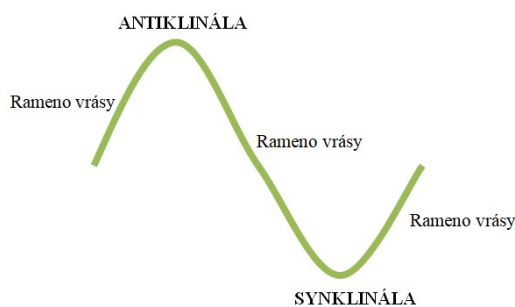
Flexura nebo také prohyb je kolenovité prohnutí vrstvy. Utváří se ve vodorovně uložených vrstvách, kde vzniká vlivem radiálních tlaků (Janoška, 1999). Příkladem flexury může být například Choceňská flexura (Obrázek 59).

Vrása je vlnovitě zprohýbaná vrstva vzniklá působením tangenciálního



Obrázek 59 - Ukloněné vrstvy pískovce - Choceňská flexura

tlaku. Skládá se z části vyklenuté vzhůru, prohnuté dolů a ze tří ramen (Obrázek 60). Část vyklenutá vzhůru se nazývá antiklinála nebo také sedlo, část prohnutá dolů je synklinála neboli koryto. Místo maximálního ohybu vrásy se nazývá zámek. Ze zámku vybíhají dvě ramena vrásy, která svírají meziramenní úhel. Nejvyšší místo vrásy se nazývá vrchol vrásy - sedla, nejnižší místo je pak spodina vrásy - koryta. Vrásové osy jsou pak spojnice všech vrcholů nebo koryt. Vrásové osy mohou být buď rovnoběžné nebo ukloněné (Montgomery, 1997).



Obrázek 60 - Vrása

Vrásy nemusejí vznikat jen tektonickým tlakem, ale i při magmatismu nebo metamorfováním hornin. Příkladem jsou vrásy v rulách nebo svorech Orlických hor, Jeseníků nebo Šumavy. Vrásy mohou nabývat různých velikostí a tvarů, mohou nabývat rozměrů od několika milimetrů až po několik kilometrů. Bývají často deformované, podle sklonu osní roviny rozlišujeme vrásy šikmé, překocené, ležaté nebo ponořené, podle tvaru pak například vějířovité, zalomené nebo hřibovité. Podle úhlu mezi rameny vrásy můžeme rozlišovat vrásy rozevřené, uzavřené nebo stlačené – izoklinální (Janoška, 1999).

Vrásy se někdy skládají z dílčích vrás, kdy podle vyklenutí rozlišujeme antiklinorium a synklinorium. Příkladem synklinoria může být tektonická stavba Barrandienu. Miskovité tektonické útvary rozlišujeme na brachyantiklinály a brachysynklinály. Brachyantiklinály jsou klenby a dómy, kde se vrásové vrstvy snižují směrem od středu k vnějším stranám. Brachysynklinály jsou pánve a mísy, kde se vnější strany mísovitě snižují směrem do středu. Příkladem brachyantiklinály může být skála Uluru v Austrálii, příkladem brachysynklinály může být Liberecká nebo Královedvorská kotlina (Janoška, 1999; Habětín, 1973).

4.2 Nespojité tektonické struktury

Nespojité tektonické struktury, struktury diskontinuální – ruptury, jsou poruchy souvislosti horninných těles. Způsobuje je tlaková deformace, která překračuje mez pevnosti horniny. Dochází tedy ke zlomení horniny a často i k jejímu posunu.

Puklina, diaklasa, je hojně rozšířená porucha ve všech druzích hornin. Nevzniká pouze tektonickými procesy, ale tvoří se i během vzniku horniny nebo při zvětrávacích procesech. U puklin nedochází k žádnému pohybu. Velká část pulin bývá často druhotně vyplněna hydrotermálními nebo magmatickými žilami (Janoška, 1999; Habětín, 1973).

Zlom či paraklasa je dislokace představující velké pukliny v zemské kůře, kdy došlo k pohybu jednotlivých ker. Plochy zlomu bývají narušené a rozlišujeme tektonická zrcadla, kdy došlo k ohlazení hornin, a rýhované plochy, kde došlo k drcení a přemletí hornin. Dvě části, které jsou od sebe rozděleny zlomy, se nazývají kry. Zlomy z hlediska velikosti rozdělujeme na zlomy lokální, regionální, hlubinné a planetární. Hlubinné a planetární zlomy mohou sahát až do astenosféry a rozdělovat litosférické desky, na našem území může být příkladem hlubinného zlomu zlom litoměřický. Vzhledem k poloze ker vůči zlomové ploše pak rozlišujeme kru nadložní a kru podložní (Habětín, 1973).

Rozlišujeme dva základní pohyby – pokles a zdvih. Při poklesu dochází k přesunu nadložní kry směrem dolů. Dochází k přerušování a oddálení tíž vrstev a vzniku sníženiny na zemském povrchu. Příkladem jsou Mostecká a Sokolovská pánev, jejichž kry poklesly podél krušohorského zlomu. Naopak pokud dojde k vyzdvižení podložní kry, mluvíme

o zdvihu. Pokud dojde k několika paralelním propadům či k poklesům okrajových částí, může se vytvořit xenomorfní hrást'. Při poklesu vnitřní kry se může vytvořit tektonický příkop, prolom nebo příkopová propadlina (Montgomery, 1997). Typickým příkladem příkopu, příkopové propadliny, je Kladská brázda, kterou jsou odděleny Orlické hory od Kralického Sněžníku nebo Boskovická brázda (Habětín, 1973).

Další nespojitou tektonickou zlomovou strukturou je přesmyk. Přesmyk je způsoben tečnými tlaky a dochází při něm k přesmyku nadložní kry přes kru podložní. V jednom místě vertikálního profilu tedy dochází ke zdvojení totožných vrstev hornin za vzniku vyvýšeniny na zemském povrchu. Zjednodušeně se jedna kra nasune na druhou kru. Pokud dojde k několika paralelním přesmykům, vytvoří se apomorfní hrást' (Janoška, 1999). Naše největší pohoří, jako jsou Krkonoše (Obrázek 61) nebo Jeseníky, vznikly právě vyzdvižením dílčí kry.

Zvláštním případem přesmyku je vrásový přesmyk. Na rozdíl od běžného přesmyku vznikl z vrásy. K přetržení vrásy došlo po jejím překocení, kdy došlo k přerušení středního vrásového ramene a následné pokračující deformaci vrásy.

Zvláštním druhem tektonických poruch se zlomem jsou příkrovy. Příkrovy jsou rozsáhlé komplexy hornin odloučených od svého původního podloží vrásněním a přesunuté na větší vzdálenosti. Rozlišujeme příkrovy vrásové a kerné. U vrásových příkrovů dochází k přesunu antiklinální části přes část synklinální. U kerných příkrovů dochází k přesunu celých zvrásněných komplexů podle starších zlomů (Montgomery, 1997).

U příkrovů rozlišujeme horninné podloží – autochton a hmotu nasunutého příkrovu – alochton. V místě vzniku příkrovu se nacházejí kořeny příkrovu a místo nejzazšího nasunutí je čelo příkrovu. Pokud dojde na některém místě k obnažení autochtonního podloží, nazýváme vzniklý otvor tektonickým oknem.

Vrásové příkrovy podléhají velmi snadno erozi. Postupující eroze příkrovu vede k vytvoření příkrovových bradel, což jsou izolované zbytky alochtonního příkrovu. Příkrovy se vyskytují ve všech pásemných pohořích, jako jsou například Himaláje, Alpy, Kavkaz, Pyreneje. Na našem území se podílejí na stavbě flyšových pohoří Západních Karpat, nebo v Hrubém Jeseníku či Krkonoších (Habětín, 1973).



Obrázek 61 – Vrcholky Krkonoš při pohledu od Labského dolu. Krkonoše vznikly kerným přesmykem.

5 Dynamická geologie

Tento vědní obor se zabývá působením vnitřních a vnějších činitelů na zemský povrch. Veškeré geologické procesy zemské kůry je pak možné rozdělit na vnitřní a vnější procesy způsobené vnitřními a vnějšími činiteli (Habětín, 1973).

5.1 Vnitřní geologické procesy

Vnitřní nebo také endogenní geologičtí činitelé vznikají v zemském nitru a vyvolávají pohyby a změny v zemské kůře. Na základě působení těchto činitelů pak rozlišujeme tři druhy endogenních geologických procesů zemské kůry: diastrofismus, magmatismus a metamorfismus (Habětín, 1973).

5.1.1 Diastrofismus

Jako diastrofismus označujeme pohyby v zemské kůře, které jsou vyvolány tlakem, napětím nebo gravitací. Rozlišujeme diastrofické pohyby pevninotvorné – epirogenetické a horotvorné – orogenetické (Habětín, 1973).

Pevninotvorné pohyby jsou pohyby dlouhotrvající, pomalé a většinou vertikálního směru. Projevují se pozvolným zdvihem nebo poklesem pevniny a s tím spojeným ústupem nebo vzestupem mořské hladiny. Důkazem těchto pohybů mohou být abrazní mořské terasy, stopy po činnosti mořských živočichů a podobně. Lokalitami, ve kterých jsou dané pohyby zřetelně patrné, jsou například břehy Skandinávie u Botnického zálivu nebo pobřeží Cejlonu (Montgomery, 1997; Janoška, 1999).

Pohyby horotvorné jsou rychlé a krátce trvající. Při těchto pohybech dochází k vyzdvižení a deformaci horniny a tvorbě rozsáhlých, vysokých a silně zvrásněných pohoří.

Diastrofickým pohybům se podrobně věnuje kapitola na téma litosférických desek a globální deskové tektoniky.

5.1.2 Magmatismus

Jako magmatismus označujeme veškeré jevy související se vznikem, výstupem a tuhnutím magmatu. Rozlišujeme magmatismus hlubinný – plutonismus a magmatismus povrchový – vulkanismus (Habětín, 1973).

Termínem magma se označuje žhavotekutá silikátová tavenina, která vzniká ve svrchní části zemského pláště, pravděpodobně v astenosféře. Vzniká tavením pevných hornin, které probíhá při různých teplotách v závislosti na přítomnosti vody. Vzniklá tavenina se pak shromažďuje v magmatických krbech, jejichž pozice je nejčastěji v místech rozhraní litosférických desek (Janoška, 1999).

5.1.2.1 Plutonismus

Podpovrchový magmatismus se na povrchu většinou neprojevuje. Při tomto procesu dochází k tvorbě těles magmatických hornin uvnitř zemské kůry. Plutonismus probíhá nejčastěji současně s horotvornými procesy.

Podpovrchová tělesa můžeme rozdělit do dvou skupin na hlubinná tělesa a podpovrchová tělesa. Hlubinná tělesa vznikají stovky až tisíce metrů pod zemským povrchem. Velikost a tvar těchto těles pak závisí na vlastnostech magmatu a stavu zemské kůry (Janoška, 1999; Habětín, 1973).

Největšími hlubinnými tělesy jsou plutony nebo batolity, v české literatuře známé také jako masivy. Jejich velikost je v řádech stovek až tisíců kilometrů čtverečných. Skládají se zejména z kyselých hornin, nejčastěji z žuly. Vytvářejí tělesa různých tvarů. Hranici tělesa tvoří kontaktní dvůr tvořený přeměněnými horninami vzniklými následkem výlevu žhavého magmatu. K obnažení a výstupu plutonu na povrch dochází nejčastěji vlivem eroze. Příkladem plutonu může být například moldanubický pluton, který je obnažen v oblastech Českomoravské vrchoviny, Šumavy a Českého lesa, nebo krkonošsko-jizerský pluton (Janoška, 1999).

Peň jsou hlubinná tělesa menších rozměrů tvořící zejména výběžky větších hlubinných těles. Jsou to zpravidla výběžky batolitů prstovitého tvaru s okrouhlým průřezem. Příkladem může být Sedmihorský peň na okraji kladrubského masivu.

Podpovrchová magmatická tělesa rozlišujeme na základě směru jejich uložení. Rozlišujeme tedy tělesa souhlasně uložená a nesouhlasně uložená.

Příkladem nesouhlasně uložených těles mohou být pravé žíly nebo sopouchy (Habětín, 1973). Pravé žíly jsou výplně puklin v zemských vrstvách. Tyto žíly mají většinou deskovitý tvar s velmi odlišnými a proměnlivými mocnostmi. Sopouchy jsou tělesa válcovitého tvaru tvořící přírodní kanály mezi magmatickým krbem a vulkánem. Na našem



Obrázek 62 – Lakolit tvořící Kunětickou horu na jejímž vrcholku je hrad Kuňka

území se vyskytují sopouchy většinou třetihorního stáří, kdy sopouchy prorážejí permokarbonské a křídové sedimenty.

Mezi souhlasně uložená tělesa řadíme lakolity (Obrázek 62) a ložní žíly – žíly nepravé. Lakolit je těleso bochníkovitého tvaru, k jehož utužení došlo těsně pod povrchem. Příkladem lakolitu může být Mariánská hora u Ústí nad Labem nebo Kunětická hora. Ložní žíly pak vznikly utužením magmatu v mezivrstevních spárách. Mají deskovitý tvar a neprotínají nadložní vrstvy (Habětín, 1973).

5.1.2.2 Vulkanismus

Termín magmatismus zahrnuje veškeré geologické procesy související s výstupem magmatu na zemský povrch. Magma vystupuje sopkami – vulkány na povrch. Žhavotekutá silikátová hmota je doprovázena výstupem dalších hmot ve skupenství plynném, tekutém a pevném.

Sopky jsou povrchovým projevem magmatismu. Každá sopka je spojena s magmatickým krbem, když dojde k nahromadění magmatu a překonání tlaku v nadloží, dojde k vzestupu magmatu a sopečné činnosti – výronu lávy. Magma vystoupivší na povrch vlivem vnějších podmínek natolik změní vlastnosti, že je označováno pojmem láva. Obecně můžeme sopky rozdělovat na činné (Obrázek 63) a vyhaslé. Činné sopky jsou spojeny s magmatickým krbem a jejich činnost se po nějakém čase opakuje. U vyhaslých sopek zanikla magmatická ohniska a sopky nejeví známky činnosti (Habětín, 1973).

Dle tvaru přívodního kanálu rozlišujeme sopky středové, čárové a plošné. Středové sopky mají kuželovitý tvar a s magmatickým krbem je spojuje válcovitý sopouch. Vnější ústí sopouchu bývá nálevkovité, tvoří kráter. Příkladem středových sopek může být Etna nebo Vesuv. V čárových nebo také lineárních sopkách vystupuje láva na povrch klidně hlubokými rozsedlinami a vytváří rozsáhlé příkrovy – tabulové sopky. Příkladem této činnosti může být vznik Dekkánské náhorní plošiny. Plošné sopky se v dnešní době již nevyskytují. K jejich vytvoření docházelo, když hlubinná tělesa protavila svůj plášť a magma se rozlilo na povrchu.



Obrázek 63 - Vesuv

Sopky produkují lávu, sopečný útržkový materiál a pyroklastické ignimbrity – sopečná mračna.

Na základě tvaru a struktury rozlišujeme různé lávy. Provazcovité lávy, vyskytující se na Havaji, nazývané pahoehoe. Tyto lávy jsou zásadité a mají malý obsah křemičitanů. Láva je málo viskózní, tedy je dobře tekutá, a při rozlévání tvoří rozsáhlé výlevné platformy a štítové sopky. Dalším typem je AA láva. Tato láva je kyselá a vysoce viskózní, proto je velmi špatně tekutá, kupí se a vede ke vzniku explozivních sopek. Balvanité lávy jsou zvláštním typem této taveniny. Vznikají při kontaktu lávy s chladnou vodou, vznikají tedy u dna moří. Láva rychle tuhne a vytvoří balvan se sklovitým povrchem. Láva se však dál vylévá a vnitřní tlak uvnitř balvanu narůstá. Dojde k prolomení balvanu a vytvoření nového. Tímto stylem vznikají celá balvanitá pole lávy. Podle místa vzniku se někdy tento druh lávy nazývá islandská láva a je typický pro oblasti oceánských riftů (Janoška, 1999).

Útržkový materiál, tvořený sopečnými vyvrženinami mohou představovat sopečné balvany, sopečné pumy nebo lapilly. Všechny tři druhy uvedených vyvrženin jsou různě velké kusy pevného rozžhaveného materiálu, vyvržené při erupci. Veškeré částice vyvržené sopkou, které dopadají na zemský povrch, nazýváme pyroklastika (Obrázek 64), (Janoška, 1999).



Obrázek 64 – Vyvržený pyroklastický materiál – popel a tuf

Z usazeného pyroklastického materiálu vzniká nejčastěji sopečný písek a prach, což jsou drobná lávová zrnka, krystalky různých nerostů a úlomky sopečného skla. Propojením a utuhnutím množství úlomků může dojít k vytvoření sopečné horniny – sopečného tufu. Tuf je vysoce porézní hornina tvořená sopečným prachem a popelem. Výron sopečného mračna samozřejmě provází i únik plynných vyvrženin, které tvoří například žhavé vodní páry, sirovodík, amoniak nebo oxid uhličitý (Habětín, 1973).

Na základě produkce různého materiálu rozlišujeme sopky efuzivní, explozivní a stratovulkány. Výbušné neboli explozivní sopky se projevují výbuchy a vznikem sypkého pyroklastického materiálu. Magmatický materiál je bohatý na plyny a páry. U těchto sopek dochází k mohutným výbuchům, ale nedojde k výtoku lávy. Produktem efuzivních sopek jsou krátery – maary. Tyto krátery jsou obvykle po výbuchu zatopeny vodou za vzniku maarového jezera. Příkladem mohou být maary v oblastech Eifel v Německu, nebo Ukinrek na Aljašce (Smolová a Vítek, 2007).

U výlevných sopek dojde k vylití lávy bez exploze. Láva se vylévá do prostoru a tvoří štítové sopky. Pokud se láva rozlévá do krajin, může tvořit příkrovy nebo lávové proudy. Jestliže lávový proud utuhne navrchu, ale ne v nitru, může se vytvořit sopečná jeskyně. Podobné jeskyně najdeme například na Madeiře nebo na Havaji. Příkladem

štítových sopek může být Kilauea nebo Mauna Kea na Havajských ostrovech, souostroví Galapágy nebo Islandské sopky.

Smíšené sopky střídají fázi výlevnou a výbušnou. Tento typ sopek nazýváme stratovulkány a je ze všech typů nejhojnější. Může je tvořit jednoduchý kužel nebo více propojených kuželů. Příkladem stratovulkánů může být Etna, Vesuv (Obrázek 65), Popocatepetl nebo hora Fudži. U stratovulkánů s dlouhodobou



Obrázek 65 - Kráter na vrcholku stratovulkánu Vesuv

sopečnou činností může dojít ke vzniku široké kotlovitě prohlubeniny s názvem kaldera. Tento útvar vzniká rozmetáním sopečného vrcholu a propadnutím stropu vyprázdněného magmatického rezervoáru. Příkladem kaldery může být ostrov Santoriny nebo sopka Krakatoa (Habětín, 1973).

Sopečné útvary mohou vznikat v riftových zónách na rozhraní litosférických desek, například Islandská sopka Hekla, v místě subdukce litosférických desek, například andské sopky Chimborazo, Cotopaxi nebo Ubinas, nebo nad horkými skvrnami, jako Havajské sopky, Kapverdské sopky nebo Galapážské sopky (Montgomery, 1997).

Po vulkanické činnosti často probíhají následné, postvulkanické jevy. Tyto jevy obvykle doprovázejí veškerou sopečnou činnost. Příkladem mohou být vývěry horkých vod, jako jsou gejzíry nebo vřídla. Vřídlo je činné nepřetržitě, naopak v gejzíru dochází k periodicky se opakujícímu vývěru horkých vod. Gejzíry se vyskytují na Islandu, na Kamčatce nebo na Novém Zélandu. Vřídla se nacházejí například v Karlových Varech nebo na Islandu.

Dalším postvulkanickým jevem mohou být úniky plynů. Plyny mohou unikat horké, například fumaroly nebo o síru obohacené solfatary, nebo jako chladné maximálně 40°C horké o oxid uhličitý obohacené mofety. Mofety vyvěrají i na našem území například ve Zbrašovských aragonitových jeskyních nebo v přírodní rezervaci Soos u Františkových Lázní (Habětín, 1973).

5.1.3 Zemětřesení

Zemětřesení je jedním z nejdynamičtějších geologických procesů. Jedná se o prudké uvolnění mechanického napětí nahromaděného v zemské kůře či svrchním plášti při tektonických procesech. Ohnisko zemětřesení, místo jeho vzniku, označujeme pojmem hypocentrum. Z tohoto místa se šíří uvolněné napětí v seizmických vlnách – příčných

a podélných všemi směry. Místo na povrchu, kde zemětřesné vlny dosahují největší intenzity, se označuje epicentrum. V tomto místě dosahují zemětřesné vlny největšího účinku a s rostoucí vzdáleností od epicentra se jejich účinnost snižuje (Janoška, 1999).

Dle vzniku zemětřesení pak rozlišujeme zemětřesení řítivá, vulkanická a tektonická. Řítivá zemětřesení nebo také závalová jsou vyvolána pohybem země – sesuvem, řícením stropů v podzemních dutinách a dolech, či odpalem munice. Vznikají drobná lokální zemětřesení, jejichž příkladem mohou být zemětřesení na Příbramsku, Karvinsku nebo Ostravsku. Vulkanická zemětřesení provázejí sopečný výbuch. Vyskytují se pouze v okolí sopečných těles a jejich rozsah není velký. Tektonická dislokační zemětřesení jsou nejhojnější, nejrozsáhlejší a nejničivější. Vyznačují se náhlými a krátkodobými pohyby zemské kůry v místech puklin a zlomů (Habětín, 1973).

Na planetě rozlišujeme místa seizmická s častými zemětřeseními, peneseizmická a aseizmická, kde se zemětřesení téměř vůbec nevyskytují. Mezi aseizmické oblasti můžeme řadit například Baltský, Sibiřský nebo Kanadský štít či Ruskou tabuli. Naopak hojně se zemětřesení vyskytují například v Japonsku, Indonésii, Kordillerách, Andách nebo ve Středozemním moři (Habětín, 1973).

Přístroje, které zaznamenávají intenzitu zemětřesení, jeho trvání a vzdálenost od epicentra, se nazývají seizmografy. Pro určení síly zemětřesení se používá desetistupňové RichtEROVY stupnice.

5.1.4 Metamorfismus

Metamorfismus je soubor procesů způsobujících přeměnu hornin. Tyto procesy probíhají zejména ve spodních částech zemské kůry. Příčinou metamorfózy jsou změny fyzikálních a chemických podmínek, jimž se horniny přizpůsobují (Montgomery, 1997).

Rozlišujeme metamorfismus kontaktní, dislokační a regionální. Kontaktní metamorfismus probíhá pomocí zvýšené teploty magmatu a dochází k chemické přeměně hornin a změně jejich textury a struktury. Kontaktní přeměna je pouze lokální a probíhá bezprostředně v okolí magmatických těles. Dislokační metamorfismus probíhá na základě tektonického tlaku. Dochází zejména k mechanickým změnám hornin v lokálním okolí poruchových pásem. Regionální přeměna probíhá na základě zvýšené teploty a zvýšeného všesměrného nebo orientovaného tlaku. Dochází ke změnám velkých částí zemské kůry (Janoška, 1999).

Je možné rozlišovat tři pásma přeměny. Okrajové pásmo, ve kterém nedochází k přeměně, střední pásmo s přeměnami středního a nižšího stupně, a vnitřní pásmo, ve kterém probíhá přeměna vyšších stupňů.

Metamorfismus je důkladně popsán ještě v kapitole metamorfované horniny.

5.2 Vnější geologické procesy

Působením vnějších - exogenních geologických činitelů za přispění zemské gravitace probíhají na zemském povrchu změny. Vnější činitelé působí rušivě i tvořivě. Mohou způsobit rozrušení povrchu, odnos a obnažení zemského povrchu a usazení nových vrstev hornin.

Vědní obor zkoumající tvary na zemském povrchu se nazývá geomorfologie. Zkoumá nejen procesy jejich vzniku, ale i rozmístění na zemském povrchu.

Rozlišujeme procesy zvětrávání, činnost gravitace, vody, moří a jezer, ledovců, vzduchu a organismů.

Tato kapitola byla vytvořena na základě publikací Atlas pískovcových skalních měst České a Slovenské republiky (Adamovič, 2010), Obecná geomorfologie (Demek, 1987), Geologické vědy (Habětín, 1973), Atlas skalních, zemních a půdních tvarů (Rubín, 1986) a Základy geomorfologie: vybrané tvary reliéfů (Smolová a Vítek, 2007).

5.2.1 Zvětrávání

Zvětrávání je systém pochodů vedoucí k rozpadu minerálů a hornin. Produktem tohoto procesu jsou zvětraliny. Příčiny vzniku zvětrávacích pochodů jsou v atmosféře, hydrosféře a biosféře. Rozlišujeme dva základní druhy zvětrávání fyzikální – mechanické zvětrávání a chemické zvětrávání.

Mechanické zvětrávání způsobuje rozpad původních hornin na menší části beze změny původního chemického složení a vnitřních struktur. Příčinou mohou být teplotní oscilace vedoucí k rozpínání a smršťování skalního povrchu. Tyto změny objemu mohou způsobit exfoliaci neboli odzrňování vnějšího povrchu horniny. Nejvýrazněji tento proces probíhá v místech, kde jsou teplotní výkyvy nejvýraznější, například na pouštích.

Mrazové zvětrávání neboli kryogenní zvětrávání je zvětrávání působením mrazu. Působením mrazu se zvětší objem vody a led působí na okolí tlakem, až dojde na mrazové tříštění. Tento proces se nazývá kongelifrakce nebo také gelivace. Je to nejvýraznější zvětrávací činitel v období zimy a jara. Běžně probíhá v Krkonoších, Jeseníkách nebo Krušných horách. Tyto pochody mají za důsledek uvolnění kamenů, čímž mohou způsobit mrazem zarovnané kryoplanační terasy. Příkladem takové terasy může být například Luční Hora v Krkonoších.

Dalším příkladem mrazového zvětrávání je mrazový srub. Tento útvar je charakteristický svislou skalní stěnou, pod níž se nachází mírně skloněná plošina složená s ostrohranných hranáčů. Příkladem mrazového srubu může být Violík v Krkonoších.

Kamenné moře (Obrázek 66) je pak označení pro rozsáhlejší akumulaci velkých ostrohranných balvanů na temenech horských hřbetů. Tyto akumulace vznikly mechanickým zvětráváním hornin. Příkladem kamenných moří mohou být kamenné hřbety – Velké kolo v Krkonoších nebo Orlických horách.



Obrázek 66 – Kamenné moře v Krkonoších

Chemické zvětrávání způsobuje rozklad chemických vazeb a krystalických struktur a zároveň podněcuje tvorbu odlišných vazeb a nových struktur. Tyto procesy se uplatňují zejména ve vlhkých a teplých zemských oblastech. Produkty chemického zvětrávání jsou málo mechanicky odolné. Tyto procesy jsou vyvolané působením vody a atmosférických plynů.

Rozlišujeme tři základní procesy chemického zvětrávání – hydrataci, hydrolýzu a rozpouštění.

Některé horniny či minerály jako například halit nebo kalcit jsou dobře rozpustné v dešťové vodě. Vzniká slabá kyselina uhličitá, která rozpouští vápenec a tvoří nové horniny.

Hydratace je proces, kdy se z bezvodých minerálů - anhydritů stávají vodnaté minerály. Dochází k strukturálním změnám ve stavbě krystalů. Příkladem hydratace může být hydratace hematitu na hydroxid železitý a následně limonit.

Hydrolýza je proces vedoucí k rozpadu struktury minerálu působením vody. Tento proces probíhá v podmínkách teplého a vlhkého klimatu, zejména v tropických oblastech. Příkladem hydrolýzy může být laterizace, vznik bauxitu, nebo kaolinizace, vznik kaolínu.

Tvary vzniklé zvětrávacími procesy rozlišujeme na základě materiálu, ve kterém vznikly. Tři základní typy reliéfu, ve kterých probíhá zvětrávání, jsou pískovcový reliéf, žulový reliéf a reliéf krasových hornin.



Obrázek 67 – Skalní město Hrubá Skála

Nejrozsáhlejším tvarem zvětrávacího reliéfu v pískovcích jsou skalní města (Obrázek 67). Tyto rozsáhlé útvary vznikly zvětráváním pískovcových tabulí a ukloněných kuest podél puklin. Tímto zvětráváním došlo ke vzniku skalních věží a dalších menších tvarů

reliéfu. Příkladem našich skalních měst mohou být Broumovské stěny, Hruboskalsko, Adršpašsko-teplické skály, Ostaš, Kokořínsko nebo Národní park České Švýcarsko.

Zvětráváním některých méně kvalitních vrstev pískovců může dojít ke vzniku skalních oken (Obrázek 68), skalních bran či skalních hřibů. Skalní okna můžeme nalézt například na Hrubé Skále, skalní bránu pak v Českém Švýcarsku – Pravčickou bránu.



Obrázek 68 – Skalní okno

Detailními tvary na povrchu skalních stěn pak mohou být oválné dutinky – voštiny, větší nepravidelné dutiny – tafoni, nebo skalní hodiny. Voštiny a tafoni vznikly pravděpodobně chemickým zvětráváním – srážením křemitého tmele a krystalizací solí. Procesy vzniku těchto útvarů nejsou však zcela plně objasněny a na jejich vzniku se může podílet více odlišných procesů chemického zvětrávání.

V žulovém reliéfu rozlišujeme několik specifických tvarů. Běžným prvkem žulového reliéfu jsou oblé exfoliační klenby. Postupně docházelo k odštěpení povrchových desek a zaoblení tvaru. Příkladem exfoliační klenby může být Kraví hora v Novohradských horách, Žulovská pahorkatina nebo útvary v Yosemitekém NP.

Druhým obvyklým prvkem patrným v žulovém reliéfu je kvádrová odlučnost (Obrázek 69) a vznik žulových skalních věží – torů. Kvádrovitá odlučnost je například dobře patrná v Labském dole na Pančavské skále. Tory jsou pak vytvořeny zejména mrazovým a chemickým zvětráváním a můžeme je najít v Krkonoších – dívčí a mužské kameny, nebo Poutníci v Polsku.



Obrázek 69 – Kvádrová odlučnost žuly u Pančavského vodopádu

Dalšími žulovými útvary pak jsou viklany – Husova kazatelna na Sedlčansku nebo Tvarožník v Krkonoších, skalní mísy – Čertova studánka v Jizerských horách či Krkonoších, nebo tafoni.

Tafoni se vyskytují nejen v pískovcích ale i v žulách. Původní popis tohoto útvaru pochází z Korsiky a Sardinie. Na našem území se nacházejí například na Perníkovém vrchu na Šumavě.

V krasových horninách, zejména vápenci a dolomitu, vznikají specifické útvary zvané krasové jevy. Ve snadno rozpustných horninách vznikne slabá kyselina uhličitá, která rozpouští vápenec a tvoří hydrogenuhličitan vápenatý, který je pak s vodou odnášen.

Kapky vody s rozpuštěným hydrogenuhličitanem v dutinách padají k zemi nebo se vypařují u stropu. Pokud dojde k vypaření u stropu, dochází ke vzniku sintrových útvarů. Proces působení vody na vápenec se nazývá krasovění.

Krasové útvary můžeme rozdělit na povrchové a podzemní. Mezi povrchové útvary patří škrapy a závrtky. Škrapy vznikají na vápencovém povrchu, kdy stékající dešťová voda rozpouští vápenec a vytváří různě hluboké rýhy. Někdy je možné vytvoření celých škrapových polí, například Pálava nebo Velký Špičák.

Závrtky jsou miskovité nebo nálevkovité prohlubně vzniklé rozpuštěním horniny v místě intenzivního vsaku srážkové vody. Pokud v místě závrtu dochází k vnikání vodního toku do podzemí, hovoříme o ponoru. Tam kde vodní tok opouští podzemí, se nachází vývěr. Tok, na kterém dochází k ponoru, se nazývá ponorným tokem, příkladem takové řeky je Punkva v Moravském krasu.

Pokud závrt při svém prohlubování proboří strop jeskyně nebo dómu, dojde ke vzniku propasti. Příkladem takových propastí na našem území je Macocha nebo Hranická propast.



Obrázek 70 - Krápníková výzdoba jeskyně – Boskovské dolomitové jeskyně

Mezi podzemní útvary tvořené krasovými jevy patří jeskyně. Jeskyně jsou podzemní prostory vyhloubené proudící vodou. Velmi často v nich protékají právě ponorné řeky. Příkladem oblastí s krasovými jeskyněmi jsou Moravský kras, Hranický kras a Český kras.

Pod zemským povrchem na stěnách krasových dutin dochází ke vzniku specifických útvarů, speleotomů. Tyto útvary vznikají vysrážením uhličitanu vápenatého. Tyto útvary někdy také nazýváme sintrové útvary (Obrázek 70). Z těchto útvarů rozlišujeme zejména krápníky a náteky. Visící krápníky jsou stalaktity, od spodu rostoucí krápníky jsou stalagmity (Obrázek 71) a spojením těchto dvou útvarů vznikají stalagnáty. Náteky jsou povlaky na stěnách a můžeme rozlišovat záclony, misky nebo kaskády.



Obrázek 71 - Krasová výzdoba Boskovské dolomitové jeskyně - stalagmit

Zvláštním typem krasového útvaru jsou kaňony nebo soutěsky. Tato údolí vytvořená říčními toky se v Moravském krasu označují jako žleby. Příkladem může být Punkevní žleb v Moravském krasu, který vytvořila svou erozní činností řeka Punkva.

5.2.2 Geologická činnost gravitace

Gravitace je základní silou, která na tělesa působí. Tato síla se uplatňuje zejména na svazích. Nejvíce patrné jsou pak projevy gravitace v oblastech, kde není přítomen vegetační pokryv. Gravitace působí zejména proti rovnováze a soudržnosti hornin. Pokud je rovnováha narušena například zvýšením množství vody v hornině, může dojít ke svahovým pohybům.

Svahovými pohyby označujeme přesuny hornin z vyšších poloh do nižších vlivem zemské tíže. Svahové pohyby mohou být velmi pomalé a patrné až po delším působení. Příkladem pomalých pohybů mohou být vzniklé osypy z drti a úlomků podél skalních stěn nebo suťové kužele v úžlabinách.

Nejrychlejším svahovým procesem je skalní řízení. Tento proces probíhá na příkrých skalních stěnách. Nejčastěji dochází ke skalnímu řízení z jara vlivem mrazového zvětrávání. Příkladem mohou být Prachovské skály, Hřensko nebo České středohoří.

Mury jsou pohyby suťových proudů účinkem vody, která vyplní prostory mezi sutí v erozních rýhách. Erozní rýhy jsou ve vysokých horách, jako jsou Krkonoše, Jeseníky nebo Alpy, zaplněny sutí a bahnem. Do doby než se meziprostory naplní vodou, nedochází k pohybu. Po překonání meze soudržnosti se však veškerý materiál v erozní rýze uvede do pohybu. Příkladem muru mohou být sesuvy na Studniční hoře nebo v Obřím dole.

Sesuvy se projevují účinkem povrchové a spodní vody. Suť na jílovitých a slinitých horninách se za silných dešťů dává do rychlého pohybu. Tyto sesuvy nemusejí být pouze suťové, ale může dojít i k bahenním proudům. Podle tvaru sesuvu pak rozlišujeme plošné nebo proudové sesuvy. Na našem území dochází k sesuvům nejčastěji v Českém středohoří nebo ve flyšových pohořích Západních Karpat. Důkazem minulých sesuvů může být například opilý les u Drábských světniček nebo hráz Mladotického jezera.

Zvláštním případem gravitačních pohybů je pak půdotok – soliflukce. Tento pohyb uvolněné kašovité, rozbředlé půdy po promrzlém podkladu je typický pro polární krajiny.

Při vulkanické činnosti pak může docházet ke vzniku laharů. Lahary jsou velmi silné bahnotoky, vzniklé rozvodněním sopečného popela vodou z tajících ledovců překrývajících vulkán.

5.2.3 Geologická činnost ledovců

Ledovcová činnost utváří ledovcové, glaciální tvary. Ledovec netvoří led ale stlačený sníh. Na horách se vytvoří vrstva sněhu, ve které dochází k vrstvení. Jednotlivé vrstvy se stlačují a vlivem vertikálního tlaku dochází ve spodních vrstvách k překrystalizování sněhu a tvorbě firnu. Jednotlivá zrníčka firnu se následně propojí a vznikne ledovec.

Ledovce podle jejich výskytu a forem rozlišujeme na horské, náhorní a pevninské. Horské ledovce alpského typu (Obrázek 72) utvářejí ledovcové splazy, které vycházejí z místa svého původního ložiska. Horské ledovce bývají značně dlouhé, dnes se však vyskytují již jen ve vysokých horách. Příkladem horského ledovce je například Aletschský ledovec v Alpách.



Obrázek 72 – Molltaler Gletscher – horský ledovec

Náhorní ledovce jsou ledovce norského nebo také skandinávského typu. Vznikají na náhorních planinách, odkud ledovec vysílá splazy do okolních údolí. Příkladem jsou ledovce na Islandu nebo Špicberkách. Tento druh ledovce tvoří přechodové stádium mezi horskými a kontinentálními ledovci.

Pevninské, nebo také kontinentální ledovce jsou ledovce o obrovské mocnosti, které pokrývají celé pevniny. Příkladem takových ledovců jsou ledovce v Grónsku nebo na Antarktidě.

Místo, kde dochází ke vzniku horského ledovce, se nachází v horních částech horského údolí a nazývá se kar. Kar respektive cirk nebo také ledovcový kotel je ploché údolí s ostrými stěnami. Z karu sjezdí ledovec do údolí, které přetváří a prohlubuje. Svým pohybem vytváří neckovité ledovcové údolí zvané trog (Obrázek 73). Boční údolí, která ústí do prohloubeného trogu, mají všechna svá dna ve vyšších polohách než je dno hlavního trogu, proto je nazýváme visutá údolí.



Obrázek 73 - Ledovcové údolí - trog

I na našem území se vyskytovaly ledovce. Příkladem karů jsou Kotelní nebo Sněžné jámy, trog je pak například Obří nebo Labský důl. Ve vysokých horách jsou cirky a trogy rozšířenými útvary. Zvláštním případem trogu je pak fjord, kde došlo po ústupu ledovce k zatopení dna údolí.

Ledovec neprovádí pouze rušivou činnost, ale krajinu i přetváří a tvoří nový reliéf. Příkladem nově vytvořených útvarů jsou morény. Tyto akumulární útvary jsou vytvořeny z úlomkovitého materiálu nahromaděného pohybujícím se ledovcem. Rozlišujeme boční, střední, spodní a čelní morény. Boční, postranní morény lemující ledovcový splaz z boku, vznikají z postranních úlomků údolních svahů. Střední moréna vzniká splnutím dvou splazů a spojením jejich bočních morén. Spodní moréna se vytváří vespod ledovce z rozdrčeného materiálu pod ledovcem. Čelní moréna se pak tvoří v místě odtávání ledovce. Po odtání ledovce se za touto morénou mohou vytvořit ledovcová jezera, jako například Lago di Garda v Alpách nebo Černé a Čertovo jezero na Šumavě.

Činnost pevninského ledovce je zejména deterzivní, ohlazuje a vyrovnává krajinu. Kontinentální ledovec nevytváří kary nebo trogy, ale tvoří oblá návří – oblíky. Tyto oblíky byly ledovcem obroušeny a zarovnány.

V některých místech byly morény vodní činností rozrušeny a zůstal pouze hrubý materiál. Takovým velkým balvanům, které byly na cizí území přivlečeny ze Skandinávie a svým složením neodpovídají místním horninám, říkáme bludné balvany (Obrázek 74). Na našem území



Obrázek 74 – Bludné balvany Pobaltí

nalezeme bludné balvany na Krnovsku a Ostravsku. Velké bludné balvany se vyskytují v Polsku nebo Pobaltí.

5.2.4 Geologická činnost podzemní vody

Podzemní vodou označujeme vodu rozptýlenou v pórech a dutinách hornin, kam se dostává vsakem vody povrchové ze zemského povrchu. Tato voda je obohacena o rozpuštěné minerály. Akumulace podzemních vod probíhá nejčastěji v porézních horninách, jako jsou šterky, písky, pískovce a zvětralé horniny. Naopak mezi vodě nepropustné vrstvy, horninové izolátory, řadíme jíly a jílovce. Hladina podzemní vody se nejčastěji vyskytuje v hloubce třiceti metrů, ale nebývá pravidelná, je závislá na reliéfu zemského povrchu a rozmístění jednotlivých horninných těles. Například ve sníženinách se může hladina podzemní vody nacházet blíže povrchu, nebo dokonce vystupovat na povrch.

Místa, kde dochází k přirozeným výtokům podzemní vody, nazýváme prameny. Rozlišujeme je do dvou skupin, na prameny vzestupné a sestupné.

Mezi vzestupné prameny řadíme prameny vrstevní, zlomové a artéské. U těchto pramenů voda vystupuje k prameništi mezi dvěma nepropustnými vrstvami vlivem hydrostatického tlaku, efektu spojených nádob. U tohoto typu vrstevního pramene voda vystupuje propustnou vrstvou mezi dvěma pánovitě uloženými nepropustnými sedimenty. U zlomových pramenů voda stoupá podél zlomu ze zvodněných vrstev. Artéské prameny mají vodní hladinu uzavřenou nepropustnými vrstvami. Pokud dojde k navrtání nepropustných vrstev nadloží, voda ve vrtu vystupuje vzhůru nebo vystřikuje na povrch. Artéské prameny se vyskytují například v české křídové pánvi.

U sestupných pramenů voda sestupuje k prameništi po ukloněné nepropustné vrstvě. Tyto prameny mohou být vrstevné, suťové, údolní nebo přetékavé. Vrstevní prameny sestupného typu jsou příznačné výstupem pramene na rozhraní propustných a nepropustných vrstev. Suťové prameny vytékají z pod rozsáhlých, vodou nasáklých suťových polí na nakloněném nepropustném podkladu. Pramen údolní vytéká jako vrstevní nebo suťové prameny z obou stran údolí. Přetékavé prameny pak vznikají v místech synklinálního zvlnění nepropustných vrstev.

Na základě obsahu rozpuštěných látek pak můžeme rozlišovat různé minerální vody, jako jsou kyselky, železnaté vody, sirné vody nebo slané vody. Podle teploty pak rozlišujeme studené, teplé nebo horké prameny.

5.2.5 Geologická činnost povrchové vody

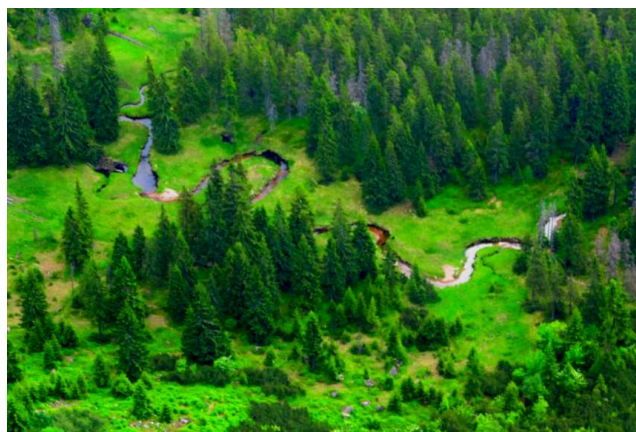
Povrchová voda je hlavním erozním a modelačním činitelem zemského povrchu. Největší účinnost je na skalním podloží vybudovaném z měkkých hornin, zejména sedimentů.

Erozní účinky povrchové vody způsobené energií dešťových kapek nazýváme ron. Stékající voda pak vytváří ronové rýhy a stružky. Při absenci vegetace, větším sklonu svahu nebo na nezpevněném podloží mohou vytvářet až menší údolí a obnažovat skalní podklad. Tento typ eroze způsobil vznik skalnaté krajiny po odstranění rostlinného pokryvu ve Středomoří.

Dalšími příklady eroze způsobené dešťovou vodou jsou zemní pyramidy, skalní věže nebo stolové hory. Tyto útvary vznikají erozí méně odolných vrstev pod svrchní odolnou vrstvou. Zemní pyramidy jsou kuželovité útvary, jejichž vrchol kryje erozi odolný balvan. Skalní věž pak vzniká podobným procesem, jen nemá tvar kužele, ale sloupu. Kuesta a stolové hory jsou stejný typ eroze, pouze však na rozsáhlejších územích. Kuesta vzniká z ukloněných vrstev, naopak stolová hora na vodorovném sedimentu.

Povrchová voda odtéká ze zemského povrchu potoky a řekami a vytváří říční síť. Činnosti říční sítě můžeme rozdělit na vymílání, odnášení a usazování. Vymílání neboli

erozi rozlišujeme na hloubkovou, kde dochází k prohlubování koryta, a boční, postraní erozi, kde dochází k vymílání koryta do stran zejména v meandrech. Meandry (Obrázek 75) jsou říční zákruty skládající se s částí jesep a výsep. Jesep je část, kde dochází k akumulaci, nanášení sedimentu. Výsep je nárazové místo kde dochází k vymílání. Pokud dojde ke zvýšené erozi a propojení meandrů může dojít k vytvoření slepých ramen a opuštěných meandrů. Rozlišujeme meandry volné, které meandrují nezávisle na tvaru údolí – Labe na horním toku, nebo meandry zaklesnuté, kde meandruje celé údolí – Dyje v národním parku Podyjí.



Obrázek 75 – Volné meandry řeky Labe v Labském dole

Vývoj říčního údolí je značně odlišný vzhledem k výškovému rozdílu

mezi prameništěm a ústím a na jejich

horizontální vzdálenosti. Tvar údolí pak určuje zejména erozní a akumulární činnost vodního toku. Rozlišujeme horní, střední a dolní tok řeky.

Horní tok má prudký spád, kde dochází zejména k hloubkové erozi. Údolí je ostře zaříznuté a má tvar písmene V. Dno obsahuje velké množství balvanů, které se údolím pohybují a tak dochází k jejich prohlubování. Příkladem charakteristických horních toků může být Labe v Labském dole.



Obrázek 76 – Pančavský vodopád

Na horním toku dochází často ke vzniku peřejí nebo vodopádů. Na našem území najdeme vodopády

například na řece Labi – Labský vodopád, Pančavě –

Pančavský vodopád (Obrázek 76) nebo Mumlavský vodopád na řece Mumlavě. Vodopády vymílají okraj horniny a dochází k jejich rozšíření, například Viktoriiny vodopády na řece Zambezi nebo Niagarské vodopády na řece sv. Vavřince.



Obrázek 77 – Obří hrnce na řece Mumlavě

Zvláštním případem eroze na horním toku je evorze. Dochází k turbulentnímu vířivému pohybu vody, který vytváří válcovité

vyhloubeniny nazývané obří hrnce (Obrázek 77). Tyto hrnce se tvoří například na řece Vydře, Jizeře nebo Mumlavě.

Střední tok má mírnější spád a dochází k vyrovnávání erozní a akumulární činnosti. Dochází k tvorbě písčiny nebo štěrkovitých nánosů, říčních niv. Uplatňuje se zejména boční eroze, kdy dochází ke vzniku meandrů. Údolí středního toku má charakteristický neckovitý tvar. Příkladem mohou být říční nivy v údolích Úpy a Metuje.

Na dolním toku, kde má řeka již mírný spád, dochází k silné sedimentaci a opětovnému vymílání unášených zvětralin. Řeka v dané části toku často silně meandruje a utváří široce rozevřený miskovitý úval.

Ve střední a dolní části toku dochází často ke vzniku říčních teras. Tyto terasy jsou často překryty sedimenty a ukazují předešlý stav říčního koryta, jeho předešlé úrovně. Rozlišujeme erozní terasy, které vznikly výmoloitou činností a akumulární terasy vzniklé říčními nánosy. Říční terasy mohly být vytvořeny tektonickými pohyby nebo klimatickými změnami. Klimatické změny, střídání dob ledových a meziledových, byly spojeny s táním ledovců na horách, kdy se voda mohutně valila a vyhloubila jeden stupeň. Naopak při nástupu další doby ledové došlo k akumulaci sedimentů. Dobře vyvinuté terasovité stupně má například Vltava.

5.2.6 Geologická činnost mořské vody

Moře a oceány překrývají více než dvě třetiny zemského povrchu a jsou významným činitelem v globálním systému planety. Ovlivňují zejména podnebí a jsou místem vzniku převážné většiny usazených hornin.

Rušivá činnost moří neboli abraze je způsobena zejména mořskými proudy, vlněním vznikajícím nárazy větru a dmutím moře vyvolaným slapovými jevy – přílivem a odlivem. Výsledkem působení těchto činitelů při pobřeží je příboj, který pohybuje s balvanem při pobřeží, čímž ho narušuje. Abraze rozšiřuje mořské břehy směrem do vnitrozemí.

Abrazí vytvořené útvary jsou například pobřežní sruby. Jsou to výklenkovité útvary vzniklé destrukční činností opakovanými nárazy vln. Vývoj těchto srubů je často doprovázen vznikem skalních dutin, podmořských jeskyní, útesů, pilířů a bran. Příkladem takových útvarů může být pobřeží Skotska, Irska nebo Francie.

Tvořivou činností moře může docházet k akumulaci sedimentů na pobřeží nebo v jejich blízkosti.



Obrázek 78 – Kurská kosa

Podobné akumulace nazýváme pláže, pobřežní valy nebo písečné kosy.

Písečné kosy jsou úzké protáhlé akumulární útvary vystupující nad mořskou hladinu. Nejčastěji vznikají v místech, kde klesla unášející schopnost mořských proudů vlivem změny expozice pobřežní čáry. Příkladem mohou být pobřežní kosy v Baltském moři jako například Kurská kosa (Obrázek 78) nebo Viselská kosa.

Pláž je základním akumulárním marinním tvarem (Obrázek 79), který vzniká nahromaděním sypkého materiálu v dosahu působení příboje. Velikost pláže narůstá směrem od pevniny k moři. Akumulovaný materiál je zpětnými proudy stále odplavován a ukládán v určité vzdálenosti od pobřežní linie. Takto akumulovaný materiál tvoří písečný val v místech, kde již moře nemělo



Obrázek 79 – Pláž v jižní Itálii

unášivou schopnost. Vynoří-li se písečný val nad hladinu, vytvoří písečnou hráz a pobřežní lagunu. Mezi známé pláže patří například pláž Bondi v Austrálii, pláž Chesil v Anglii nebo pláž Cote d'Argent ve Francii.

V mořích se vytvářejí rozsáhlé komplexy usazenin zejména na okrajových částech moří, na šelfech. Šelfové oblasti jsou tvořeny kontinentální kůrou a sedimenty jsou na těchto lokalitách nejen vytvářeny abrazní činností, ale jsou sem zanášeny i říčními systémy nebo zbytky těl organismů žijících v daných lokalitách.

V místě přechodu pevninské kůry v kůru kontinentální se nacházejí kontinentální svahy. Na hraně šelfu dochází k uvolňování sedimentu, který je pak usazován a tříděn na jeho úpatí. Vytríděním tohoto materiálu dochází k tvorbě rozsáhlých komplexů hlubokomořských usazenin zvaných flyš.

Na úpatí kontinentálního svahu začínají hlubokomořské abysální roviny. Jedná se o rozlehlé pánve se sedimenty velmi malých mocností.

Podobná abrazní činnost jako v mořích probíhá i v jezerech. Tato činnost však není tak rozsáhlá a významná.

5.2.7 Geologická činnost větru

Činnost větru nebo také eolická činnost je uplatňována zejména v suchých oblastech bez vegetace. Vítr se může projevat rušivou i tvořivou činností pouze tam, kde je zemský povrch pokryt nezpevněnými písčitymi sedimenty. Aby mohlo docházet ke geologickým změnám vlivem eolické činnosti, je nutné soustavné, pravidelné a silné proudění vzduchu.

Příkladem útvarů vytvořených rušivou činností větrné eroze mohou být korazní útvary – obroušené. Například v amerických pouštích, v NP Arches v Utahu, dochází vlivem větrné činnosti ke vzniku pískovcových hřibů, oblouků nebo věží.

Dalším útvarem mohou být písečné přesypy, duny (Obrázek 80) nebo barchany. Jedná se o naváté valy z písku mající specifické tvary. Někdy se na písečném podloží může vytvářet malé zvlnění nazývané čeřiny.



Obrázek 80 – Písečné duny na Kurské kose

Dlouhodobým působením větru a systematickým odnosem materiálu může dojít k vytvoření svědecké hory.

Tyto svědecké hory jsou lokální relikty původních hornin. Jejich vznik však nemusí být čistě eolický.

Na našem území se eolická činnost projevovala zejména vytvořeními akumulacemi spraší v moravských úvalech, nebo písečnými přesypy u Bzence nebo Veselí nad Lužnicí.

5.2.8 Geologická činnost vesmírných těles

Tvary vytvořené dopadem vesmírných těles se někdy také označují jako kosmické tvary. Jediným tvarem, který je vesmírného původu a vyskytuje se na povrchu planety, je impaktní kráter.

Impaktní kráter je sníženina kruhového tvaru vzniklá dopadem meteoritu na zemský povrch. Dopad vesmírných těles doprovází množství doprovodných procesů, zejména pak šoková přeměna hornin. Příkladem impaktních kráterů je



Obrázek 81 – Impaktní kráter v Kaali

například kráter Chicxulub na poloostrově Yucatan, kráter Popigai na Sibiři nebo krátery v Kaali na ostrově Saaremaa v Estonsku (Obrázek 81).

5.2.9 Geologická činnost organismů a člověka

Živé organismy mohou ovlivňovat geologické procesy přímo i nepřímo. Mezi rušivé činnosti organismů řadíme zvětrávání hornin pomocí kořenového růstu rostlin a narušení pobřežních hornin činností živočichů.

Tvořivá činnost organismů spočívá v tvorbě nových hornin. Odumřelé organismy se uplatňují zejména při tvorbě hořlavých sedimentů. Schránky některých živočichů pak obsahují uhličitán vápenatý nebo oxid křemičitý, čímž poskytují materiál pro tvorbu vápenců respektive křemeliny. Rostliny, zejména mechy, pak utváří rozsáhlé lokality kaustobiolitů – rašeliniště (Obrázek 82).

Nejrozsáhlejší tvorbou organismů je tvorba atolů a bradlových útesů. Atoly jsou prstencovité ostrovy vytvořené na vrcholku bývalého sopečného ostrova. Jedná se o rozsáhlé vápencové hradby tvaru prstence.

Uprostřed atolu je pak mělká laguna. Příkladem ostrovů tohoto typu jsou například souostroví Maledívy. Tyto ostrovy jsou vytvořeny nárůsty korálů a mají výrazně plochý charakter, nevyskytují se na nich žádné vyvýšené útvary. Z korálů je vytvořen i velký bariérový útes na východ od Austrálie. Tento útes je ale bradlového typu, poledníkově protáhlý, nejedná se o atol.

I na našem území se vyskytují vápence vytvořené nárůsty korálů. Tyto vápence pocházejí z devonu a tvoří Český a Moravský kras.

Výrazně přispívá ke změnám reliéfu i lidská, antropogenní činnost. Člověk reliéf buduje a tvoří zakládáním navážek vytěžených materiálů, hald a odvalů skrývek těžebních lokalit nebo skládek vytěžených kamenů při ražbě tunelů. Naopak rušivá činnost člověka spočívá zejména v těžbě hmot (Obrázek 83). Při podzemní těžbě dochází k vytváření dutin v zemské kůře, při povrchové těžbě pak dochází k mohutné rušivé činnosti a zničení povrchového reliéfu.



Obrázek 82 – Rozsáhlé estonské rašeliniště



Obrázek 83 – Změna reliéfu vytěžením pískovce – kamenolom Javorka

6 Srovnání učebnic geologie pro základní školy

Učebnice byly srovnávány na základě množství obsažených informací a prostoru věnovaného jednotlivým tématům (Maňák a Knecht, 2007). Dále bylo porovnáváno množství doplňkových informací, zajímavostí, námětů na laboratorní práce a pozorování, či četnost propojení s praxí a mezipředmětových vazeb. V neposlední řadě pak byl hodnocen grafický vzhled a zpracování jednotlivých kapitol. Největší důraz byl při srovnávání věnován tématům: mineralogický a petrografický systém, Země a vesmír, krystalografie a strukturní a dynamické geologie.

6.1 Přírodopis 4

Učebnici Přírodopis 4 pro 9. ročník základní školy – mineralogie a geologie se základy ekologie od autorů Vladimíra Černíka, Zdeňka Martince a Jana Vítka vydalo nakladatelství SPN (Černík, 2004). Více jak dvě třetiny učebnice zaujímají geologická témata, zbytek pak tvoří ekologická část zabývající se živými a neživými složkami prostředí.

Dále se zaměříme na jednotlivé kapitoly a jejich zpracování. Kapitola zabývající se Zemí a vesmírem popisuje přiměřeně obsáhle stavbu Země a její polohu ve vesmíru. Nevěnuje se však dalším vesmírným tělesům vyjma Země.

V oblasti krystalografie učebnice velmi podrobně popisuje stavbu a tvar krystalů a jednotlivé krystalové soustavy. U všech soustav vždy uvádí příklady nerostů stejně jako u všech fyzikálních a chemických vlastností, které důkladně vysvětluje.

Učebnice velmi podrobně, přesně a výstižně popisuje systémy nerostů a hornin i s jejich vlastnostmi, výskytem, složením a využitím. Učebnice pak v učivu hornin nejprve popíše jednotlivé zástupce a až následně vysvětluje a popisuje vznik pohoří a veškeré geologické procesy způsobené vnějšími a vnitřními činiteli.

Zpracování učebnice je velmi přehledné a logické. Autoři postupovali od vysvětlení nejmenších částí postupně k tvorbě větších komplexů a následně k jejich přeměnám a rozpadu. Veškeré učivo je doplněno vhodnými kresbami nebo fotografiemi.

Pokud se zaměříme na aktivizační potenciál učebnice, žákovi jsou v každé kapitole průběžně kladeny problémové otázky nebo poskytovány doplňkové informace. V rámci každé kapitoly jsou pak připraveny návrhy na možnosti praktických pokusů, ve kterých by si žáci měli ověřit probírané učivo prakticky. Důležité poznatky jsou v textu zvýrazněny tučně a v závěru kapitoly je pro žáky vždy ještě připraveno shrnutí.

Danou učebnici lze hodnotit jako jednu z nejvhodnějších pro žáky základních škol. Poskytuje žákům dostatečné informace v ne příliš náročném rozsahu velmi přehlednou formou.

6.2 Přírodopis 9

Učebnici Přírodopis 9 autorů Jana Zapletala a Martina Janošky vydalo nakladatelství Prodos s. r. o (Zapletal, 2000). Tato učebnice je věnována zejména geologii, ale obsahuje z jedné třetiny i učivo ekologie.

Učebnice se formou rozšířeného opakování v úvodních kapitolách snaží mobilizovat žákovy poznatky a propojit je do učiva biologie. Zejména kapitola Země ve vesmíru je však pojata spíše zeměpisným způsobem, než biologicky. Navíc se učebnice více věnuje uspořádání planety a vynechává ostatní vesmírná tělesa.

V kapitole minerály jsou velmi podrobně a rozsáhle popsány krystalografické soustavy nerostů a jejich vlastnosti a charakterizovány základní zástupci. Učebnice vybrala jen opravdu významné zástupce jednotlivých skupin, některé méně významné pak uvedla na koncích kapitol jako doplněk. Kapitola horniny je pak sestavena obdobným stylem.

Až po kapitolách nerosty a horniny následuje kapitola věnovaná vnitřním a vnějším činitelům. V této kapitole jsou veškeré procesy propojeny s fotografiemi.

Učebnice je seřazena obvyklým způsobem, kdy postupuje od částí k celkům. Jednotlivé kapitoly však nejsou dobře propojeny. Učebnice také žákům neposkytuje dostatek námětů pro praktickou činnost nebo problémové otázky.

Každá kapitola je zakončena shrnutím a sadou otázek pro zopakování. Dané otázky však mohou působit spíše jako test, než jako možnost aktivizace studenta. Na konci učebnice jsou pak uvedeny tři laboratorní práce s geologickou tematikou.

Tato učebnice žákům obsah dané problematiky velmi zúžila a zjednodušila. Není výrazně dobře graficky zpracována a neposkytuje žákům dostatečný prostor pro aktivní výuku a rozvoj tvořivého myšlení. Množství poskytovaných informací pak je dostatečné, ale pojetí učebnice téměř neumožňuje vzbudit v žákovi zájem o danou problematiku. Tato učebnice však může být vhodná pro základní školy s nižší než dvouhodinovou dotací biologie v deváté třídě.

6.3 Přírodopis 8

Učebnici Přírodopis 8 autorů Jaroslava Vališe, Vincenta Ďuroviče, Evy Fediukové a Eduarda Kočárka vydalo nakladatelství SPN (Vališ, 1983). Tato učebnice je celá věnovaná geologické tematice.

V úvodní kapitole nazvané „Jak se utvářela naše Země“ se učebnice věnuje tematice Země jako vesmírného tělesa a popisuje nejen Zemi, ale i ostatní tělesa sluneční soustavy. Učebnice se pak při charakteristice geosfér věnuje i hydrosféře, atmosféře a biosféře.

Při výkladu krystalografie pak učebnice velmi podrobně charakterizuje jednotlivé soustavy a vlastnosti nerostů. Ke všem charakteristikám jsou uváděny příklady a kapitola je doplněna o velmi podrobné a dobře připravené návody na laboratorní práce.

Zajímavostí této učebnice je, že témata jako systém nerostů a hornin nebo strukturní a dynamická geologie jsou žákům vysvětlovány a vykládány společně. Obsah této kapitoly je velmi precizně popsán a doplněn o vhodné fotografie a nabízí ucelený pohled na danou problematiku.

Daná učebnice má velmi vysoký aktivizační potenciál. Ve všech kapitolách jsou průběžně žákům kladeny doplňkové otázky a úkoly. Dále učebnice poskytuje žákům náměty na praktické pokusy a rozvíjí jejich schopnosti pracovat s laboratorními pomůckami.

Důležité poznatky nebo pojmy jsou v učebnici zvýrazněny tučně, naopak rozšiřující a doplňkové informace jsou psány jako poznámky pod čarou.

Tato učebnice je zpracována velmi příjemnou formou a poskytuje žákům množství zajímavých informací. Svým aktivizačním potenciálem umožňuje v žákovi vzbudit zájem o danou problematiku a poskytuje velké množství zajímavých informací zábavnou a kvalitní formou. Tato učebnice je vhodnou výukovou pomůckou pro gymnázia i základní školy.

6.4 Ekologický přírodopis

Učebnice ekologický přírodopis je dílem autorů Danuše Kvasničkové, Jana Jeníka, Jaroslava Toníka a Jiřího Froňka vydaná nakladatelstvím Fortuna (Kvasničková, 2009). Učebnice nakladatelství Fortuna pak věnuje necelou polovinu obsahu geologické tematice.

V kapitole Země ve vesmíru učebnice popisuje pouze naši planetu a naši nejbližší hvězdu. I přes obrázky zbylých těles se o nich učenice nezmiňuje. Naopak se učebnice věnuje zeměpisné a fyzikální problematice planety a její atmosféry.

V oblasti krystalografie učebnice zmiňuje existenci krystalových soustav, ale jejich přehled a osní kříže má přiloženy pouze v přílohách. Vlastnosti nerostů jsou popsány a učebnice na ně připravila i námět na laboratorní práci.

Učebnice je doplněna množstvím fotografií nerostů a hornin, ale jediné nerosty, které jsou v textu zmíněny, jsou nerosty rudních žil. Učebnice pak i systém hornin neprobírá příliš rozsáhle a do hloubky. Geologické procesy jsou však popsány poměrně jednoduše a výstižně se snahou propojit jednotlivé kapitoly.

Obsah učebnice je zpracován velmi přehledně. Důležité informace jsou v textu tučně zvýrazněny, naopak rozšiřující informace jsou znázorněny pod čarou. Zajímavostí však je, že první jsou v učebnici prezentováni zástupci hornin a až následně nerostů.

Aktivizační potenciál učebnice je vysoký. Text učebnice je proložen množstvím otázek, problémových, motivačních i s cílem zopakovat učivo. Vyjma laboratorních prací mi však v učebnici chybí náměty na praktickou činnost.

V přílohách učebnice je přiložen přehled dělení hornin, klíč k určování nerostů, přehled krystalových soustav a přehled sluneční soustavy. Bohužel s těmito přílohami není v učebnici dobře pracováno a chybí výraznější propojení s obsahem.

Učebnice je zpracována velmi příjemnou grafickou formou, ale obsah je hrubě nedostačující. Chybí větší zpracování systému nerostů a hornin, a náměty na praktickou či laboratorní činnost. Tuto učebnici bych nedoporučil jako vhodnou učebnici geologie, protože dle mého názoru žákům neposkytuje ucelený a dostatečný vhled do dané problematiky.

6.5 Přírodopis 9

Učebnice Přírodopis 9 autorů Milady Švecové a Dobroslava Matějky vydalo nakladatelství Fraus (Švecová, 2007). Tato učebnice je celá věnovaná pouze geologické tematice.

Úvodním tématem přestaveným žákům je krystalografie. Pomocí fotografií a modelů je žákům představena kompletní tematika. Jsou seznámeni nejen s jednotlivými krystalovými soustavami, ale i s vlastnostmi minerálů.

Při seznamování systému minerálů mezi množstvím informací mírně postrádám informaci o běžném výskytu minerálu, ale jinak je text psán čtivě a souvisle.

Téma hornin je pak propojeno s vnitřními geologickými ději. Tyto dvě kapitoly se prolínají a snaží se žákům vytvořit ucelený vhled do dané problematiky. Jednotliví zástupci hornin jsou v textu dobře vyčleněni a žáci tedy nemají problém oddělit petrografický systém a vnitřní geologické děje. Vnější geologické děje jsou pak propojeny s předchozími kapitolami a tvoří ucelený soubor informací o horninách a jejich vývoji.

Učebnice nakladatelství Fraus je excelentně graficky zpracována. Nabízí množství fotografií, kreseb a schémat, které jsou velmi dobře propojeny a provázány s textem. Učebnice má pak graficky zvýrazněny důležité poznatky a v závěru každé kapitoly ještě nabízí shrnutí.

Aktivizační potenciál této učebnice je téměř bezbřehý. Učebnice nabízí množství rozšiřujících informací, problémových otázek, úkolů či námětů k praktické činnosti. Na konci každé kapitoly jsou pak umístěny shrnující praktické otázky. Učebnice se snaží rozvíjet mezipředmětové vazby a propojovat učivo co největší měrou s praxí. Na konci učebnice jsou pak připravené náměty na praktická cvičení – laboratorní úkoly.

Tato učebnice poskytuje velmi přehledný, ucelený a informačně bohatý přehled dané problematiky. Je velmi vhodnou a moderní učebnicí pro žáky na základních školách i gymnáziích a má potenciál je zaujmout a povzbudit jejich zájem o danou problematiku.

6.6 Přírodopis IV

Učebnici Přírodopis IV vypracovali Václav Cílek, Dobroslav Matějka, Radek Mikuláš a Václav Ziegler a vydalo nakladatelství Scientia s.r.o (Cílek, 2000). Geologická témata v této učebnici tvoří zhruba polovinu obsahu.

Zajímavostí učebnice, která je patrná již při prvním kontaktu je, že je psaná téměř jako sbírka novinových článků o dané problematice. Její vzhled a forma nejsou mezi učebnicemi obvyklé.

V prvních kapitolách učebnice popisuje polohu Země ve vesmíru a stavbu zemského tělesa. Kapitoly jsou zpracovány velmi podrobně a zemská stavba obsahuje opravdu podrobný popis a přesné dělení, kde nechybí ani pohyb kontinentů a teorie deskové tektoniky.

Než dojde k výkladu systému minerálů a hornin jsou žáci seznámeni s vnitřními a vnějšími geologickými činiteli a jejich produkty. Až následně je žákům prezentován systém hornin a porostů. Systémy hornin a porostů jsou následně ještě zopakovány a rozvedeny v kapitolách zaměřených na těžené nerostné a jiné suroviny.

Tato učebnice je velmi zajímavá svým zpracováním i řazením kapitol. Postupuje opačným směrem než většina učebnic. Látku probírá od celků k částem, od obecného k jednotlivým zástupcům. Učebnice však poskytuje velmi ucelený a provázaný vzhled do dané problematiky.

Z obsahového hlediska se jedná o velmi podrobnou učebnici s množstvím zajímavých a detailních poznatků, které mohou nadané žáky zaujmout. Učebnice je bohatě doplněna o aktivizační náměty. Nejedná se jen o rozšiřující informace, ale i o náměty k činnostem.

Graficky je učebnice velmi dobře zpracována a pro snadnou orientaci v textu jsou důležité pojmy zvýrazněny. V závěru učebnice jsou pak doplněny náměty na laboratorní práce a soubory otázek vhodných pro zopakování a shrnutí jednotlivých kapitol.

Tato učebnice je velmi vhodnou učební pomůckou pro žáky gymnázií a poskytne jim vynikající studijní materiál i prostor pro rozvoj svých schopností a náměty pro praktické činnosti. Tuto učebnici bych však nedoporučil na základní školy, zejména na školy s nižší než dvouhodinovou dotací přírodopisu.

6.7 Porovnání představených učebnic

Pokud porovnáme učebnice z hlediska důrazu na jednotlivé kapitoly, uvidíme, že ve všech učebnicích je největší důraz kladen na systém nerostů a hornin (Tabulka 13). Vyjma nejstarší učebnice se pak žádná z nich nevěnuje tématu planetárních těles.

TÉMA \ UČEBNICE		Přírodopis 4	Přírodopis 9	Přírodopis 8	Eko. Přírodopis	Přírodopis 9	Přírodopis IV
		SPN	Prodos	SPN	Fortuna	Fraus	Scientia
Země a vesmír	[str]	1	2	x	3	x	2
Planetární geologie	[str]	x	x	3	x	x	x
Stavba zemského tělesa	[str]	2	1	5	1	2	2
Globální desková tektonika	[str]	2	2	6	x	4	4
Strukturní krystalografie	[str]	3	3	8	1	2	2
Vlastnosti nerostů	[str]	2	3	9	2	3	2
Systém minerálů	[str]	13	11	64*	1	16	12
Počet minerálů	[ks]	38	32	22	7	39	36
Systém hornin	[str]	9	6	64*	10	11	6+8
Počet hornin	[ks]	27	12	26	19	30	24
Vnitřní geologičtí činitelé	[str]	7	8	64*	2	19	12
Vnější geologičtí činitelé	[str]	6	9	64* (6)	2	11	6
Přírodní zdroje	[str]	1	x	x	x	6	4

** - u případů označených hvězdičkou nelze kapitoly přesně rozdělit do daných podkapitol; x - kapitola se v učebnici nevyskytuje*

Tabulka 12 – Obsahové srovnání učebnic

Největší rozsah informací poskytují učebnice Přírodopis 8 nakladatelství SPN a učebnice nakladatelství Scientia a Fraus. Tyto učebnice jsou informačně velmi obsáhlé a jsou vhodné zejména na gymnázia. Naopak Ekologický přírodopis obsahuje velmi malé množství informací.

Z pohledu aktivizačních metod pak můžeme hodnotit učebnice z různých hledisek. Učebnice nakladatelství Fraus má největší množství námětů na mezipředmětové vztahy či praktické propojení s reálným světem. Přírodopis 8 od SPN pak obsahuje velmi vysoké

množství námětů na praktickou činnost a rozšiřujících badatelských otázek. Dále tato učebnice obsahuje velmi propracované náměty na laboratorní práce. Učebnice nakladatelství Scientia pak obsahuje největší množství rozšiřujících informací. Množství aktivizačních a problémových otázek pak nalezneme v učebnicích přírodopisu od nakladatelství Fortuna a SPN.

Nejucelenější a nejpřehlednější informace o systémech nerostů a hornin poskytují učebnice nakladatelství Scientia a nová učebnice od SPN.

Největší propojení a návaznost jednotlivých kapitol pak můžeme vidět v učebnici nakladatelství Fraus, či v obou učebnicích od SPN.

Obvyklé řazení učebnic geologie postupuje od nerostů, přes horniny, ke geologickým procesům. Tuto souslednost můžeme nalézt například v nové učebnici nakladatelství SPN nebo v učebnici nakladatelství Prodos. Učebnice nakladatelství Fraus se snaží více propojit systém hornin s příčinou jejich vzniku a proto má kapitolu hornin propojenou s geologickými procesy. Všechny tři dříve zmíněné části pak do jedné propojují učebnice nakladatelství Fortuna a starší z učebnic SPN, kdy učebnice SPN je v propojení velmi úspěšná. Učebnice nakladatelství Scientia pak zvolila přesně protichůdnou posloupnost než nakladatelství Prodos.

Z mnou srovnávaných učebnic bych pro výuku volil nejspíše z trojice učebnic od nakladatelství SPN, Scientia nebo Fraus. S ohledem na stupeň školy bych pak volil mezi těmito třemi.

7 Pracovní sešit

Pracovní sešit byl vytvořen na základě srovnání učebnic přírodopisu pro devátý ročník základní školy a odpovídající ročníky víceletých gymnázií. Obsah pracovního sešitu je zaměřen zejména na aktivizační metody spojené s učivem geologie, zejména pak kapitol mineralogie a petrografie.

Rozsahově a hloubkou informací odpovídá obsah sešitu zejména učebnicím nakladatelství Fraus (Švecová, 2007) a Scientia (Cílek, 2000), které v mírném rozsahu místy rozšiřuje. Při výuce s pomocí daných učebnic je možné ho používat jako běžný doplněk výuky. V rámci výuky využívající jiných učebnic ho lze využít jako rozšiřující nebo výběrový motivační materiál.

Pracovní sešit vyžaduje nejen pasivní ale i aktivní znalosti dané problematiky a snaží se s učivem pracovat aktivně a hravou formou. Je doplněn o náměty na pokusy nebo laboratorní práce. Snaží se v žákovi budovat vztah k dané problematice a nutit jej přemýšlet o předkládaných tématech.

Cílem tohoto pracovního sešitu je nejen poskytnout žákům prostor na procvičování nově vyloženého učiva, ale i snaha žáky zaujmout danou tematikou, pomoci vyučujícím žáky motivovat, případně poskytnout náměty pro vhodné praktické činnosti zaměřené na danou tematiku.

7.1 Aktivizační metody

Pracovní sešit je dle Čapka (2015) mezistupněm mezi pracovním listem a pracovní učebnicí. Pracovní sešit by měl být určen nejen k zápisu poznámek, ale i pro kresby a náčrty či tvůrčí činnost žáků. Jeho úkolem je provázet žáka učivem formou výukových materiálů sloužících k procvičení učiva. Obsah pracovního sešitu by měl být diferencován do různých stupňů obtížnosti vzhledem k individuálním schopnostem a zájmům žáků. Čapek (2015) uvádí, že pracovní sešit v ideálním případě tvoří každý učitel sám na základě tematických plánů a podle potřeb konkrétních žáků.

V rámci práce vytvořený pracovní sešit je sestaven zejména z níže charakterizovaných aktivizačních metod. Hlavním cílem těchto metod je aktivně zapojit žáka do procesu výuky, aby se podílel na tvorbě obsahu a samostatně, konstruktivně se učil a seznamoval s novými pojmy. Cílem je navodit aktivizovanou, badatelsky a konstruktivně orientovanou výuku s praktickým zaměřením.

7.1.1 Rébusy

Rébusy jsou rychlou evokační metodou rozvíjející žákovy dovednosti a schopnosti (Čapek, 2015). Cílem je zvýšení pozornosti a cvičení žákovy gramotnosti a schopnosti okamžité aplikace probraného učiva. Rozvíjejí zejména schopnosti práce se slovy a operační paměti. Klasickými rébusy jsou osmisměrky, křížovky, tajenky, přesmyčky a doplňovačky.

Tyto rébusy mohou být vhodným motivačním prvkem, či součástí skupinových soutěží. Lze je využít i jako domácí úkol. Z rébusů by se však neměl stát stereotypní prvek výuky. Neměl by se ani opakovat týž styl rébusů, je vhodné je obměňovat. Pokud by užívání rébusu dospělo do fáze stereotypu, ztrácí veškerý svůj motivační smysl a potenciál.

7.1.2 Myšlenková mapa

Myšlenkové nebo téže pojmové mapy jsou formy práce využívající asociačních metod. Tato metoda je vhodná pro ověření znalostí a odhalení problémových prekonceptů a napomáhá utvoření správných vztahů mezi pojmy a jejich upevnění (Janiš, 2010).

Tuto metodu lze využívat k ověření znalostí žáků, či pro úvodní motivaci a seznámení se s učivem. Žáci často při dané činnosti odhalí znalosti odborných pojmů a schopnosti propojování jednotlivých pojmů. Tuto metodu je velmi vhodné využívat pro vytvoření mezipředmětových vazeb (Čapek, 2015).

Při tvorbě pojmových map je možné využít předem připravené pojmy, nebo lze žáky nechat vyhledávat informace v dostupných zdrojích. Práce s encyklopediemi nebo s internetovými zdroji pak pozitivně rozvíjí žákovy kompetence a učí ho vyhodnocovat správnost zjištěných informací (Janiš, 2010).

Vytvořené mapy jsou nejen přehledem informací a vazeb mezi jednotlivými pojmy, ale mohou tvořit i velmi vhodnou učební pomůcku.

Dané metody lze využít nejen formou samostatné či domácí práce, ale je možné je využít i jako materiál pro práci skupinovou (Sitná, 2009).

7.1.3 Metody práce s textem

Metody práce s textem jsou základním typem úloh většiny pracovních sešitů a pracovních listů (Čapek, 2015). Jejich cílem je rozvíjení schopnosti čtení s porozuměním, zvýšení komunikativních kompetencí a dovednost analytického zhodnocení textu.

Základním typem úlohy rozvíjející čtenářskou gramotnost a schopnost čtení s porozuměním je doplňování pojmů do textu (Blažek, 2016). Pro správné vyplnění tohoto typu úlohy je nutné soustředění a analytická schopnost myšlení, aby žák byl schopen doplnit správný termín do textu. Pokud jsou v zadání úlohy vypsány termíny, ze kterých má žák při doplňování vybírat, dojde ke značnému zjednodušení daného typu úlohy.

Metoda hledání klíčových slov je jednou z nejdůležitějších úloh rozvíjejících schopnosti práce s textem. Tato metoda je velmi vhodná pro následnou schopnost vyhledávání informací v rejstřících a pramenech obecně. Dovednost správně určit klíčové slovo vypovídá o žakově schopnosti porozumění textu a schopnosti výběru nejdůležitějších prvků.

Při metodách pracujících s klíčovými slovy můžeme postupovat aktivně nebo pasivně. Aktivní, syntetickou cestou, má žák zadané klíčové slovo a měl by ho správně charakterizovat. U pasivní, analytické metody, by žák měl pouze určit klíčové slovo na základě analýzy textu.

Aktivity zaměřené na klíčová slova lze využít nejen v rámci samostatné práce, ale lze je rozpracovat i do skupinové formy (Sitná, 2009). Každá skupina může například dostat několik klíčových slov, která musí správně charakterizovat. Následně si skupiny mohou charakteristiky vyměnit a znovu určit klíčová slova. Touto cestou dochází nejen k upevnění znalostí, ale i ke vzájemnému vyučování.

Běžně užívanou aktivitou zaměřenou klíčová slova je herní aktivita „Kdo jsem?“ (Čapek, 2015). Při této aktivitě se žáci pomocí otázek, nebo rozklíčování charakteristiky snaží určit, kdo se pod představenou charakteristikou skrývá. Cílem této aktivity je nejen zopakovat probranou látku, ale učitelé přináší tato aktivita přehled o tom, jak se žáci v probraném učivu orientují.

Práce s chybou je jednou z nejobtížnějších a nejzásadnějších činností v povolání učitele (Čapek, 2015). Učitel by neměl trestat chyby, ale chyby žákům ukázat a pomoci jim, aby je neopakovali. Chyba při poznávacím procesu je užitečným ukazatelem a měl by být využit, aby se žáci naučili zejména to, jak se jí vyvarovat a na co si dát pozor. Neměli by být za chybu primárně trestáni.

Aktivity vedoucí k hledání chyb patří k těm nejobtížnějším. Žáci by při daných cvičeních měli být nejen schopni chybu odhalit, ale možná daleko významnějším úkolem dané metody je najít správné řešení. Tento typ aktivity by měl být vždy doplněn o diskuzi. Žáci totiž musí svůj postup hledání chyb vysvětlit a vysvětlit i proč a jak danou chybu opravili. U daných úloh je nutné, aby chybný text byl kompletně opraven na správné znění (Maňák a Švec, 2003).

Tato metoda rozvíjí nejen schopnosti práce s textem, ale také komunikační schopnosti a osobnostní kompetence. Každý žák se totiž učí ohodnotit práci jiného a obhájit následně svoji práci.

7.1.4 Problémové metody

Problémová výuka, nebo též badatelsky orientovaná výuka, či heuristická výuka spočívá v metodách výuky předkládající žákům učivo takovým způsobem, aby sami odkrývali souvislosti a nacházeli řešení pomocí vlastního aktivního zkoumání (Dostál, 2015). Žák se při daných metodách učí ze svých chyb a jeho cílem je překonání předloženého problému. K řešení problému pak žáci mohou využívat různé metody jako například metoda pokus omyl, myšlenková analýza či experimentální analýza (Čapek, 2015).

Příkladem užití této metody mohou být konstrukční úlohy, jako například: Jak zabránit erozi proudící vodou v řekách. Žáci mohou prakticky, například na školním pískovišti představit několik metod, jak lze prakticky zabránit erozi, či mohou vytvořit vlastní projekty a navrhnout postupy (Volf, 1997b; Dostál, 2015).

Dalším druhem metody jsou myšlenkové problémy. Například vysvětlíte, proč dochází ke snadné oxidaci železa, ale u zlata se s tímto jevem nesetkáme. Při daných problémech žáci často pracují s paradoxy nebo hledají alternativy, ale vše pouze v rovině myšlenek a asociací. Pro řešení pak často využívají analogie, přisuzování nebo metod konfrontace (Maňák a Švec, 2003).

7.1.5 Metoda Ano/Ne

Tato výuková metoda se pohybuje na rozhraní diskusní metody a metody práce s textem. Měla by fungovat na třífázovém postupu: evokace – uvědomění – reflexe. V dnešní výuce je však stylizovaná spíše do testového typu úlohy.

Při správném využití této metody by žákům mělo být představeno několik tvrzení, u kterých by měli rozhodnout, zda platí či nikoli. Tedy fáze evokace. Následně by žákům měl být předložen učební text, či proběhnout diskuze nebo výklad. V této fázi by si měl žák uvědomit své chyby. Tato metoda by měla být zakončena správným řešením a opravením předložených tvrzení. V reflexi by se žáci konfrontovali se svými úvodními miskoncepcemi a mělo by dojít k jejich napravení (Čapek, 2015).

Tato metoda je velmi vhodnou pro práci s miskoncepcemi. Učiteli umožní náhled na vnímání a přehled studentů v dané problematice. Učitel také z této metody dokáže odhalit styly učení u žáků.

7.1.6 Experiment

Experiment je základní metoda poznávání a měl by tvořit nedílnou součást výuky přírodovědných předmětů. Experiment napomáhá rozvíjet žákům jejich přírodovědnou gramotnost a utvářet přírodovědně vzdělaného člověka (Čapek, 2015; Blažek, 2016).

Při výuce pomocí experimentu žáci získávají poznatky konstruktivistickým způsobem a učí se základním prvkům výzkumu a sběru dat (Volf, 1997b).

Můžeme rozlišovat demonstrační pokusy, kdy pokus probíhá frontálně před celou třídou. Do tohoto typu pokusu je nutné zapojit studenty, aby experiment mohl naplnit svůj potenciál. Frontální experiment je druh experimentu, který provádějí vždy sami žáci, a učitel je vždy pouze krokově instruuje (Volf, 1997a).

Nejběžnějším druhem experimentu v přírodních vědách je laboratorní práce. Laboratorní práce představuje druh kvantitativního experimentu, při kterém žáci pracují samostatně na základě předem připraveného postupu. Výstupem laboratorní práce by měl být protokol, ve kterém žáci vypíší pomůcky, shrnou teorii, pomocí statistických metod zpracují výsledky a vyvodí závěry.

Pokusy můžeme také rozdělit na reálné a modelové. V reálných pokusech žáci ověřují přímé jevy a jejich zákonitosti. U modelových pokusů dochází k analogii reálného systému a žáci pouze imitují reálné situace a pokoušejí se vyvodit možné závěry (Volf, 1997a).

Heuristické pokusy jsou pak pro žáky výrazně složitější než pouhé ověřování naučených faktů a zákonitostí (Dostál, 2015).

8 Pedagogická příručka

Pedagogická příručka obsahuje náměty a podklady pro geologické projekty nebo edukační hry, které je možné do výuky zařadit. Cílem pedagogické příručky je poskytnout další materiály, o které je možné výuku geologie rozšířit, zatraktivnit a doplnit.

8.1 Projektové výukové metody

Projektové výukové metody nebo také výukové formy zahrnují veškeré činnosti, při kterých žáci samostatně zpracovávají nějaký úkol. Projekt bývá zaměřen na praktické použití, vede k tvorbě autentického výstupu a vyžaduje osobní projev každého žáka (Čapek, 2015; Kalhoust a Obst, 2002).

Cílem této formy výuky podporuje rozvoj kreativity a samostatnosti. Jedná se o efektivní způsob edukace a rozvoje osobnostních kompetencí a manuálních schopností žáka. Zpracovávané projekty by měly být komplexní a jejich úspěšné řešení by mělo patřit k hlavním výstupům předmětu (Kotrba a Lacina, 2011).

Základním znakem projektové výuky je, že žáci přebírají odpovědnost za splnění cílů projektu. Dále projekt obsahuje mezipředmětové a mezioborové vztahy, je zaměřen na praktické a reálné využití a žáci si samostatně volí metody zpracování (Sitná, 2009).

Dané metody jsou dlouhodobé, probíhají většinou v průběhu několika vyučovacích hodin, či projektových dní nebo tematických týdnů (Kotrba a Lacina, 2011).

Parametry projektu pak nesplňuje například tematická koláž nebo tvůrčí dílny. Projekt totiž musí obsahovat autentický a tvůrčí výstup žáka.

8.2 Herní výukové metody

Herní výukové metody mohou žáky zapojit do výuky natolik intenzivně a přivést je k takovému soustředění, kterého nedosáhneme žádnou jinou cestou. Hra by ale neměla být pouhým vyplněním času, ale měla by být přesně rozmyšlená a po každé hře by měla vždy následovat diskuze a shrnutí.

Na výukové metody daného typu převládá v pedagogické literatuře téměř shodný názor. „*Za nejlepší způsob edukace lze považovat, když žák zapojený do činnosti (která je zajímavá a baví ho), si ani neuvědomí, že odvádí dobrou školní práci*“ (Čapek, 2015, s. 213).

Dle Maňáka a Švece (2003, s. 126) lze hru vymezit jako „jednu ze základních forem činnosti (vedle práce a učení), pro niž je charakteristické, že je to svobodně volená aktivita, která nesleduje žádný zvláštní účel, ale cíl a hodnotu má sama v sobě.“

Hlavním cílem hry je zahrát si, pobavit se a získat zážitek. Až druhotnými cíly hry by mělo být zopakování učiva či získání nových poznatků. Hra by měla podněcovat aktivitu žáka, motivovat jeho soustředění a podporovat jeho seberealizaci. Zvýšená motivace a pozitivní přístup zvyšují efektivitu učení. Učení a zábava totiž nejsou v rozporu (Sitná, 2009).

V některé literatuře jsou hry rozdělovány na základě časové náročnosti. Je možné rozdělovat hry na pedagogické, sloužící zejména pro výklad a motivaci, a rychlé hry, které slouží k zopakování a fixaci učiva. Při daných aktivitách se nejčastěji soutěží v rychlosti a správnosti odpovědí. Další možné dělení je na základě počtu osob nebo místa, kde daná hra probíhá. Tedy například dělení na hry skupinové a párové, nebo pohybové a stolní (Sitná, 2009; Kotrba a Lacina, 2011).

Diskuze

Jedním z cílů této práce bylo vypracovat srovnání aktuálních učebnic geologie. Tento úkol byl podstatný zejména z důvodu porovnání obsahu a množství předávaných informací a stylu zpracování jednotlivých témat.

Srovnání bylo provedeno na základě dostupné metodiky (Maňák a Knecht, 2007) a přineslo výše uvedené závěry. Je však nutné zdůraznit, že některé části srovnání byly dle mého názoru subjektivní. Zejména hodnocení grafického a stylistického zpracování nebo vhodnosti aktivizačních metod, vychází z mých pedagogických zkušeností a konzultací se zkušenými pedagogy. Rozsah jednotlivých témat a množství probíraného učiva je snadno kvantifikovatelné, ale dříve zmíněná témata vycházejí právě ze subjektivního pohledu.

Pokud se zaměříme na hodnocení účinnosti, efektivity připravených materiálů, je toto hodnocení vystaveno na rozhovorech s hospitujícími vyučujícími, rozhovorech s žáky, a mým vlastním pozorováním v průběhu hodiny.

Spolupráce s žáky byla bezproblémová a všichni se snažili spolupracovat a nevybočovali vlivem mé přítomnosti ze svého obvyklého chování. Velmi ochotně se zapojovali do laboratorních činností a vypracovávali úkoly z pracovního listu. Ochota žáků komunikovat a diskutovat byla na velmi vysoké úrovni.

Ve snaze žáky pozitivně motivovat a docílit režimu co nejbližšího běžné výuce mi pomáhal i vyučující, který mi umožnil žáky klasifikovat a odměňovat tedy jejich práci. Vyučujícím pak patří velký dík také za poskytnutý prostor ve vyučovacích hodinách a důkladné reflexe, které měly vysokou cenu při vyhodnocování jednotlivých aktivizačních metod.

Výsledky pozorování a hodnocení žáků prezentovaných materiálů, aktivizačních metod, bylo velmi pozitivní. Většina žáků uvedla, že by uvítali další hodiny obohacené o aktivizační metody a praktické úkoly. Pravděpodobnou příčinou takových výsledků je nejspíše chuť žáků spolupodílet se na vyučovacím procesu a touha rozvíjet svou osobnost a své kompetence.

Kladné hodnocení pracovních sešitů i přes jejich vyšší náročnost je velmi pozitivní. Žáci po první zkušenosti s pracovními listy jeví během výuky zvýšenou pozornost a úlohy vyplňovali se stále vyšší úspěšností. Pokud měli prostor pracovat na pracovních listech (částech pracovního sešitu) již během výkladu, většina žáků užívala pracovní listy jako prostor pro zaznamenávání poznatků a úlohy vyplňovala v průběhu výkladu.

Pro práci s jednotlivými úlohami je pak vhodné střídat jednotlivé typy úloh i formy vypracovávání. Střídání aktivit, samostatné práce, práce ve dvojicích, skupinové práce

nejen že vyruší stereotypní řád výuky, ale donutí žáky ke změně pracovního stylu a rozvíjení dalších kompetencí.

Laboratorní činnosti a pokusy byly velmi pozitivně hodnocenou částí výuky. Žáci se snažili dle návodů samostatně řešit úkoly a ověřovat v praxi své teoretické poznatky. Mírným problémem při praktických činnostech však byly chybějící zkušenosti s prací s laboratorními pomůckami, nebo nedostatečné propojení mezipředmětových vazeb. Tyto nedostatky ale žáci většinou nahradili svou snahou.

Geologické projekty, které žáci zpracovávali samostatně po delší časové období, žáky zaujaly a vypracovávali je svědomitě a pečlivě. Zejména projekt zaměřený na litosférické desky žáky zaujal natolik, že jeho konečný výstup – mapu litosféry doplňovali stále o další a další detaily.

Didaktické hry pak byly pro žáky vítaným zpestřením výuky. Otázky a úkoly v jednotlivých hrách byly velmi obtížné a nutily často žáky vybavovat si pojmy nejen pasivně, ale i aktivně. Žáci se drželi pravidel her a odnášeli si z nich nejen zážitky, ale často i nové poznatky.

Obtížnost otázek a úkolů v jednotlivých hrách byla žáky přijímána jako přijatelná a žádný s žáků neoznačil úlohy za přehnaně obtížné. Všichni žáci reflektovali otázky jako rovnocenné a odpovídající obsahu užívaných učebnic a výkladu.

Na základě proběhnuvších výstupů a mých vlastních zkušeností mohu říci, že žáci vyučovací hodiny obohacené o pracovní listy, laboratorní práce, projekty a didaktické hry vítají a rádi se do nich zapojí. Zejména pak, pokud v daných aktivitách uvidí smysl a praktické využití.

Závěr

V rámci své závěrečné práce jsem se věnoval aplikaci aktivizačních metod ve výuce biologie. Pokusil jsem se vytvořit materiály, které by podporovaly aktivizovanou, konstruktivistickou a heuristickou výuku. Snažil jsem se vycházet ze současných šetření a názorů pedagogů, ale i z vlastních zkušeností s výukou a s postoji žáků. Hlavním záměrem vytvářených materiálů bylo motivovat žáky hravou a zábavnou formou ke studiu mineralogie, petrologie a geologie.

Hlavními cíli práce bylo vytvořit studijní materiály s aktivizačním potenciálem a ověřit jejich efektivitu ve výchovně vzdělávací praxi. Studijní materiály měly široké aktivizační spektrum využívající základní formy výuky, jako jsou problémová výuka, badatelsky orientovaná výuka, projektová výuka či výuka pomocí didaktických her. Dané materiály a veškeré výukové postupy, bylo nutné zasadit do širšího vyučovacího plánu a vytvořit tak ucelený systém vyučovacích metod a postupů.

Pro úspěšné dosažení cílů pak bylo nutné vytvořit nejen ucelený teoretický podklad probíraných kapitol mineralogie a petrologie, ale vytvořit i srovnání základních učebnic geologie, zejména srovnání jejich obsahu, zpracování a množství předávaných informací. V neposlední řadě pak bylo důležité vytvořit jednoduchou charakteristiku aktivizačních metod užívaných v rámci práce.

Byl vytvořen pracovní sešit o 64 pracovních listech i s řešením a pedagogická příručka obsahující dva geologické projekty a dvě hry.

Výsledky reflexivního šetření, ověření účinnosti vytvořených materiálů, poskytly pozitivní zpětnou vazbu na používané metody výuky i vypracované materiály. Žáci pak pozitivně ocenili zejména zpracovávané projekty a didaktické hry, kdy si díky praktické zkušenosti a zážitku odnesli množství nových poznatků.

V dané práci bych velmi rád dále pokračoval navázáním a rozpracováním dalších aktivizačních metod a projektů zejména v oblasti historické geologie, paleontologie a regionální geologie. Dalším vhodným obohacením výuky by pak mohly být geologické exkurze, či vycházkové trasy.

Realizace výuky s praktickými cvičeními a herními metodami, by mohla být vhodnou cestou výuky nejen biologie, ale všech přírodovědných předmětů. Zařazování takových aktivizačních metod, které motivují žáky k činnosti a využívají mezipředmětových vztahů, by mohlo být cestou ke smysluplnému osvojení nejen teoretických poznatků, ale i kritického myšlení a praktických zkušeností, k čemuž by vyučování primárně mělo směřovat.

Literatura

ADAMOVIČ, Jiří, MIKULÁŠ, Radek a CÍLEK, Václav. *Atlas pískovcových skalních měst České a Slovenské republiky: geologie a geomorfologie*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2010. 459 s. Atlas. ISBN 978-80-200-1773-4.

BÍNA, Jan a DEMEK, Jaromír. *Z nížin do hor: geomorfologické jednotky České republiky*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2012. 343 s. Průvodce. ISBN 978-80-200-2026-0.

BLAŽEK, Radek a PŘÍHODOVÁ, Silvie. *Mezinárodní šetření PISA 2015: národní zpráva: přírodovědná gramotnost*. První vydání. Praha: Česká školní inspekce, 2016. 57 stran. ISBN 978-80-88087-08-3.

CÍLEK, Václav G. et al. *Přírodopis IV pro 9. ročník základní školy*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2000. 135 s. ISBN 80-7183-204-9.

ČAPEK, Robert. *Moderní didaktika: lexikon výukových a hodnoticích metod*. Praha: Grada, 2015. Pedagogika. ISBN 978-80-247-3450-7

ČERNÍK, Vladimír, MARTINEC, Zdeněk a VÍTEK, Jan. *Přírodopis 4: mineralogie a geologie se základy ekologie: pro žáky základní školy (9. ročník) a nižší ročníky víceletých gymnázií*. 2. vyd. Praha: SPN - pedagogické nakladatelství, 2004. 87 s. ISBN 80-7235-261-X.

DEMEK, Jaromír. *Obecná geomorfologie: vysokošk. učebnice pro stud. přírodověd. fakult univerzit*. 1. vyd. Praha: Academia, 1987. 476 s., [20] s. barev. fot.

DOSTÁL, Jiří. *Badatelsky orientovaná výuka: pojetí, podstata, význam a přínosy*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 151 stran. Monografie. ISBN 978-80-244-4393-5.

ĐUĐA, Rudolf a REJL, Luboš. *Minerály*. Praha: Aventinum, 2008. 519 s. ISBN 978-80-86858-44-9.

DUDEK, Arnošt, MALKOVSKÝ, Miroslav a SUK, Miloš. *Atlas hornin*. 2. vyd. Praha: Academia, 1984. 312 s.

HABĚTÍN, Vladimír, TRDLIČKA, Zdeněk a KOČÁREK, Eduard. *Geologické vědy: přehl. mineralogie, petrografie a geologie: příručka pro žáky zákl. všeobec. vzdělávacích škol., gymnasií a ostatních škol 2. cyklu*. 1. vyd. Praha: SPN, 1973. 398 s. Knižnice všeobecného vzdělání. Kostka.

CHÁB, Jan et al. *Desková tektonika*. 1. vyd. Praha: Academia, 1983. 234 s. Knihovna Ústř. ústavu geolog.; sv. 60.

CHLUPÁČ, Ivo et al. *Geologická minulost České republiky*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2002. 436 s. ISBN 80-200-0914-0.

JANIŠ, Kamil a Irena LOUDOVÁ. *Obecná didaktika: (vybraná témata)*. Ústí nad Orlicí: Oftis, 2010, 104 s. ISBN 978-80-7405-407-5.

JANOŠKA, Martin a kol. *Geologie pro učitele*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 1999. 196 s. ISBN 80-7067-961-1.

KALHOUS, Zdeněk a Otto OBST. *Školní didaktika*. Vyd. 2. Praha: Portál, 2009, 447 s. ISBN 978-80-7367-571-4.

KITTEL, Charles. *Úvod do fyziky pevných látek: celostátní vysokoškolská učebnice pro studenty matematicko-fyzikálních a přírodovědeckých fakult studijního oboru fyzika pevných látek*. Překlad Miloš Matyáš. 1. vyd. Praha: Academia, 1985. 598 s.

KOTRBA, T. LACINA, L. 2011. Aktivizační metody ve výuce. Příručka moderního pedagoga. *Barrister&Principal*, druhé, přepracované a doplněné vydání. Brno. ISBN 978-80-87474-34-1.

KVASNIČKOVÁ, Danuše et al. *Ekologický přírodopis 9: pro 9. ročník základní školy*. 3., upr. vyd. Praha: Fortuna, 2009- . sv. ISBN 978-80-7373-058-1.

MAŇÁK, Josef a Vlastimil ŠVEC. *Výukové metody*. Brno: Paido, 2003, 219 s. ISBN 80-7315-039-5.

MAŇÁK, Josef, ed. a KNECHT, Petr, ed. *Hodnocení učebnic*. Brno: Paido, 2007. 141 s. Pedagogický výzkum v teorii a praxi; sv. 7. ISBN 978-80-7315-148-5.

MÍSAŘ, Zdeněk. *Regionální geologie světa*. Vydání 1. Praha: Academia, 1987. 705 stran, 24 nečíslovaných stran obrazových příloh.

MONTGOMERY, Carla W. *Fundamentals of geology*. 2nd ed. Dubuque: Brown, ©1997. xv, 412 s. ISBN 0-697-32986-0

PALEČKOVÁ, Jana, ed. *Přírodovědné úlohy výzkumu PISA*. 1. vyd. Praha: Ústav pro informace ve vzdělávání - Divize nakladatelství Tauris, 2007. 103 s. ISBN 978-80-211-0540-9.

PAUK, František a kol. *Mineralogie, petrografie a geologie*, 1. vyd. Praha: SPN, 1969. 337 s.

REES, Martin J., ed. *Vesmír: [obrazová encyklopedie]*. Překlad Pavel Příhoda. V Praze: Knižní klub, 2006. 512 s. ISBN 80-242-1668-X.

RUBÍN, Josef a kol. *Atlas skalních, zemních a půdních tvarů*. Vyd. 1. Praha: Academia, 1986. 385 s.

RYBAŘÍK, Václav. *Ušlechtilé stavební a sochařské kameny České republiky*. Vyd. 1. V Hořicích v Podkrkonoší: Nadace Střední průmyslové školy kamenické a sochařské, 1994. 218 s., [16] s. barev. příl. ISBN 80-900041-5-6.

SEJKORA, Jiří a KOUŘIMSKÝ, Jiří. *Atlas minerálů České a Slovenské republiky*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2008. 375 s. Atlas. ISBN 80-200-1317-2.

SMOLOVÁ, Irena a VÍTEK, Jan. *Základy geomorfologie: vybrané tvary reliéfů*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 189 s. Učebnice. ISBN 978-80-244-1749-3.

ŠVECOVÁ, Milada, MATĚJKA, Dobroslav a DUPALOVÁ, Alena. *Přírodopis 9 pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2007-2008. 3 sv. ISBN 978-80-7238-587-4.

VALIŠ, Jaroslav et al., *Přírodopis pro 8. ročník základní školy*. 1. vyd. Praha: SPN, 1983. 157 s.

VOLF, Ivo. *Metodika řešení úloh ve středoškolské fyzice: doplňkový studijní text pro učitele fyziky a studenty učitelství fyziky*. Hradec Králové: Gaudeamus, 1997b, 49 s. Scio me multa nescire. ISBN 80-7041-697-1.

VOLF, Ivo. *Několik úvah o experimentování ve výuce fyziky: studijní materiál pro vzdělávání učitelů fyziky*. Hradec Králové: Gaudeamus, 1997a, 53 s. Scio me multa nescire. ISBN 80-86164-04-1

ZAPLETAL, Jan et al. *Přírodopis 9*. Olomouc: Prodos, 2000. 95 s. ISBN 80-7230-069-5.

ZEMAN, Otakar. *Petrografie a regionální geologie Českého masívu*. 2., přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. 147 s., [5] l. obr. příl. ISBN 80-01-01178-X.

ZIEGLER, Václav. *Základy mineralogie a petrografie pro studenty Pedagogické fakulty*. Praha: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, 2003. 79 s. ISBN 80-7290-111-7.

Zdroje obrázků

Obrázek 2: Citováno 14. 7. 2017:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Tektonick%C3%A1_deska#/media/File:Plates_tect_cs.svg

Obrázek 3: Citováno 14. 7. 2017:

[http://eridanus.cz/id32402/ve\(2da/pr\(2i\(1rodni\(1_ve\(2dy/geologie/_vyvoj_k_ontinentu/Tektonicke_desky.htm](http://eridanus.cz/id32402/ve(2da/pr(2i(1rodni(1_ve(2dy/geologie/_vyvoj_k_ontinentu/Tektonicke_desky.htm)

Přílohy

Pracovní sešit

Pracovní sešit - řešení

Pedagogická příručka