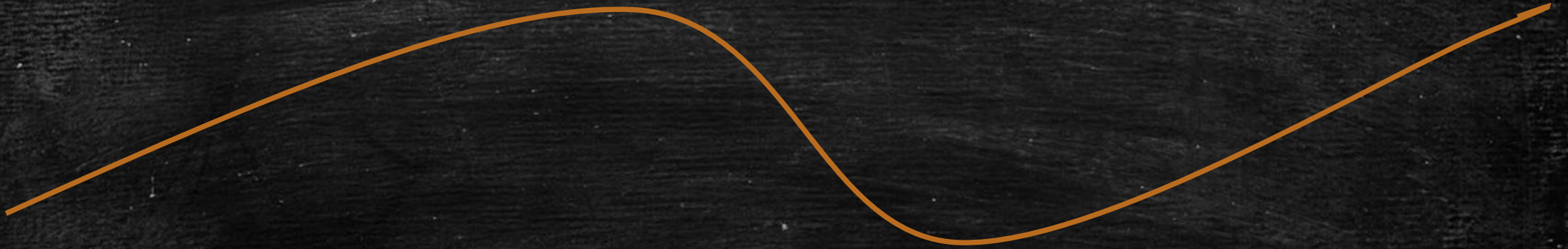


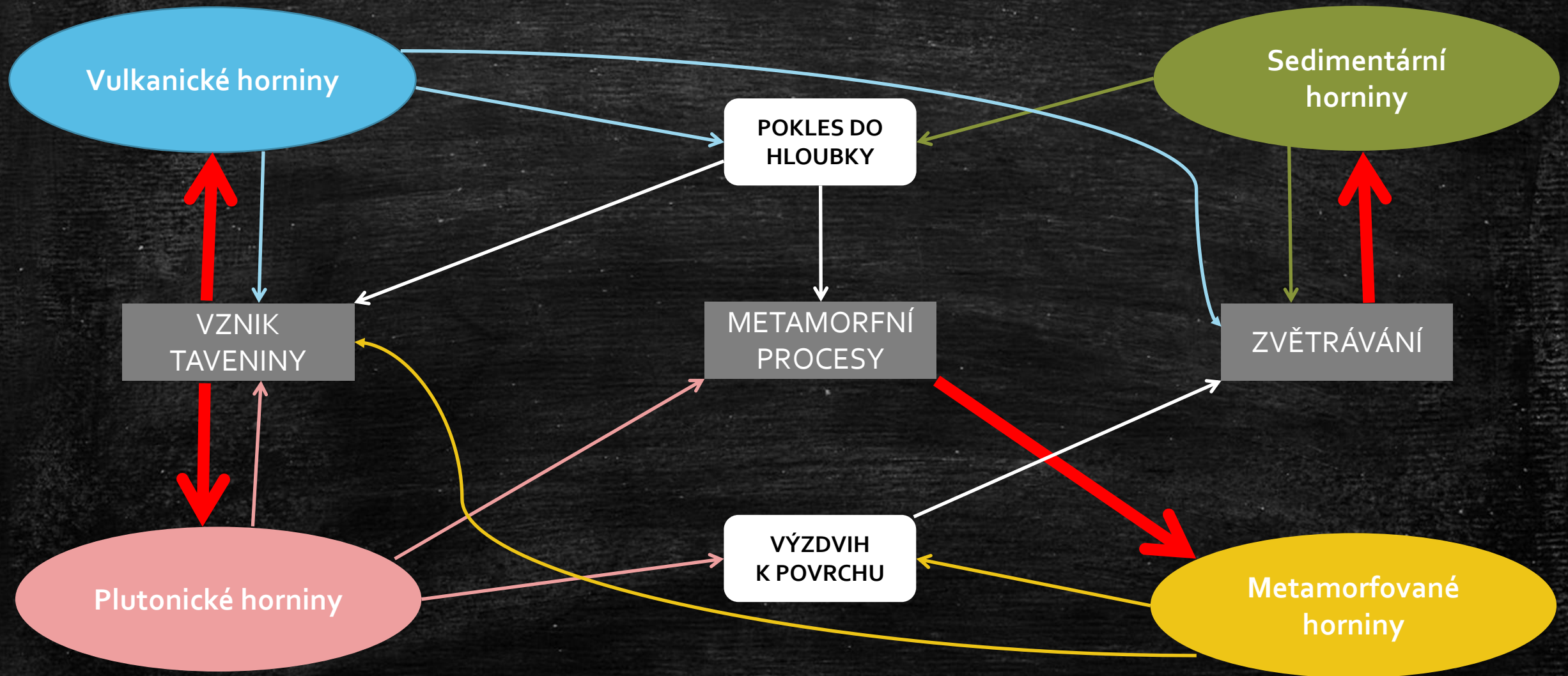
Neživá příroda 2



Cvičení 5

Metamorfóza, diastrofizmus

Horninový cyklus



Metamorfni procesy

Metamorfóza představuje komplex fyzikálně-chemických změn v litosféře, které vedou k přeměně výchozí horniny, aniž by změnila svůj pevný stav. V rámci endogenních procesů tedy probíhají obecně za nižších teplot než magmatické procesy.

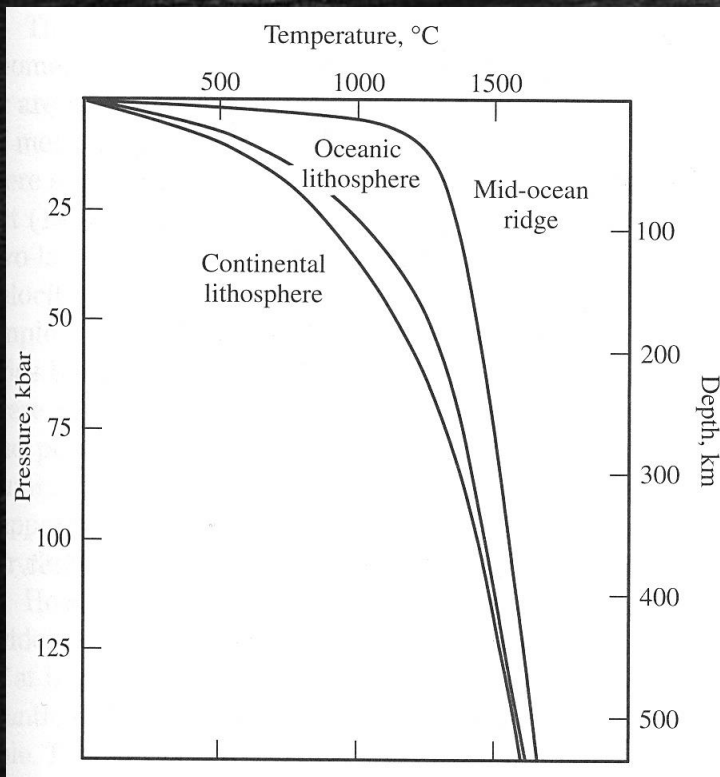
Hranice mezi metamorfózou a magmatismem není zcela ostrá, záleží na teplotách, tlacích a složení konkrétní části litosféry. Hraničním jevem je migmatitizace.

Stejně tak není ostrá hranice mezi diagenetickými pochody v sedimentech a nejnižšími stupni metamorfózy (anchimetamorfóza).

Metamorfní činitelé – teplota

Metamorfní procesy jsou řízeny působením metamorfních činitelů, které se mohou vzájemně kombinovat a vytvářet tak v litosféře poměrně pestrou škálu metamorfních podmínek.

Horní hranici metamorfózy pak definuje začínající magmatický proces – tedy tavení horniny. Tato teplota může kolísat v poměrně širokém intervalu v závislosti na tlaku, složení horniny a především obsahu roztoků (např. vody).

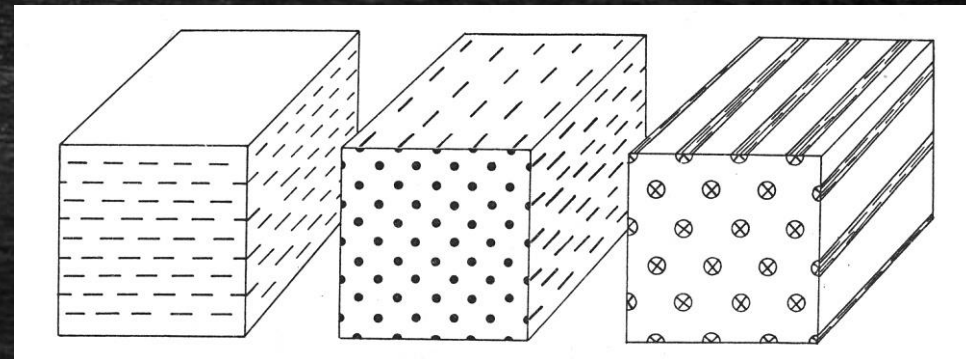


Metamorfní procesy probíhají v určitém teplotním intervalu, který velmi přibližně můžeme stanovit na **300-700 °C**. První metamorfní reakce mohou probíhat již při teplotě kolem 150 °C, jejich průběh je však velmi pomalý.

Teplota je při metamorfóze důležitým faktorem, který obecně urychluje většinu chemických reakcí, ovlivňuje stupeň rekrystalizace a definuje vznik konkrétních minerálních asociací.

Metamorfni činitelé – tlak

Orientovaný tlak (stres) vzniká v důsledku tektonických procesů a působí v určitém směru. Působení orientovaného tlaku se projevuje na stavebních znacích metamorfovaných hornin – vzniká foliace a lineace metamorfovaných hornin. **Orientovaný tlak** zvyšuje rozpustnost minerálů, podporuje drcení zrn a tím podporuje rekrystalizaci celé horniny.



Všesměrný (litostatický) tlak je přítomen ve všech částech litosféry. Můžeme si ho představit jako tlak nadložních hornin. Jeho velikost vzrůstá směrem do hloubky asi o 25 až 30 MPa na každý kilometr. Tlak často působí proti teplotě, např. při vyšším tlaku je brzděn proces dehydratace a dekarbonatizace nebo vznikají minerály s těsnější krystalovou mřížkou.

1 bar = 0,1 MPa

1 bar = 0,98 atm

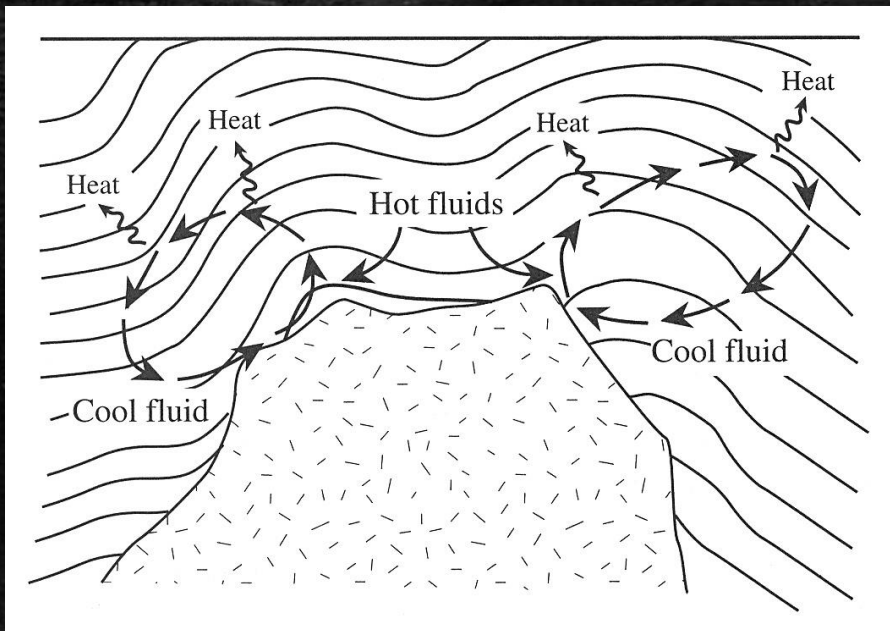
100 MPa = 1 kbar

V 10 km pod povrchem:

250 MPa = 2,5 kbar

Metamorfni činitelé – fluida a roztoky

V horninovém masivu jsou běžně přítomny chemické látky v podobě fluid, tedy kapalném nebo plynném stavu. Největší objemy tvoří voda a oxid uhličitý, ale lokálně mohou mít význam i jiné, jako F, Cl, B, P nebo N.



Přítomnost fluidních roztoků v hornině může významně urychlovat některé metamorfni reakce a přeměny. Příkladem mohou být granitické horniny, které za zvýšeného tlaku a teploty nedoznají dlouhodobě žádné změny, ale působením dostatečného množství roztoků, bude docházet k přeměně K-živce, plagioklasů a biotitu.

Metamorfní činitelé – čas

Metamorfní procesy jsou zpravidla velmi dlouhodobé události. Metamorfóza určitých celků litosféry probíhá obvykle desítky miliónů let a většina chemických reakcí je pozvolná. Také změny ostatních metamorfních činitelů, zejména teploty a tlaku, probíhají velmi pomalu.

V kratších časových horizontech může probíhat kontaktní metamorfóza a velmi krátké trvání mají některé typy šokové metamorfózy.

Typy metamorfních procesů

Vznik každé metamorfované horniny je výsledkem kombinace více metamorfních faktorů, které působí v různě velkém rozsahu a odlišném čase. Na základě podobných metamorfních faktorů se rozlišují metamorfní události několika typů.

Vývoj litosféry často probíhají i v několika opakujících se metamorfních cyklech. Následná metamorfní událost může proběhnout za intenzivnější metamorfních podmínek, takže na horninách se účinky zvýšených teplot a tlaků projeví výrazněji. Takový typ metamorfózy označujeme jako **progresivní nebo prográdní**.

Pokud dojde k výstupu horniny do vyšších pater litosféry, může proběhnout mladší metamorfóza za nižších P-T podmínek. Je-li výstup pozvolný a na horniny působí změněné podmínky dostatečně dlouho, vznikne hornina vykazující nižší stupeň metamorfózy. Proces pak označujeme jako **retrográdní metamorfózu – diaforézu**.

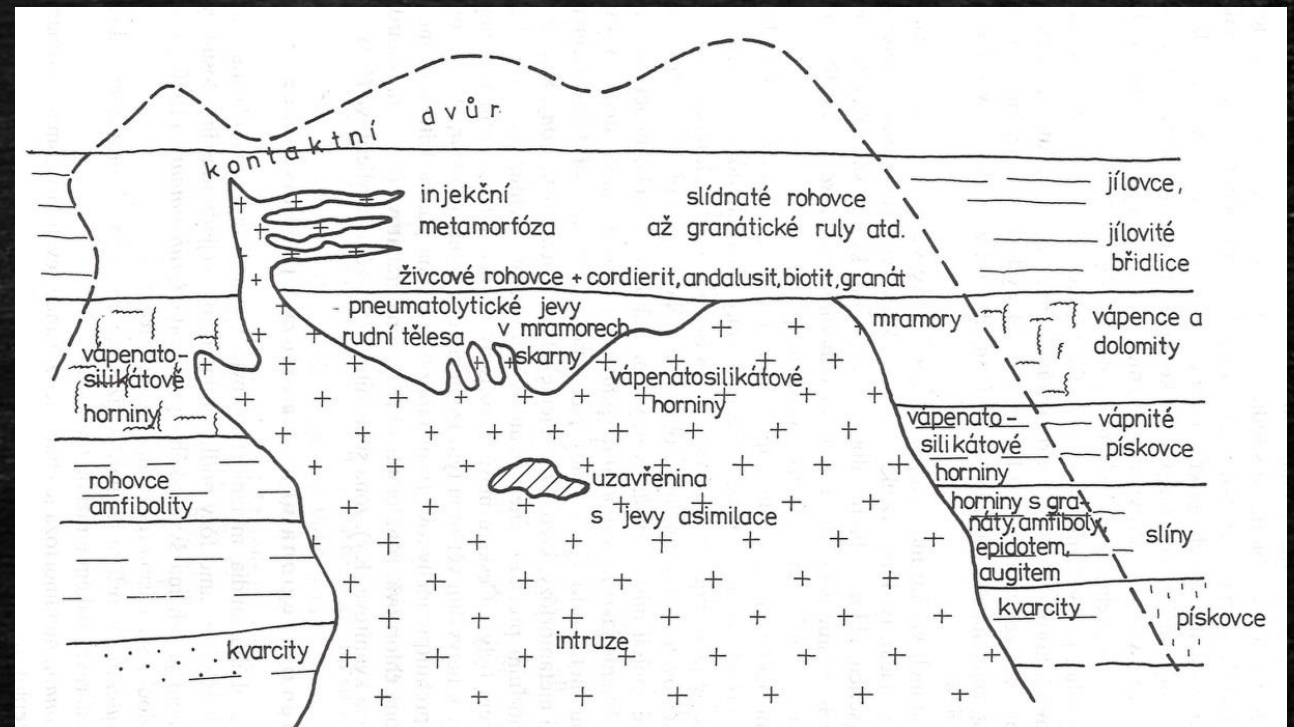
Horniny, které prodělaly více metamorfních událostí, označujeme obecně jako **polymetamorfity**.

Kontaktní metamorfóza

Kontaktní metamorfóza probíhá na rozhraní horkých magmatických těles a jejich pláště. Typickými znaky jsou nízký tlak a omezená migrace fluidních látek. Teplota kolísá od 500 °C do 900 °C.

Speciálním typem je **kaustická metamorfóza (pyrometamorfóza)**, která vzniká při výlevu lávy na horniny zemského povrchu nebo při hoření kaustobiolitových sedimentů.

Plášť magmatického tělesa postižený procesy kontaktní metamorfózy se označuje jako **kontaktní aureola** nebo **kontaktní dvůr**. Velikost kontaktního dvora bývá několik set metrů, u velkých magmatických těles to může být i několik kilometrů.



Metasomatóza

Metasomatóza je specifický typ metamorfózy, kdy vznik metamorfované horniny je podmíněn přínosem chemických látek z okolí a při určitém tlaku a teplotě dochází k postupným přeměnám. Často bývá tento proces spojen se závěrečnou etapou vývoje magmatické taveniny.

V horninovém prostředí se roztoky pohybují:

- puklinami v hornině
- mezi jednotlivými minerálními zrny
- krystalovou mřížkou minerálů.

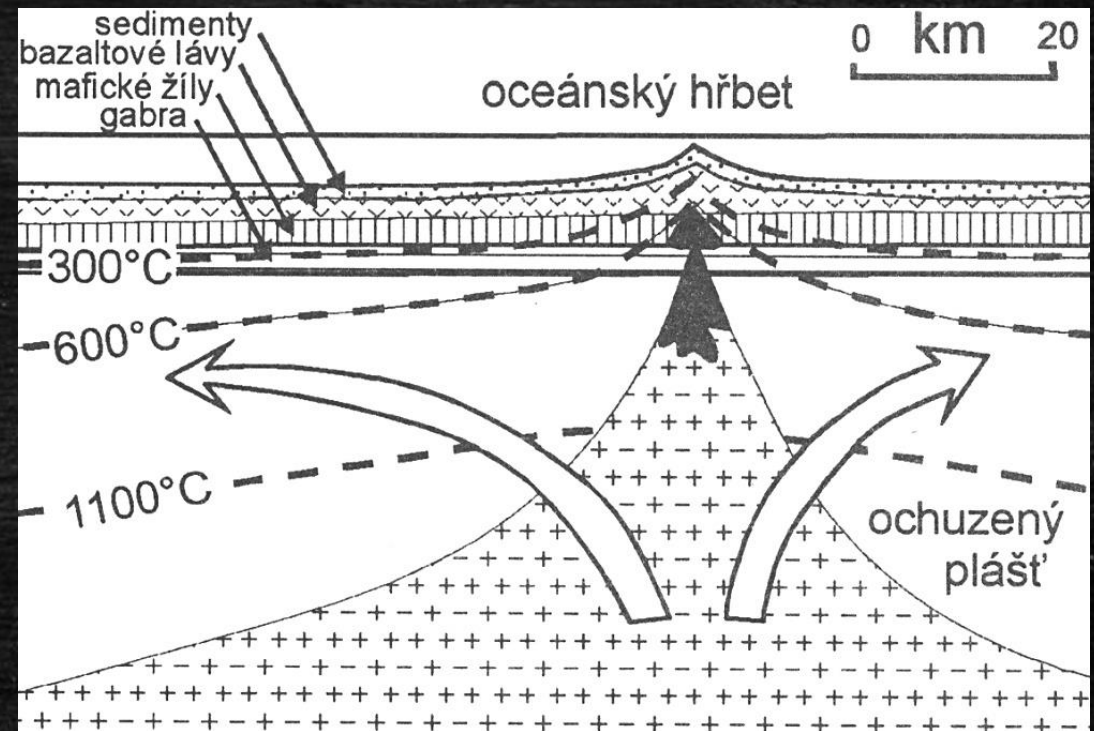
Metasomatické procesy mohou probíhat vlivem přínosu kapalných roztoků (**hydrotermální metasomatóza**) nebo plynné fáze (**pneumatolytická metasomatóza**). Pokud roztoky pochází ze samotné přeměňované horniny, používá se označení **autometasomatóza**.

Regionální metamorfóza I

Regionální metamorfóza reprezentuje procesy přeměny hornin v rozsáhlých oblastech litosféry. Nejčastěji je spojena s působením teploty a tlaku po relativně dlouhé časové období.

Regionální metamorfóza štítů a platforem je metamorfózou v konsolidované části kontinentální litosféry, která prošla více metamorfními událostmi.

Regionální metamorfóza oceánská dna je přeměnou bazických hornin za přítomnosti značného množství roztoků při nízké teplotě a tlaku.

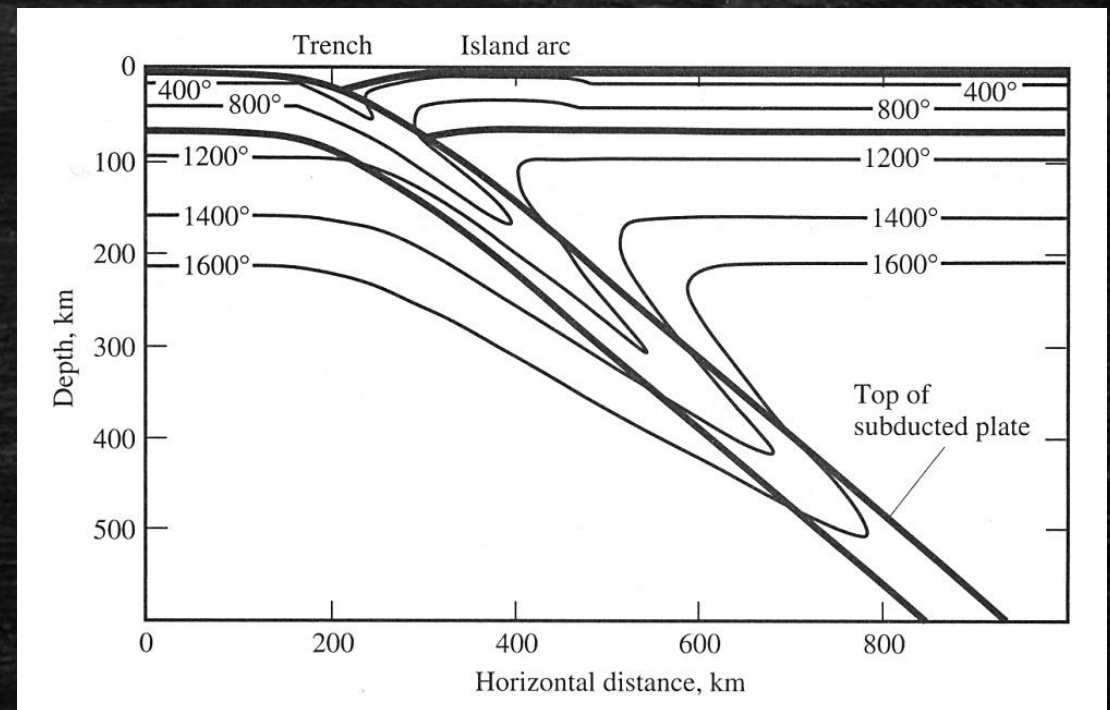


Regionální metamorfóza II

Poklesová metamorfóza nebo také **metamorfóza pohřbených sedimentů** probíhá v sedimentačních bazénech vyplněných mocnými sledy sedimentárních a vulkanických hornin.

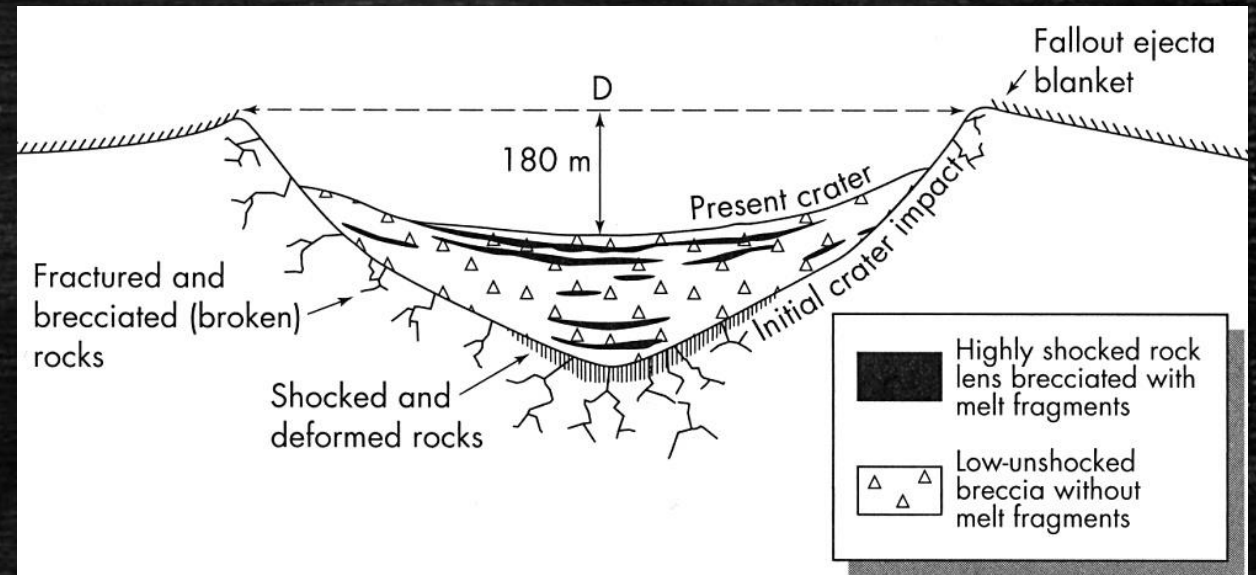
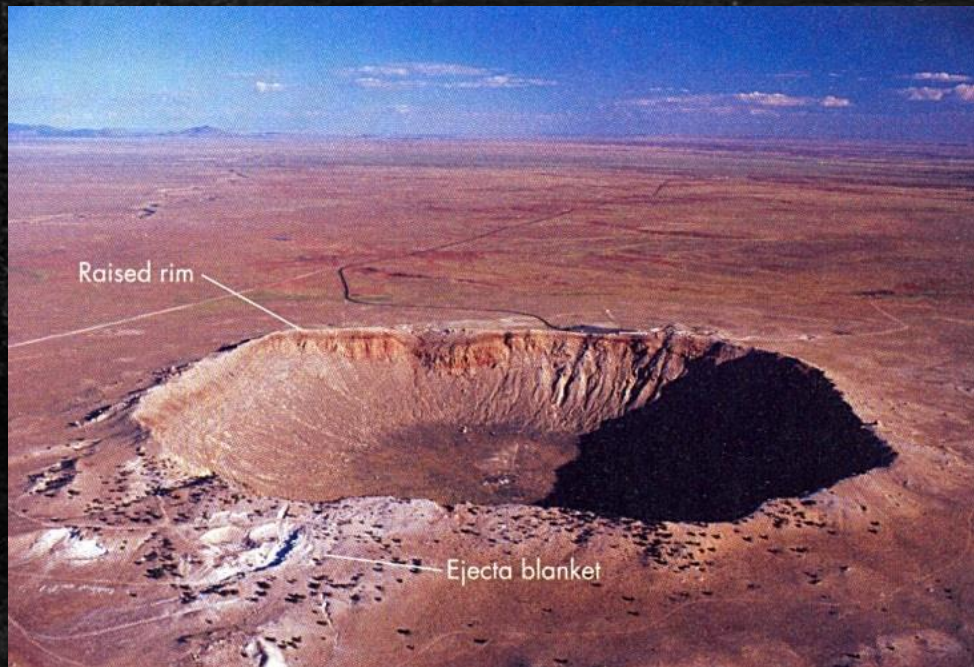
Regionální metamorfóza v orogenních oblastech probíhá zpravidla za středních až vyšších tlaků a je doprovázena intenzivními tektonickými událostmi a magmatickou činností. Často bývá doplněna procesy **periplutonické metamorfózy**.

Regionální metamorfóza okrajů litosféry probíhá v subdukčních zónách při vysokém tlaku a relativně nízké teplotě.



Šoková metamorfóza

Tento velmi speciální typ metamorfózy vzniká při dopadu meteoritů na zemský povrch. Časový interval působení je velmi krátký, nicméně působící teplota a tlak jsou enormní.



Diastrofické procesy

Horniny jsou v zemské kůře a zemském plášti ovlivněny tektonickými silami, které je v určitém časovém horizontu přetváří. Takto vzniklé geologické struktury pak označíme jako **tektonické** nebo **diastrofické**. Obor, který se těmito procesy zabývá, se označuje jako tektonická (nebo strukturní) geologie.

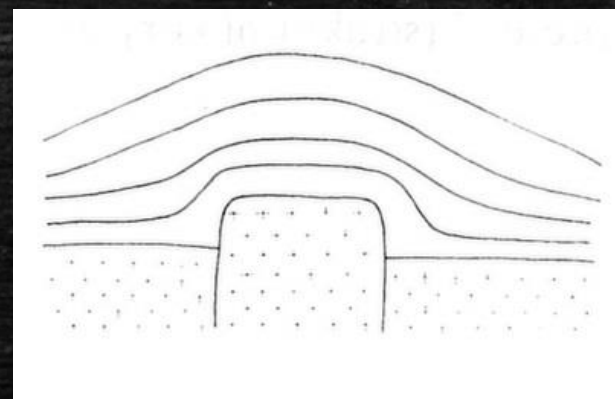
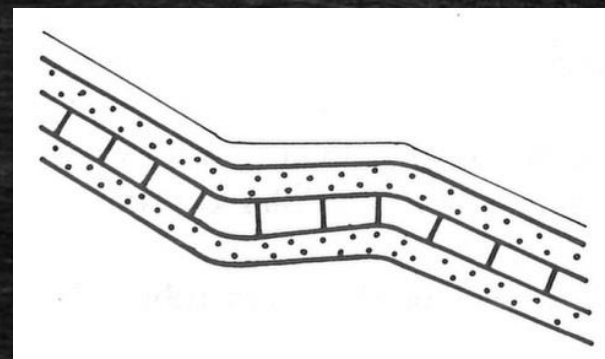
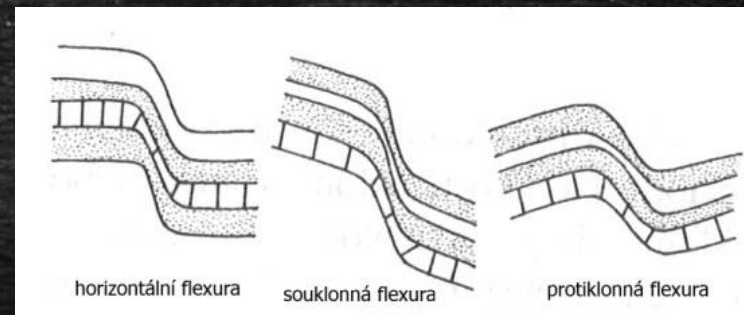
Míra přetvoření geologických struktur může být různá – dochází pouze k mírné deformaci tvaru struktur nebo dochází k porušení spojitosti výchozí struktury. Z toho se také odvozuje základní rozdělení tektonických struktur na **spojité** (př. vrásky) a **nespojité** (př. zlomy).

Spojité neperiodické struktury

Základním typem je lokální, neopakující se ohyb vrstvy – **flexura**. Tvoří dvojité kolenovité ohyb strukturní plochy. Nejčastěji vzniká jako odraz zlomových pohybů v jejím podloží.

Strukturní terasa je obdobou souklonné flexury a projevuje se lokálním snížením velikosti úklonu vrstev.

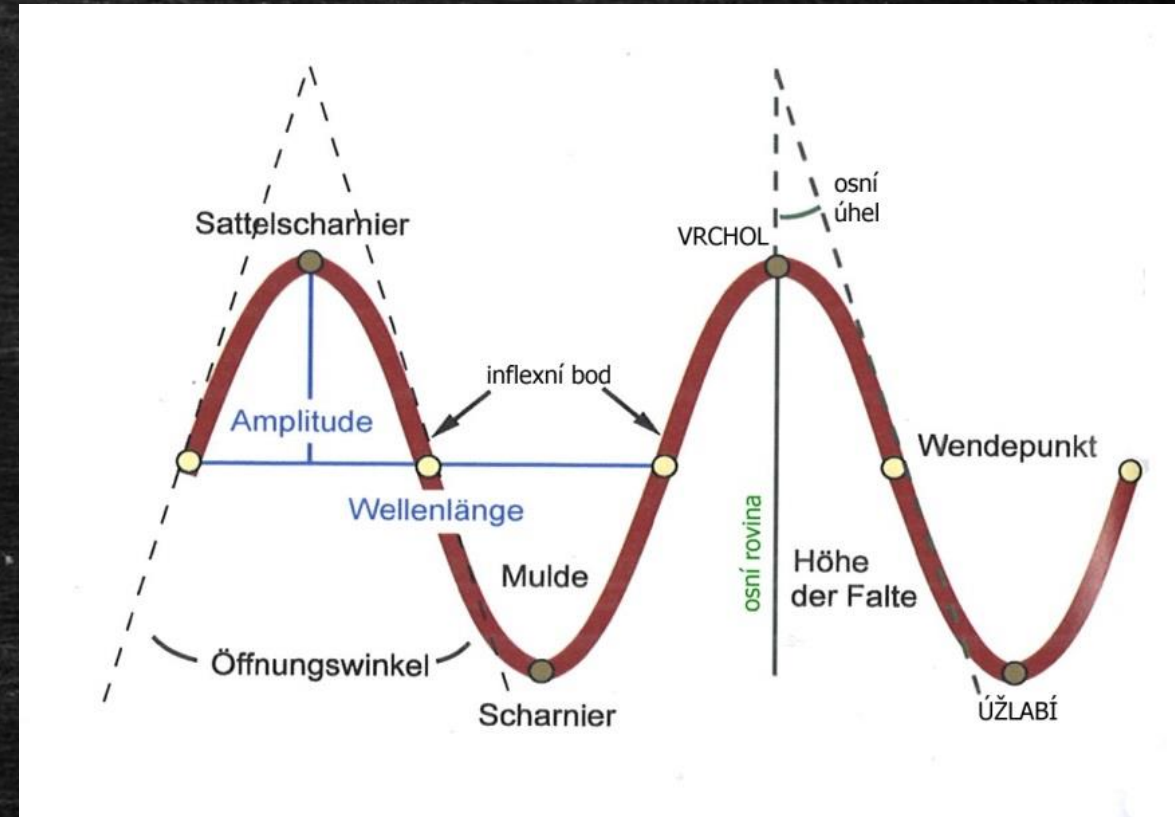
Kopule (dóm) vytváří vypouklé (konvexní), okrouhlé až oválné vyklenutí vrstevní plochy s jedním nejvyšším bodem – vrcholem. Vzniká jako odraz vertikálních pohybů podložních hmot. **Mísa** je konkávní, okrouhlé až oválné prohnutí strukturní plochy, proces vzniku je obdobný jako u kopule.



Spojité periodické struktury I

Hlavním strukturálním tvarem je vrása představující esovitě nebo sinusoidové prohnutí strukturální plochy, které se periodicky opakuje.

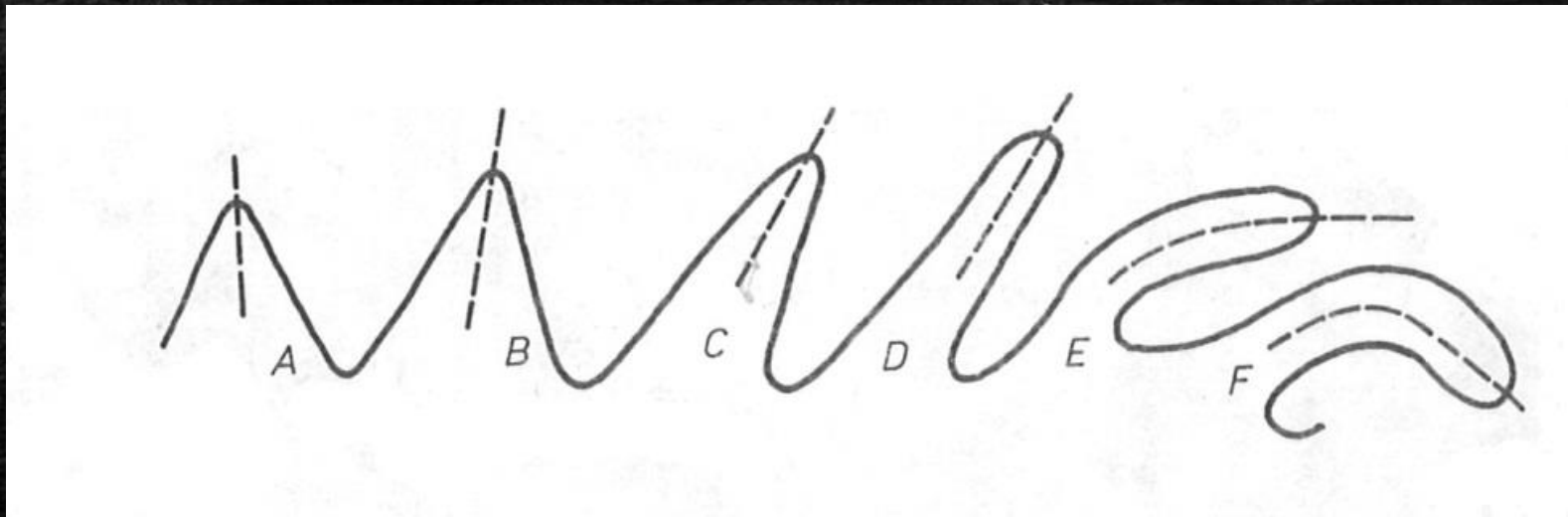
Horní půlvlna se označuje jako antiklinála, spodní půlvlna je synklinála. Vrstvy v jádře antiklinály jsou starší než na jejím povrchu, v synklinále je tomu obráceně. Při komplikovanější deformaci nebo při nejasnosti stáří vrstev se používá obecnějších pojmů **antiforma** a **synforma**.



Spojité periodické struktury II

Podle úklonu osní plochy od horizontální roviny a podle polohy středního ramena vrásky, rozlišujeme vrásky na:

- A. přímé (svislá osní plocha)
- B. šikmé (osní plocha nakloněná, střední rameno nepřekocené)
- C. překocené (osní plocha nakloněná, střední rameno v poloze překocené)
- D. překocené izoklinální
- E. ležaté (osní plocha subhorizontální nebo horizontální, střední rameno překocené)
- F. ponořené (osní plocha se noří pod horizont, část antiklinály se stává synformou).



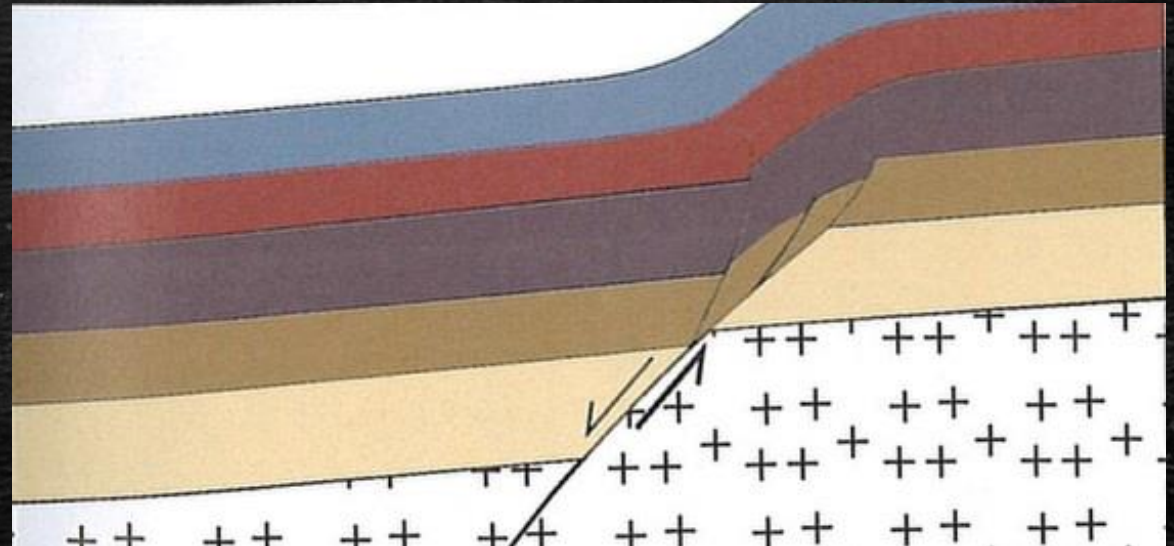
Nespojité struktury I

Pukliny jsou běžným porušením soudržnosti hornin a zpravidla se vyskytují ve více systémech. Každý takový systém je definován svým směrem a sklonem a představuje soubor stejnocenných, přibližně paralelních puklin. Jednotlivé systémy se pro daný horninový komplex mohou, ale nemusí shodovat ve své genezi a době vzniku. Nově vzniklý povrch označujeme jako stěny puklin nebo puklinové plochy.

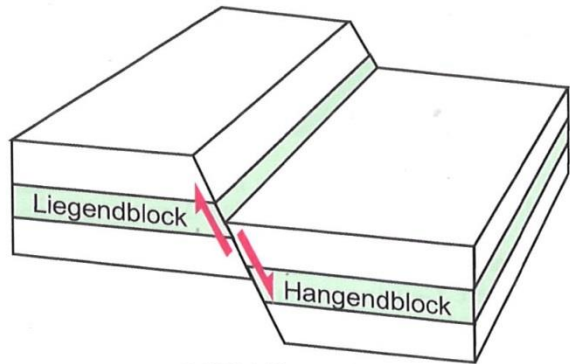


Nespojité struktury II

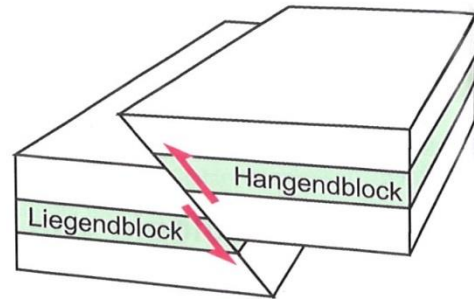
Ve zlomových strukturách představuje porušení spojitosti **zlom**, který původní strukturu rozděljuje na dvě zlomové kry, které jsou vzájemně posunuty. Pukliny bez výraznějšího posunu, ale se značnou směrnou délkou, hloubkovým dosahem nebo velkou šířkou zlomové spáry se také označují jako zlomy.



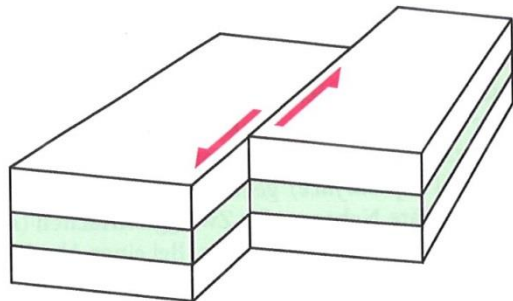
Nespojité struktury III



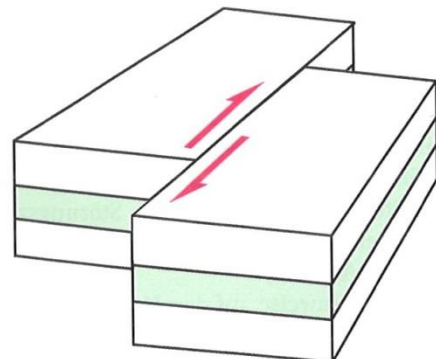
POKLES



PŘESMYK



LEVOSTRANNÝ POSUN (SINISTRAL)



PRAVOSTRANNÝ POSUN (DEXTRAL)

Pokud se nadložní zlomová kra přemístila po úklonu zlomové plochy směrem dolů vůči kře podložní, hovoříme o **poklesovém zlomu – poklesu**.

Pokud se nadložní kra přemístila proti úklonu zlomové plochy směrem nahoru, zlom je označen jako **přesmyk**.

Vzájemný posun ker rovnoběžně se zlomovou linií označujeme jako **horizontální posun**.

Nespojité struktury IV

Příkrovy patří ke zlomovým strukturám. Pojmem příkrov označujeme proces, při kterém je nadložní kra daleko přesunuta přes kru podloží a zároveň se tak označuje přesunované geologické těleso. Tělo příkrovu je v dané oblasti cizorodé, označuje se tedy jako **alochton**, zatímco jeho tektonické podloží je **autochton**.
Z hlediska geneze rozlišujeme příkrovy kerné a vrásové.

