

METAMORFNE STIJENE

Metamorfoza – promjene koje nastaju s povećanjem temperature i tlaka ili djelovanjem mineralnih otopina. One se dešavaju u potpovršinskim, dubljim dijelovima kamene kore i djelomično u gornjem plaštu. Promjene uključuju novu strukturu, novi mineralni sastav ili oboje. Transformacije se dešavaju u čvrstom stanju (ne dolazi do taljenja). Drugim riječima to je mineraloška i strukturna prilagodba čvrste stijene fizikalnim i kemijskim uvjetima koji se razlikuju od onih u kojima je stijena nastala.

Dijageniza također predstavlja promjene uzrokovane povećanjem tlaka i/ili temperature koje se dešavaju prilikom litifikacije sedimenata, međutim, u geologiji se dijageniza ograničava na one procese koji se dešavaju kod temperatura ispod 200°C i tlakova nižih od 300 MPa, odnosno 3 kilobara. Prema tome, metamorfizam se dešava pri temperaturama i tlakovima višim od 200°C i 300 MPa-. Gornja granica metamorfizma definirana je tlakom i temperaturom kod kojih započinje taljenje stijene.. Kada jednom započne taljenje, prelazi se u magmatske procese,

Glavni čimbenici metamorfoze – temperatura, tlak, kemijski aktivni fluid

Faktori koji kontroliraju karakteristike metamorfnih stijena

Sastav protolita (ishodišnih stijena-ranije nastalih stijena podvrgnutih metamorfozi)

Temperatura – povećanje temperature s dubinom (geotermalni gradijent); utiskivanje magme; trenje uzduž rasjednih linija

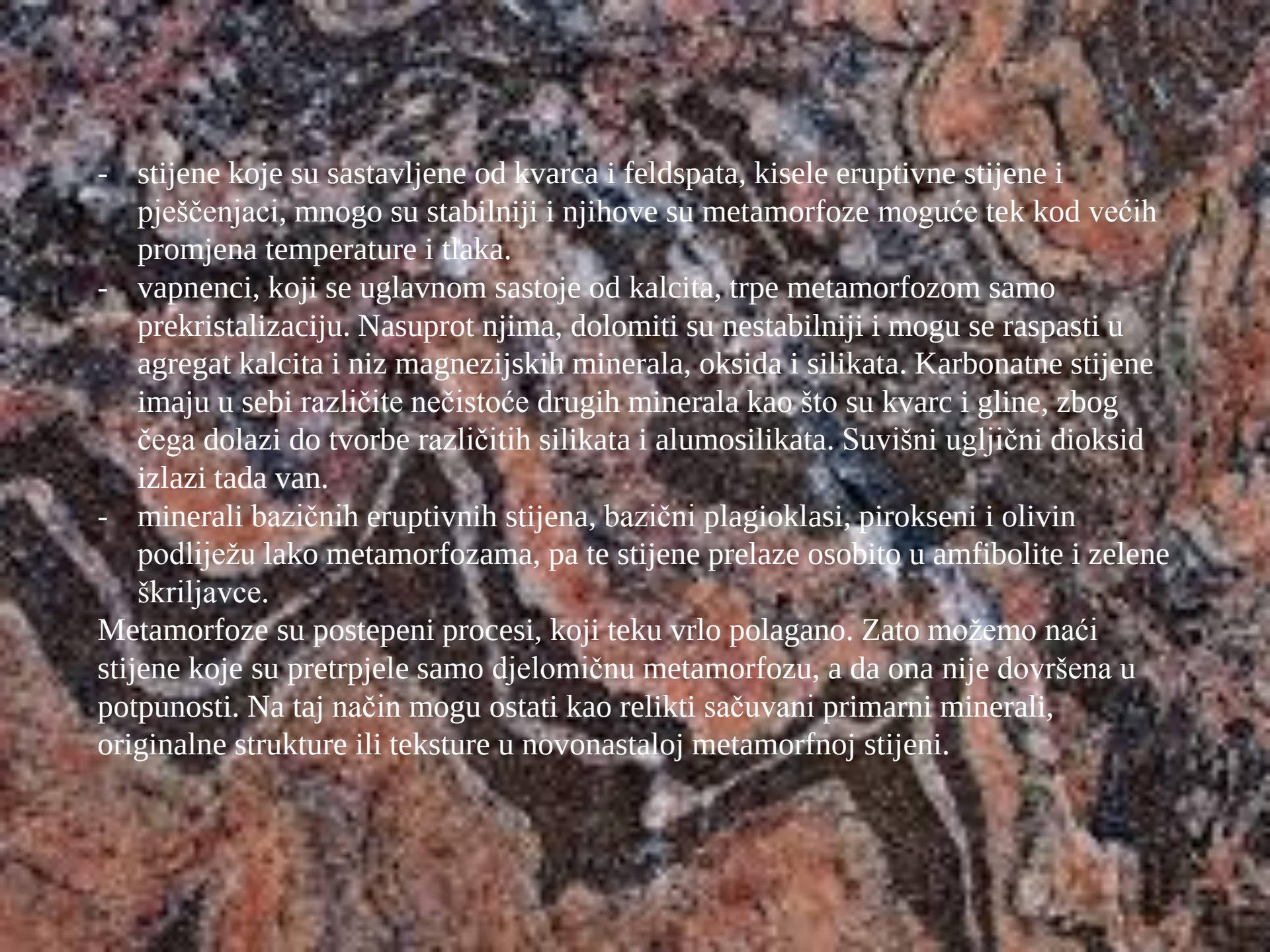
Tlak – uniformni ili litostatski (hidrostatski) stres; usmjereni ili diferencijalni stres. Razlikujemo tri vrste diferencijalnog stresa: kompresija, tenzija i smicanje

Kemijski aktivni fluid – H_2O , CO_2 , CH_4 , H_2S

Temperatura utječe na mineralni sastav metamorfne stijene, a tlak na teksture i strukture. Uz tlak i temperaturu važni faktori u metamorfizmu su i koncentracija (aktivitet, fugacitet) i voda (kao katalizator i prijenosnik tvari). Dakle, kakav će rezultat imati metamorfoza odnosno koju ćemo metamorfnu stijenu dobiti i kakav će biti njen mineralni sastav, zavisi ne samo o vrsti i intenzitetu promijenjenih fizičko-kemijskih uvjeta, nego i o kemijskom i mineralnom sastavu ishodišne stijene. Ukoliko ne dođe do priljeva novih mineralnih tvari, kemijski će sastav metamorfozirane stijene ostati uglavnom isti, samo se mora uzeti u obzir da može doći do stanovitog gubitka vode i ugljične kiseline. Naprotiv, mineralni sastav stijene mijenja se u većini slučajeva.

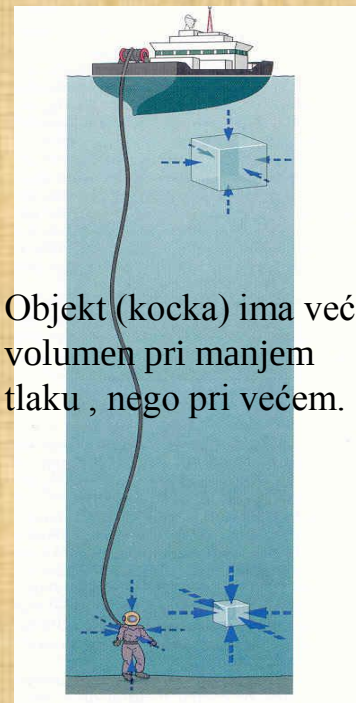
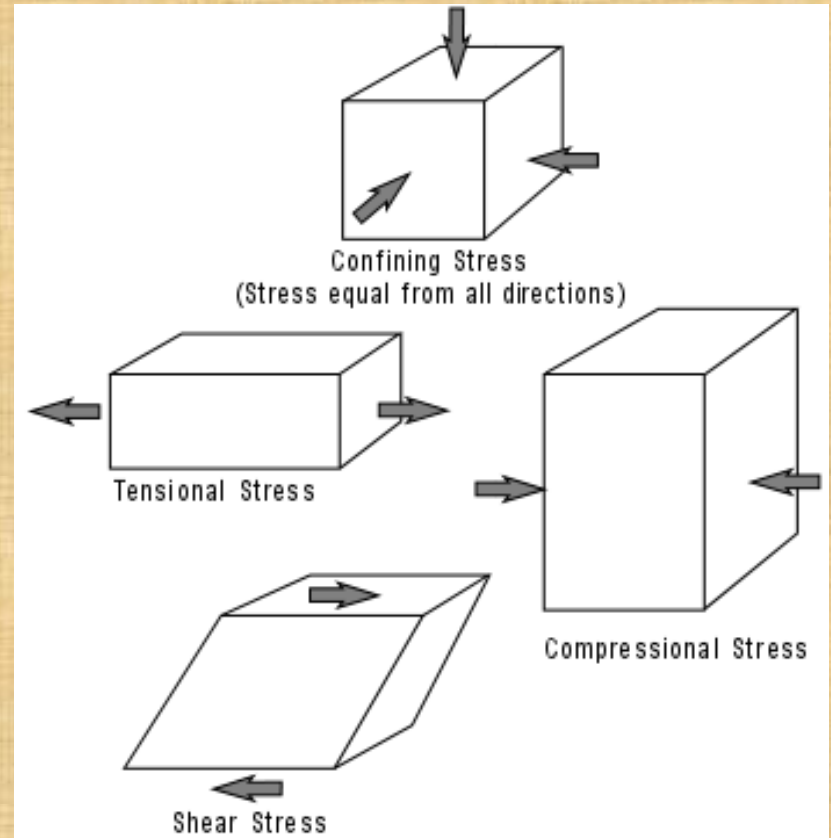
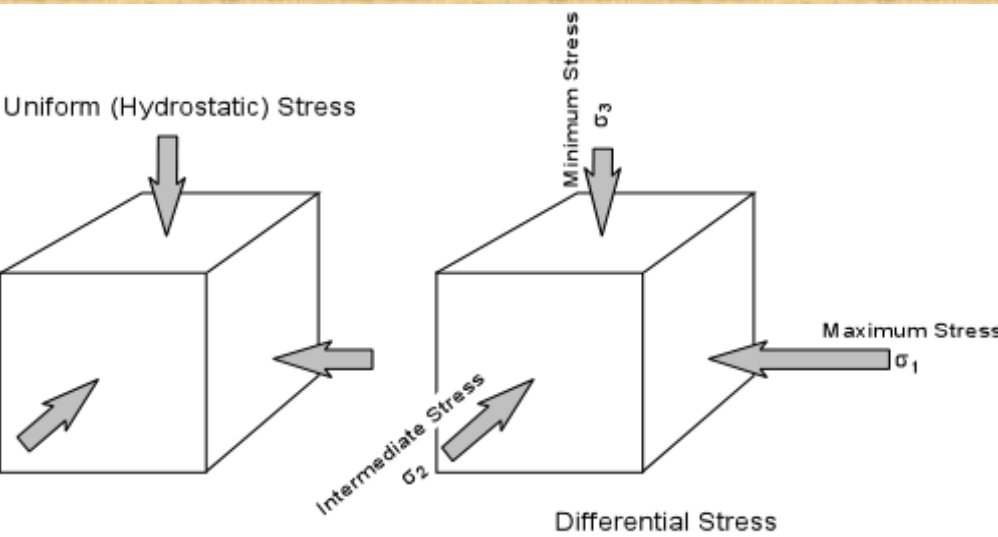
Evo nekoliko primjera:

- zbog djelovanja povišene temperature prijeći će primjerice šejl, koji je sastavljen od amorfnih aluminijevih silikata s vodom, amorfnih željeznih hidroksida, kvarca te nešto muskovita i klorita, u hornfels sastavljen od kremena, andaluzita, kordijerita, biotita i feldspata. Ako je metamorfozu uvjetovao znatno viši tlak, nastat će granatski tinjčev škrljavac, koji se sastoji od kremena, muskovita, biotita i granata. Međutim kemijski sastav ishodišnog šejla, hornfelsa i granatskoga tinjčevog škrljavca ostat će isti.
- glinoviti sedimenti (npr. šejlovi), koji su sastavljeni od finih čestica glinenih tvari, stabilni su samo kod niske temperature i niskog tlaka. Oni relativno lako podliježu već i manjem stupnju metamorfoze. Zato pokazuju gotovo kontinuirane prijelaze od šejlova preko stijena s različitim stupnjem metamorfoze do potpuno metamorfoziranog kamena: glina - šejlovi - filiti - tinjčevi škrljavci – gnajsevi.

- 
- stijene koje su sastavljene od kvarca i feldspata, kisele eruptivne stijene i pješčenjaci, mnogo su stabilniji i njihove su metamorfoze moguće tek kod većih promjena temperature i tlaka.
 - vapnenci, koji se uglavnom sastoje od kalcita, trpe metamorfozom samo prekrystalizaciju. Nasuprot njima, dolomiti su nestabilniji i mogu se raspasti u agregat kalcita i niz magnezijskih minerala, oksida i silikata. Karbonatne stijene imaju u sebi različite nečistoće drugih minerala kao što su kvarc i gline, zbog čega dolazi do tvorbe različitih silikata i alumosilikata. Suvišni ugljični dioksid izlazi tada van.
 - minerali bazičnih eruptivnih stijena, bazični plagioklasi, pirokseni i olivin podliježu lako metamorfozama, pa te stijene prelaze osobito u amfibolite i zelene škriljavce.

Metamorfoze su postepeni procesi, koji teku vrlo polagano. Zato možemo naći stijene koje su pretrpjele samo djelomičnu metamorfozu, a da ona nije dovršena u potpunosti. Na taj način mogu ostati kao relikti sačuvani primarni minerali, originalne strukture ili teksture u novonastaloj metamorfnoj stijeni.

LITOSTATSKI (hidrostatski) tlak-analogno hidrostatskom tlaku djeluje jednako u svim smjerovima na neki objekt.



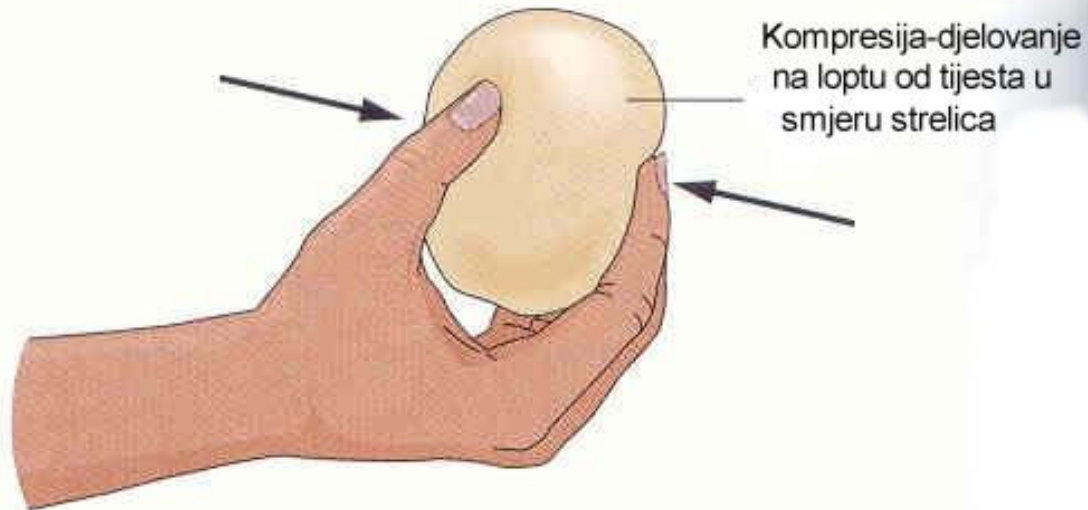
Objekt (kocka) ima veći volumen pri manjem tlaku, nego pri većem.

DIFERENCIJALNI STRES

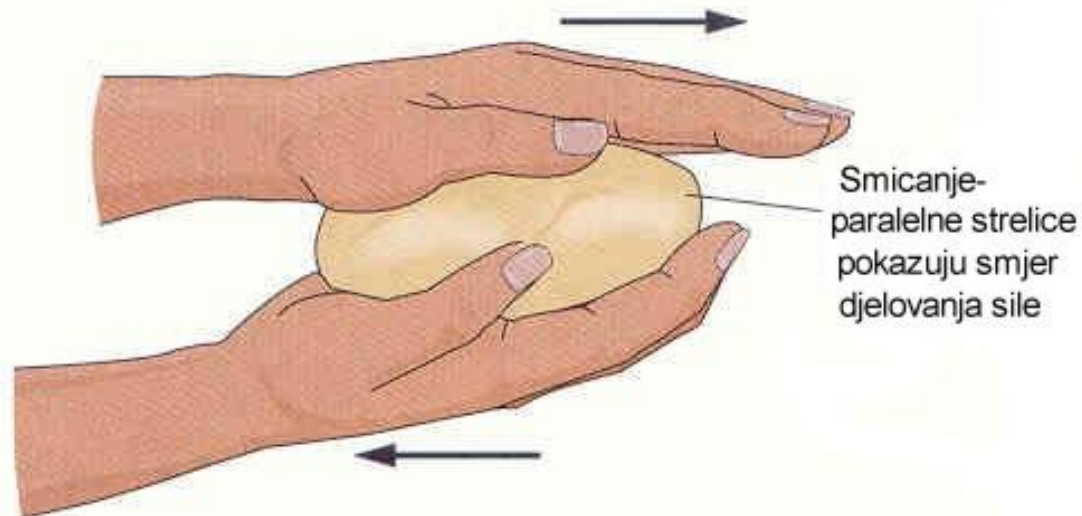
Ako stres nije jednak u svim smjerovima, tada ga nazivamo diferencijalni stres. Ako diferencijalni stres djeluje na stijenu, smjer djelovanja maksimalne komponente stresa označava se σ_1 , smjer minimalnog stresa σ_3 , a stres srednje veličine σ_2 . Razlikujemo tri vrste diferencijalnog stresa: kompresija, tenzija, smicanje (shear stress). Tenzijski stres će djelovati duž pravca djelovanja minimalnog stresa σ_3 , koji će u tom slučaju biti negativan, što će imati za posljedicu razvlačenje (ekstenziju). Javlja se u plićim dijelovima Zemljine kore.

Usmjereni tlak-STRES

Sila je izraženija u određenim smjerovima



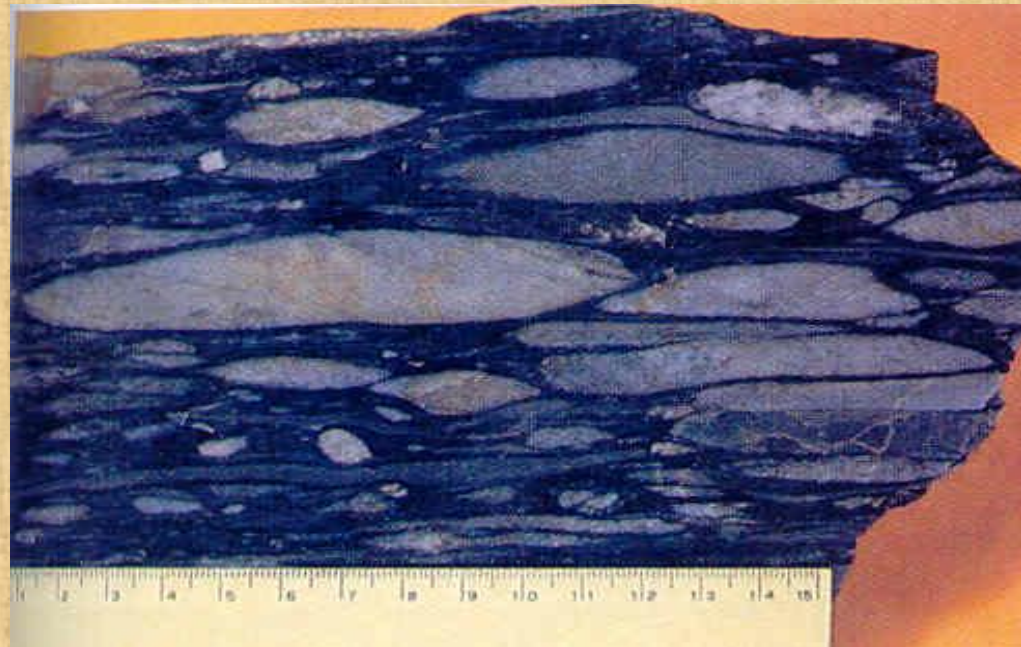
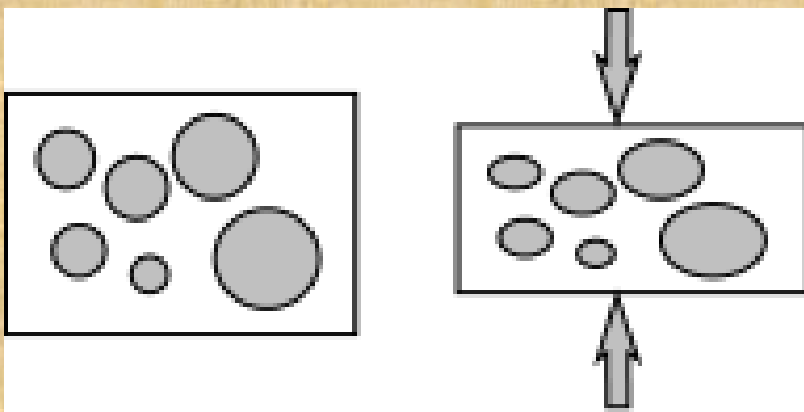
A



B

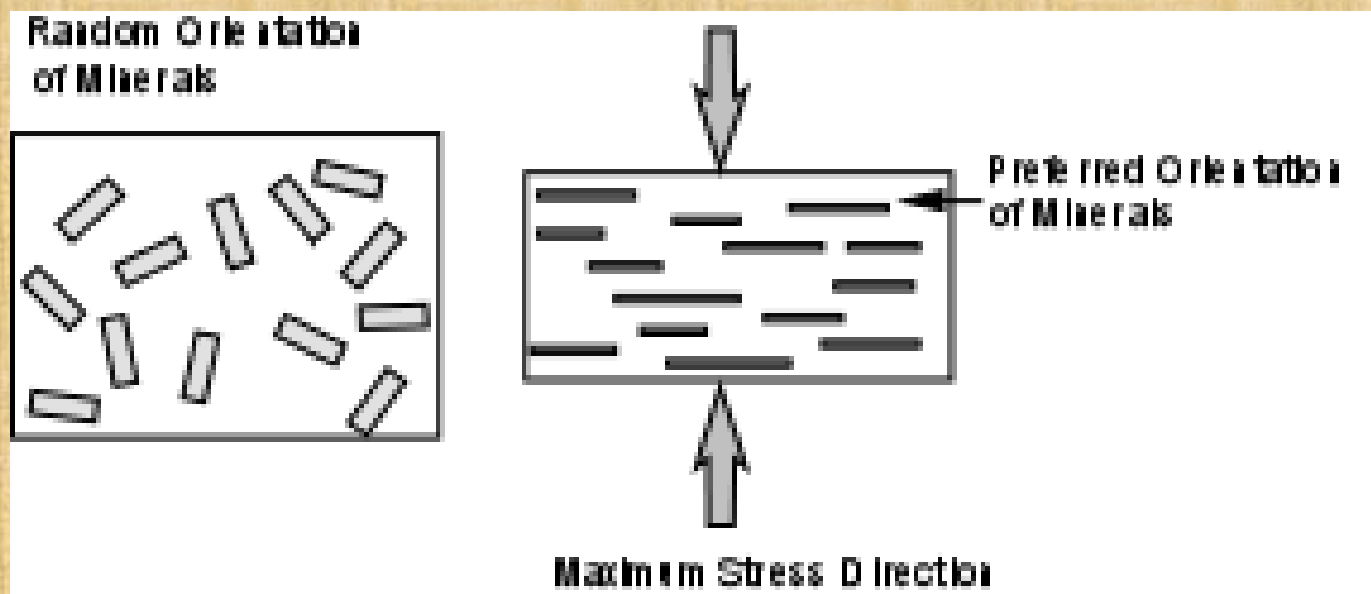
Djelovanje diferencijalnog stresa

Metamorfozirani konglomerat – okrugle valutice postaju spljoštene, izdužene okomito na smjer maksimalnog kompresijskog stresa i imaju preferiranu orijentaciju,



Djelovanje diferencijalnog stresa

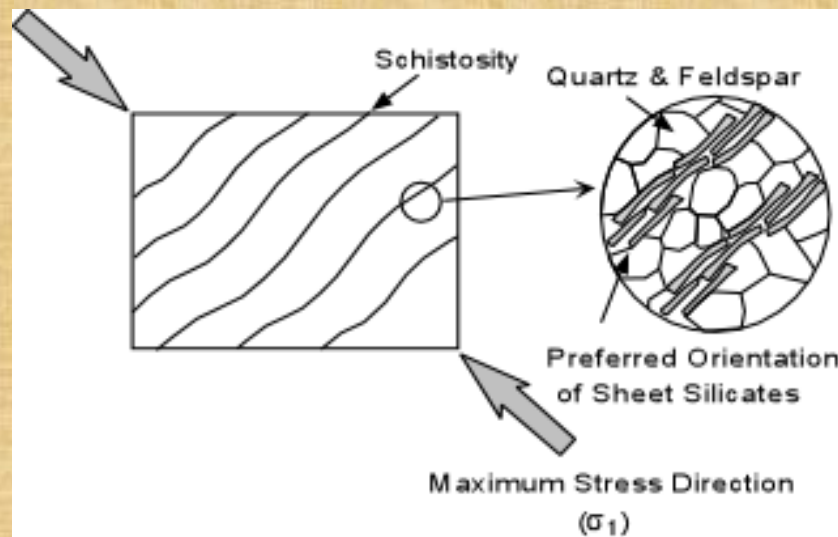
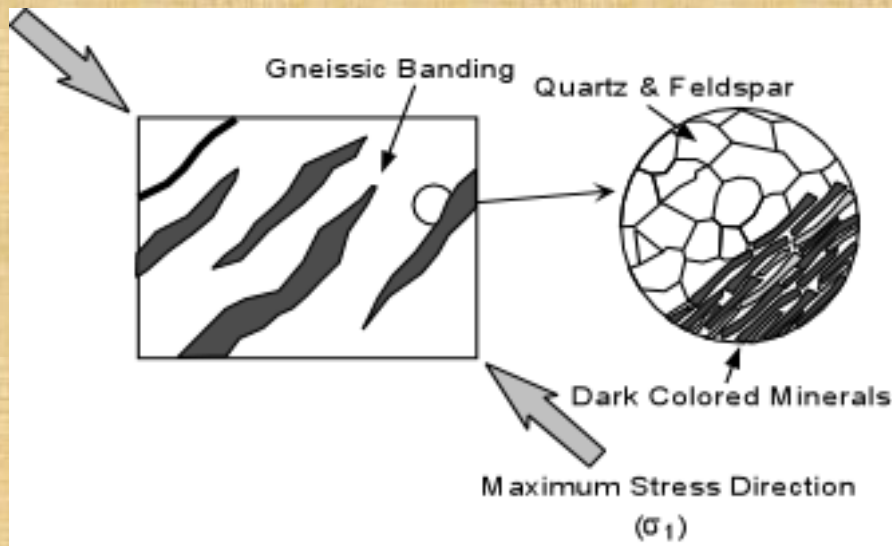
Minerali koji nastaju u pod utjecajem diferencijalnog stresa također mogu razviti preferiranu orijentaciju. Izduženi (pločasti, listićavi, štapićasti) minerali rast će tako da im je smjer izduženja okomit na smjer maksimalnog stresa.



Tekstura metamorfnih stijena –

Većina metamorfnih stijena nastalih pod utjecajem diferencijalnog stresa pokazuju škriljavost ili folijaciju. Folijacija podrazumijeva bilo koji vid planarne građe u metamorfnoj stijeni, a nastaje raspoređivanjem minerala u "slojeve" okomito na pritisak. Škriljavost se odnosi na također paralelno redanje minerala okomito na smjer pritiska, a pojam se ograničava na one metamorfne stijene kod kojih su minerali vidljivi golim okom.

Škriljavost (folijacija) se očituje u paralelnom slaganju lističavih i štapićastih minerala (npr. biotita, muskovita klorita, amfibola, epidota...), zatim u paralelnom slaganju leukokratskih i melanokratskih minerala, naizmjeničnom paralelnom slaganju krupnozrnatog i sitnozrnatog mineralnog agregata, te naizmjeničnog paralelnog slaganja zrnatih i lističavih minerala.



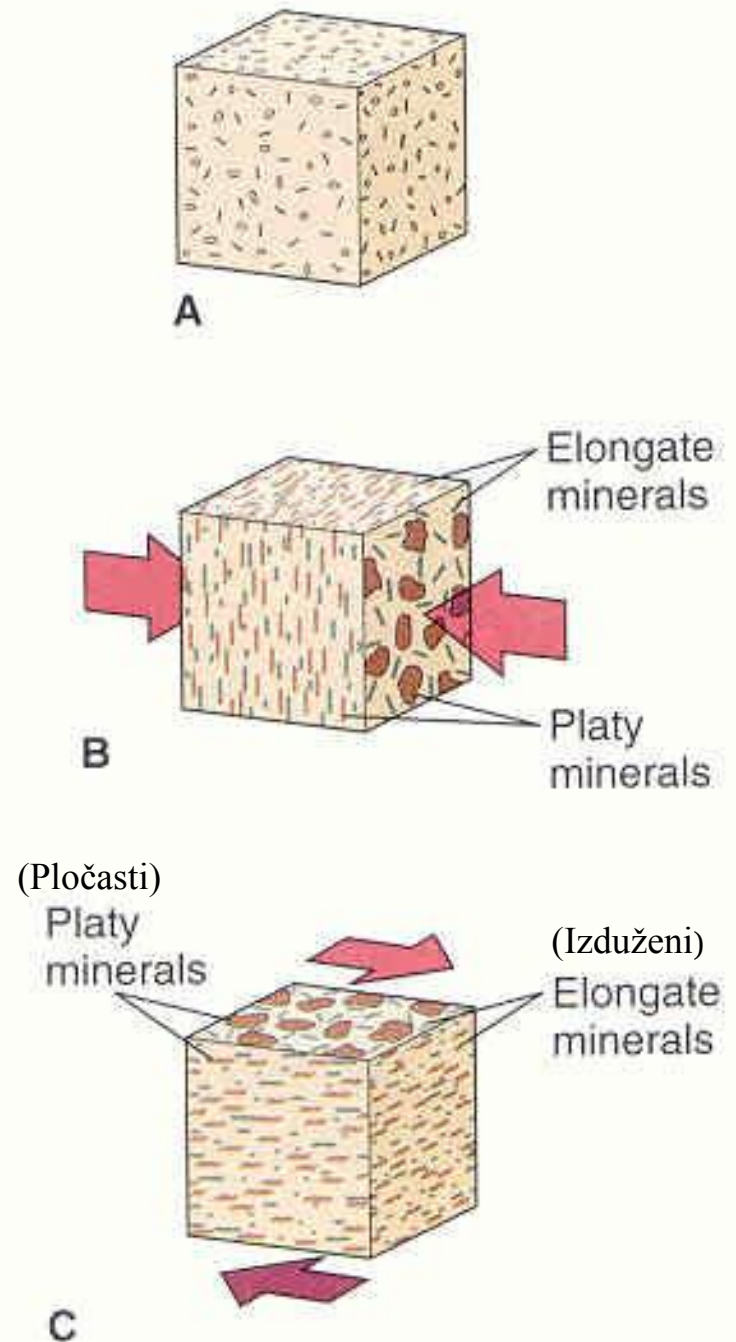
Shematski prikaz škriljavosti koja se očituje u izmjeni leukokratskih (svjetlo obojenih) i melanokratskih (tamno obojenih), te izmjeni zrnatih i lističavih minerala.

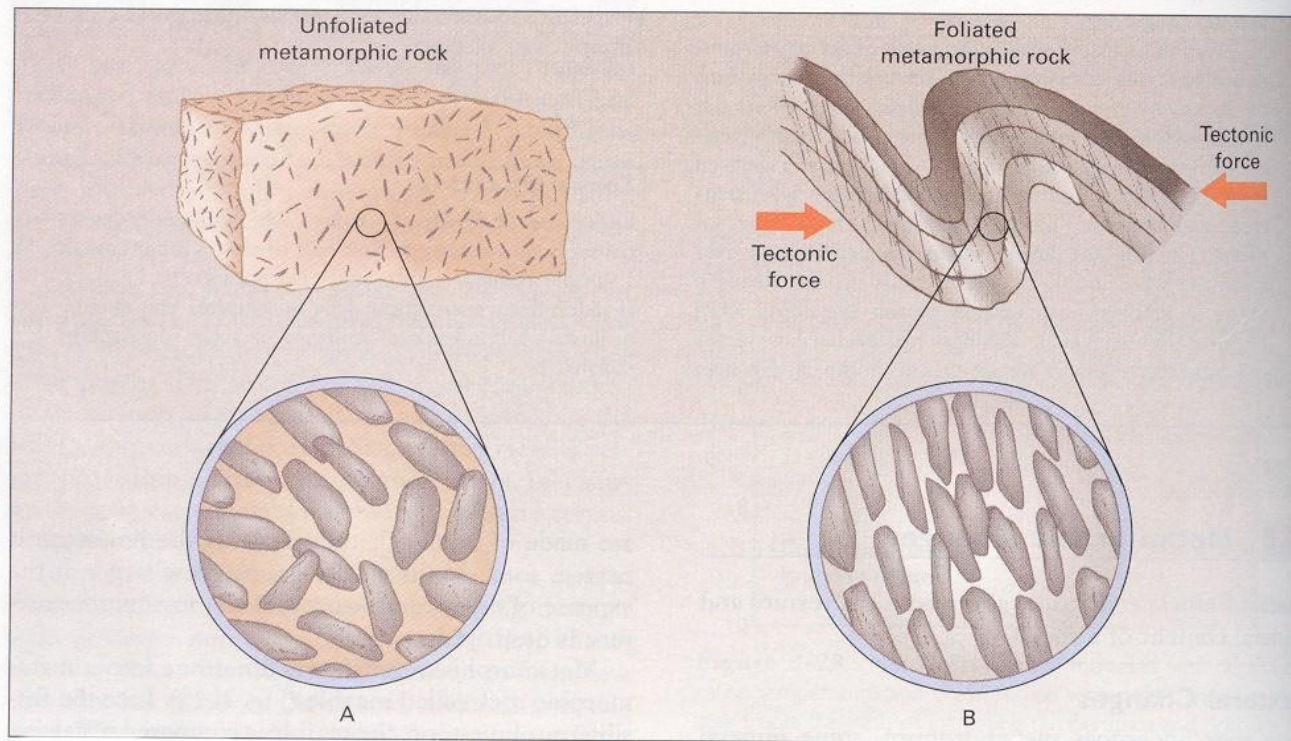
Nema diferencijalnog stresa.
Pločasti, lističavi i izduženi
minerali nasumično
orijentirani

Pločasti, lističavi i izduženi minerali
prekristaliziraju pod utjecajem
kompresijskog stresa

Pločasti, lističavi i izduženi minerali
prekristaliziraju pod utjecajem smicanja

Preuzeto iz Plummer, Mcgeary & Carlson (2001): Physical Geology





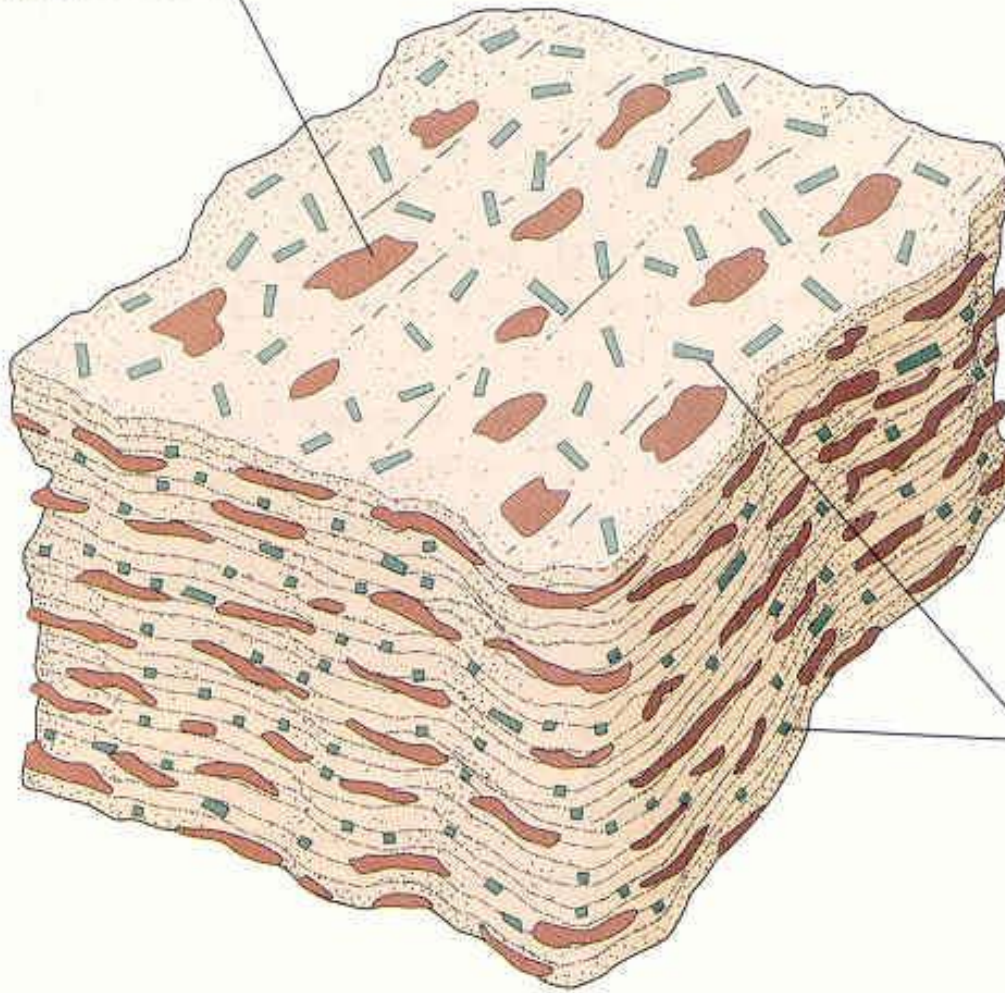
Slično
prethodnom
sajdu

- A) Kada se metamorfizam dešava bez deformacija, listići tinjaca rastu u nasumičnoj orijentaciji
- B) Kada metamorfizam prati deformacija (u ovom slučaju kompresijski stres), listići tinjaca orijentiraju se okomito u odnosu na silu (strelice) formirajući metamorfnu stijenu s izraženom folijacijom.

Folijacija (škriljavost)

(pločasti)

Platy minerals such as mica

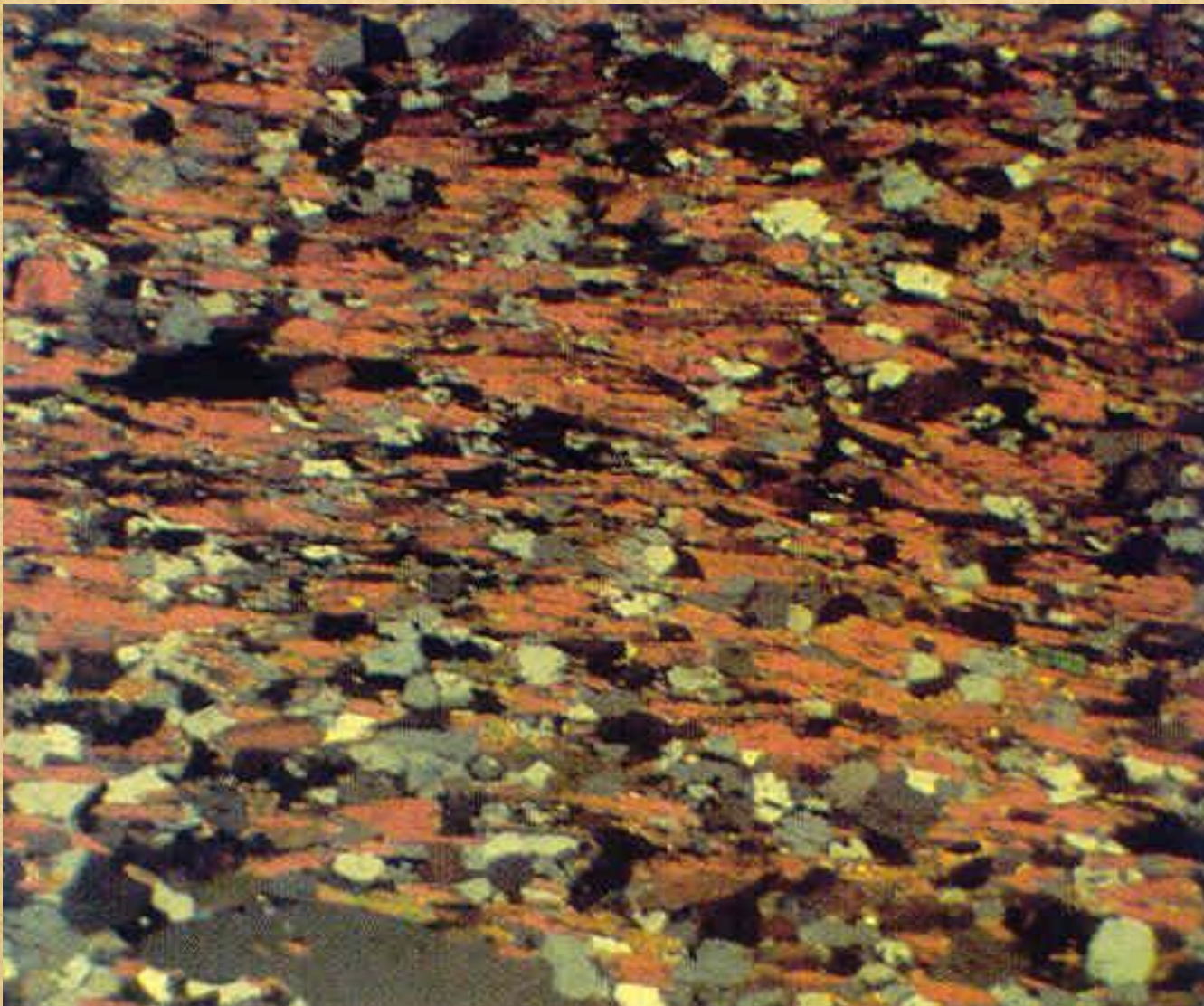


(igličasti)

Needlelike
minerals
such as
amphibole

Shematski prikaz folijacije, odnosno škriljavosti

Folijacija (škriljavost)



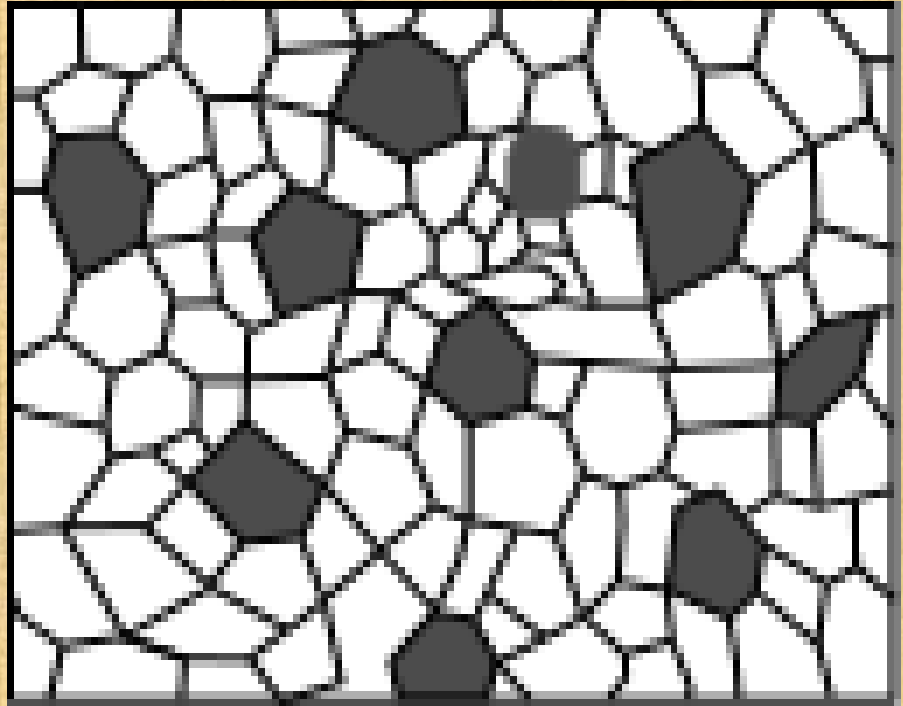
Fotografija mikroskopskog preparata metamorfne stijene s izraženom folijacijom.

Tekstura metamorfnih stijena –

Homogena i masivna tekstura karakteristična je za metamorfne stijene nastale pod visokim hidrostatskim tlakom (eklogiti, granuliti) kao i za kontaktno-metamorfne stijene (mramori, kvarciti, hornfelsi)



Fotografija mikroskopskog preparata metamorfne stijene bez izražene folijacije, homogene i masivne teksture



Shematski prikaz homogene i masivne teksture i granoblastične strukture

Struktura metamorfnih stijena

Struktura metamorfnih stijena posljedica je istodobne prekristalizacije minerala. Zbog toga kod metamorfnih stijena ne može biti govora o pravilnom redoslijedu kristalizacije minerala, a time i njihovih specifičnih strukturnih obilježja vezanih uz redoslijed kristalizacije, kao što je bio slučaj kod magmatskih stijena. Prema "vremenu" nastanka u odnosu na sam metamorfni događaj, strukture se dijele na: reliktna (nastale prije metamorfnog događaja odnosno ostale sačuvane kao karakteristike protolita i nakon metamorfoze), tipomorfne (novonastale strukture, direktna posljedica metamorfizma) i naknadne strukture (nastale djelovanjem različitih procesa nakon glavne faze metamorfizma).

RELIKTNE STRUKTURE = strukture protolita (ishodišnih stijena) koje su ostale sačuvane u novonastaloj metamorfnoj stijeni - stijene mogu dobiti prefikse: meta- (+ izvorni naziv) (metamorfne stijene čiji je protolit još uvijek prepoznatljiv jer promjene nisu bile značajne), orto- (protolit je bio magmatska stijena), para- (protolit je sedimentna stijena)

Struktura metamorfnih stijena

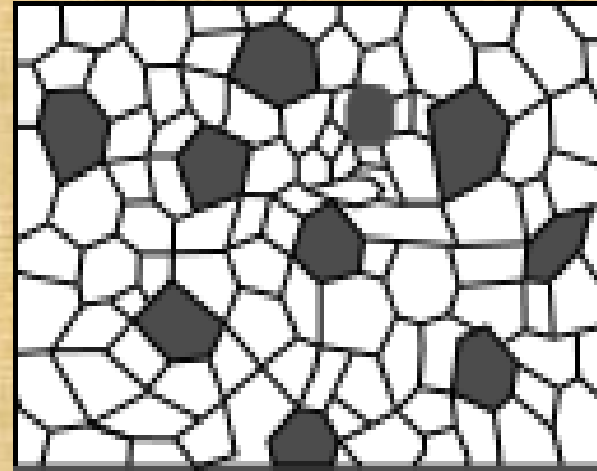
TIPOMORFNE STRUKTURE - vezane uz same metamorfne stijene

- a) granoblastična struktura - odgovara zrnatoj strukturi kod magmatskih stijena; sastoji se od podjednakih mineralnih zrna - granoblastična poligonalna str. - bridovi mineralnih zrna zatvaraju međusobno kuteve od 120° , što ukazuje na ravnotežne uvjete pri rastu minerala - poikiloblastična str.- prisutni su porfiroblasti koji sadrže velik broj malenih uklopaka mineralnih zrna matriksa - homeoblastična str. - zrna su podjednaka (npr. mramori) - heteroblastična str. - zrna su različita (npr. kod hornfelsa)
 - b) nematoblastična struktura - označava istovrsnu orijentaciju štapičastih minerala u stijeni
 - c) lepidoblastična struktura - označava orijentaciju lističavih minerala u ravnini okomitoj na smjer pritiska
-
- blast = mineralno zrno koje je raslo u čvrstom stanju tijekom metamorfizma
 - idioblast = pravilno razvijeno mineralno zrno
 - ksenoblast = anhedralno, nepravilno mineralno zrno
 - porfiroblast = mineralno zrno koje je znatno veće od ostalih mineralnih zrna u stijeni (nastaju u uvjetima prisutnosti malog broja nukleacijskih jezgara, a velike količine materijala)

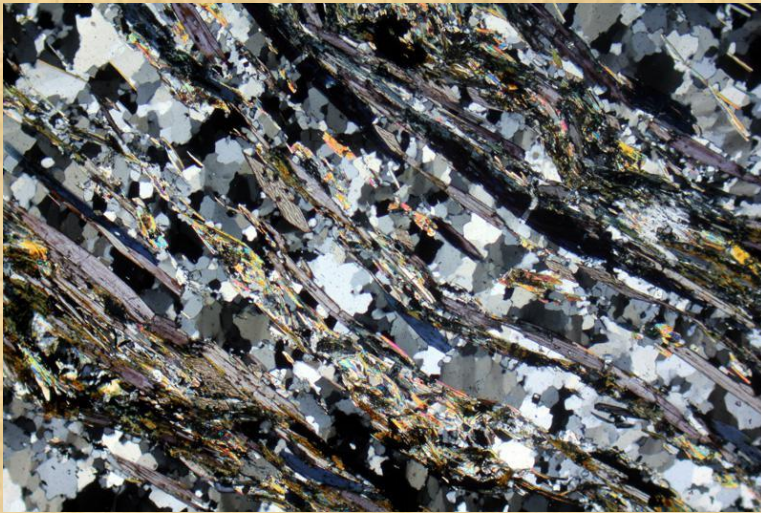
Struktura metamorfnih stijena



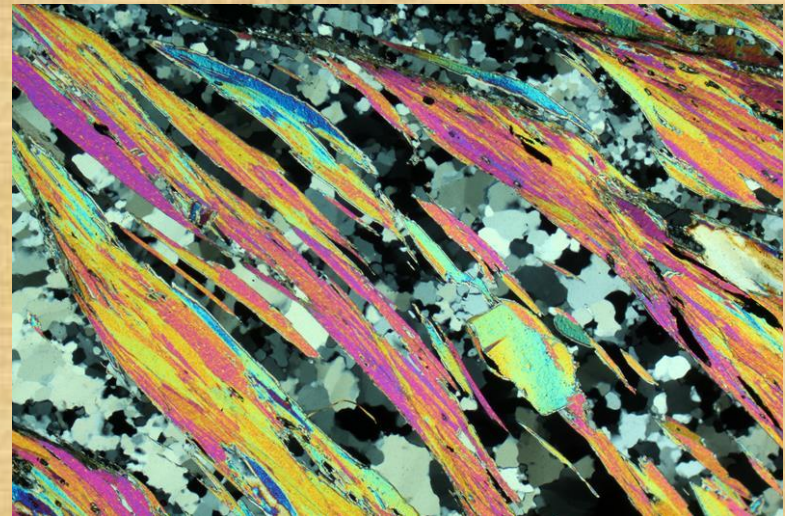
Granoblastična struktura. Fotografija mikroskopskog preparata mramora s ksenoblastičnim kristalima kalcita. Duljina dužeg brida 7mm.



Shematski prikaz granoblastične strukture



Folijacija izražena izmjenom nematoblastičnih (štapčasta zrna glaukofana) i granoblastičnih dijelova (kvarc) u eklogitu. Duljina dužeg brida 7mm.



Folijacija izražena izmjenom lepidoblastičnih (listići muskovita) i granoblastičnih dijelova (ekvidimenzionalni kvarc) u tinjčevom škriljavcu. Duljina dužeg brida 7mm.

Struktura metamorfnih stijena

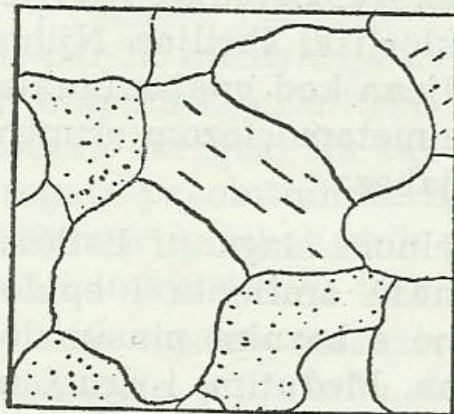
d) kataklastične strukture - vezane uz deformaciju i istovremeni rast minerala

- klast = reliktni minerali zaostali iz ishodišne stijene, uklopljeni u novi materijal
- ovisno o stupnju deformacije (od krupnijih prema sitnijim zrnima): mortar str., brečasta, okasta (augen), milonitna, ultramilonitna
- šivana struktura - kada na kontaktu zrna dolazi do prodiranja jednog zrna u drugo (zbog otapanja uslijed pritiska), pa zrna pokazuju šivani ili saturirani rub (npr. zrna u kvarcitu) – taj tip strukture upućuje na visoke tlakove
- subgrains - nekoliko manjih zrna nastalih raspadom jednog većeg
- palisade - štapičasti minerali koji se nalaze jedan pored drugog, poput ogradice

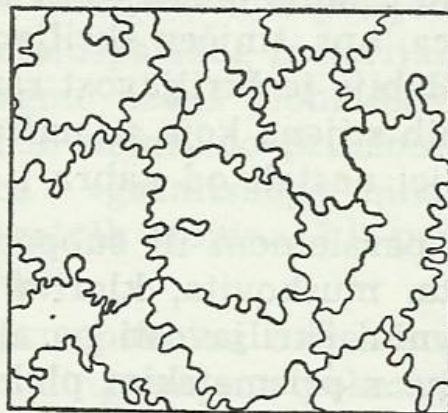
NAKNADNE STRUKTURE = nastaju djelovanjem raznih procesa nakon glavne faze metamorfizma

- mrežasta struktura - nastaje kada serpentin potiskuje olivin ili piroksen u stijeni, pa se mineralna zrna piroksena nalaze u "mreži" serpentina

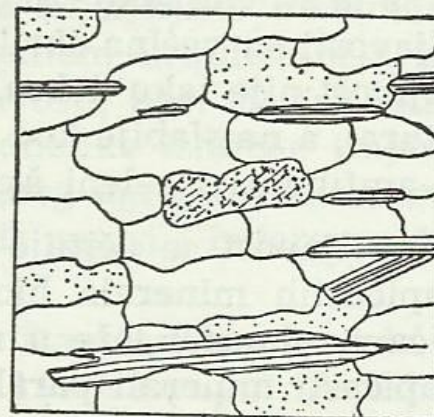
Strukture metamorfnih stijena



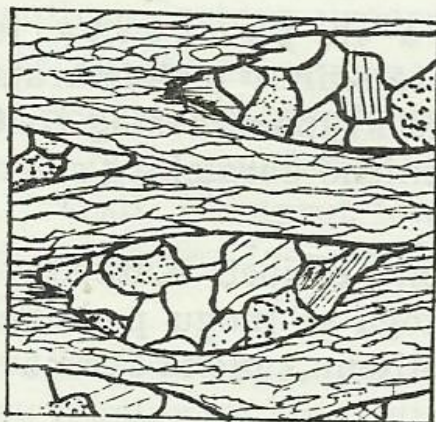
granoblastična



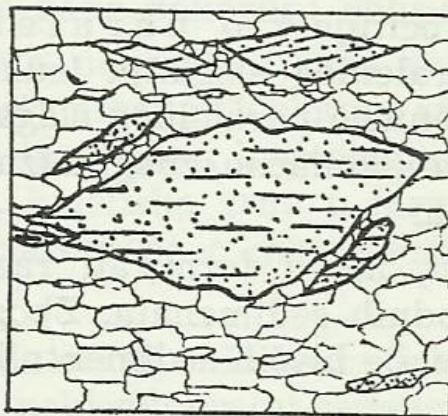
šivana



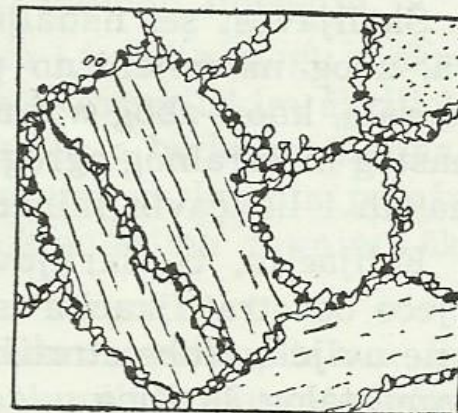
škriljava



flaser



okasta



mortar

KLASIFIKACIJE METAMORFNIH STIJENA

- Metamorfne stijene su klasificirane prema strukturi, teksturi i sastavu (mineralnom ili kemijskom)
- Mogu sadržavati prefikse da bi se naglasio određeni teksturni, strukturni ili mineralni aspekt
- Naziv stijene mora sadržavati informaciju o stijeni i razlikovati je od ostalih stijena, a naziv može obuhvatiti: protolit, strukturu/teksturu stijene i mineralnu zajednicu, vrstu metamorfizma.
- Naziv stijene ovisi o tome što želimo naglasiti npr.hornblenda škriljavac (teksturni aspekt i dominantan mineral), amfibolit (metamorfni stupanj i mineralna zajednica), metabazalt (porijeklo stijene).

KLASIFIKACIJE METAMORFNIH STIJENA

Stijene koje pokazuju škriljavost ili folijaciju:

Slejt je kompaktna, sitnozrnata metamorfna stijena s dobro razvijenom folijaciom. Sveže plohe folijacije su bez sjaja.



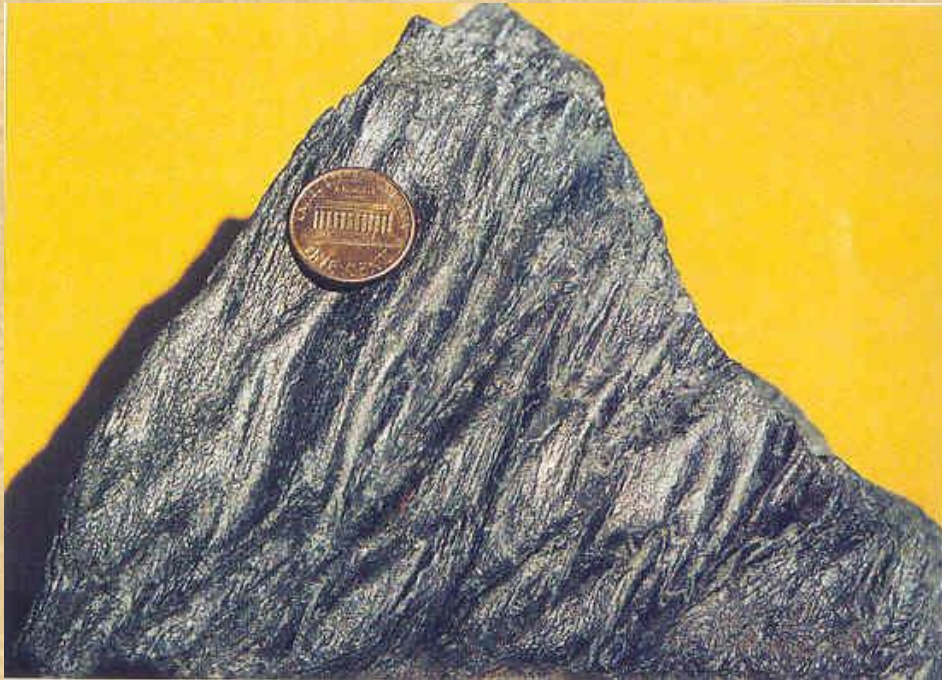
SLEJT



KLASIFIKACIJE METAMORFNIH STIJENA

Stijene koje pokazuju škriljavost ili folijaciju:

Filit je škriljava metamorfna stijena u kojoj sitni filosilikati (sericit/fengit i/ili klorit) na svježe odkalanoj plohi daju svilenkast sjaj. Pokazuju folijaciju.



FILIT



KLASIFIKACIJE METAMORFNIH STIJENA

Stijene koje pokazuju škriljavost ili folijaciju:



GRANATSKI TINJČEVI ŠKRILJAVCI

Škriljavci su metamorfne stijene koje pokazuju škriljavost. Ovdje je potrebno spomenuti da se pojam škriljavost u općoj upotrebi ograničava na one metamorfne stijene kod kojih su minerali vidljivi golim okom.

TINJČEV ŠKRILJAVAC



KLASIFIKACIJE METAMORFNIH STIJENA

Stijene koje pokazuju škriljavost ili folijaciju:

GNAJS



Gnajs je metamorfna stijena koja pokazuje specifičnu gnajnsnu teksturu. Ona se sastoji od "slojeva" izmjene leukokratskih i melanokratskih minerala, što stijeni daje vrpčast izgled.

OKASTI GNAJS



KLASIFIKACIJE METAMORFNIH STIJENA bez preferirane orijentacije:

Granofels je zajednički termin za sve izotropne stijene odnosno stijene bez preferirane orijentacije. One se ne kalaju pri udarcu čekićem.

- Hornfels je vrsta granofelsa koja je sitnozrnata i kompaktna, a javlja se u kontaktnim aureolama.
- Mramor je metamorfna stijena koja u mineralnom sastavu ima pretežno kalcit i/ili dolomit, a čiji je protolit bila vapnenačka ili dolomitna sedimentna stijena.
- Kvarcit je metamorfna stijena u čijem mineralnom sastavu prevladava kvarc. Protolit je bio pješčenjak.



MRAMOR



KVARCIT

KLASIFIKACIJE METAMORFNIH STIJENA - Specifične metamorfne stijene:



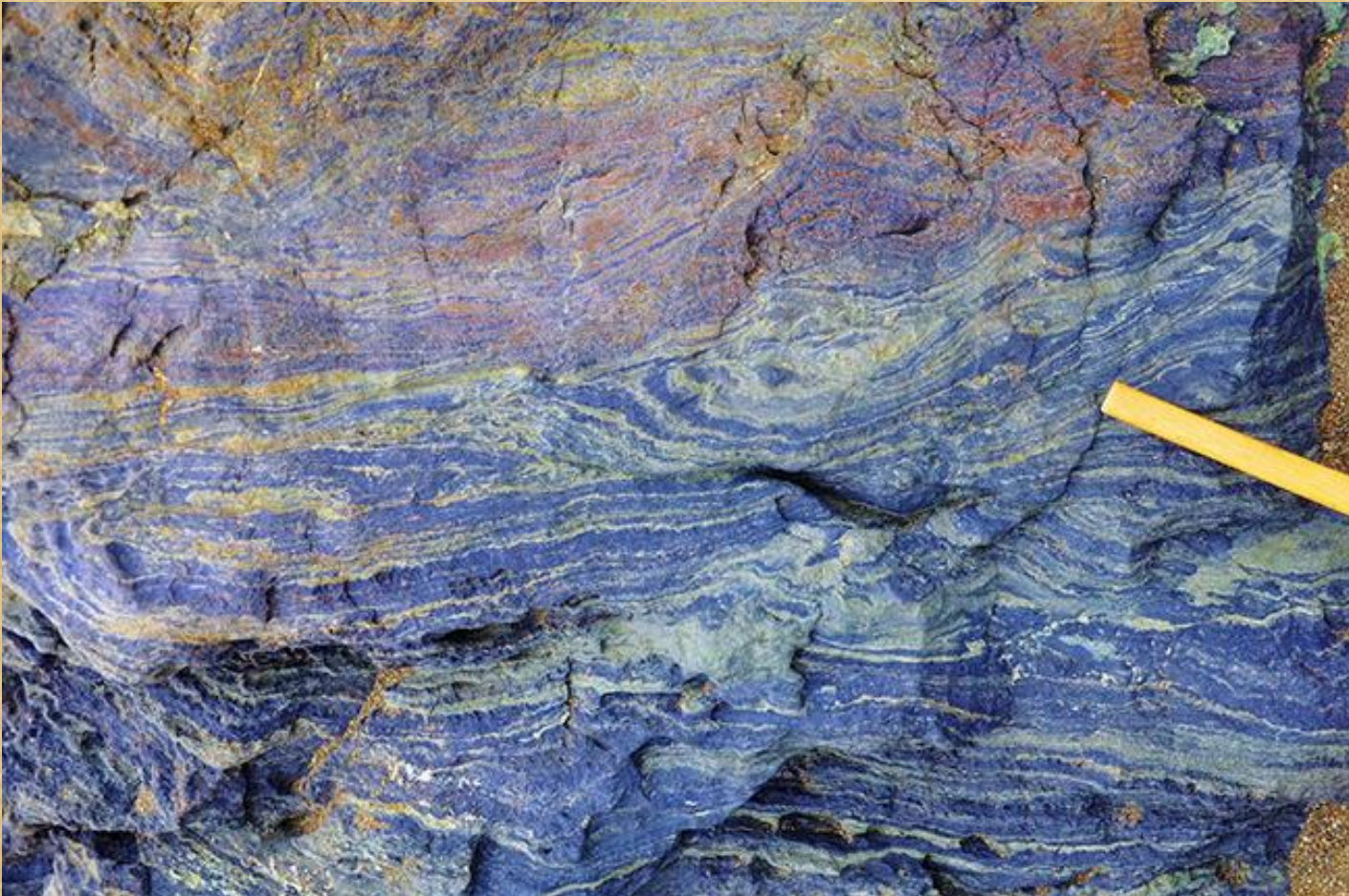
Zeleni škriljavac je metamorfna stijena niskog stupnja koja sadrži klorit, aktinolit, epidot (ti minerali daju joj zelenu boju) i albit. Protolit je bio ili mafitna magmatska stijena ili grauvaka

KLASIFIKACIJE METAMORFNIH STIJENA - Specifične metamorfne stijene:



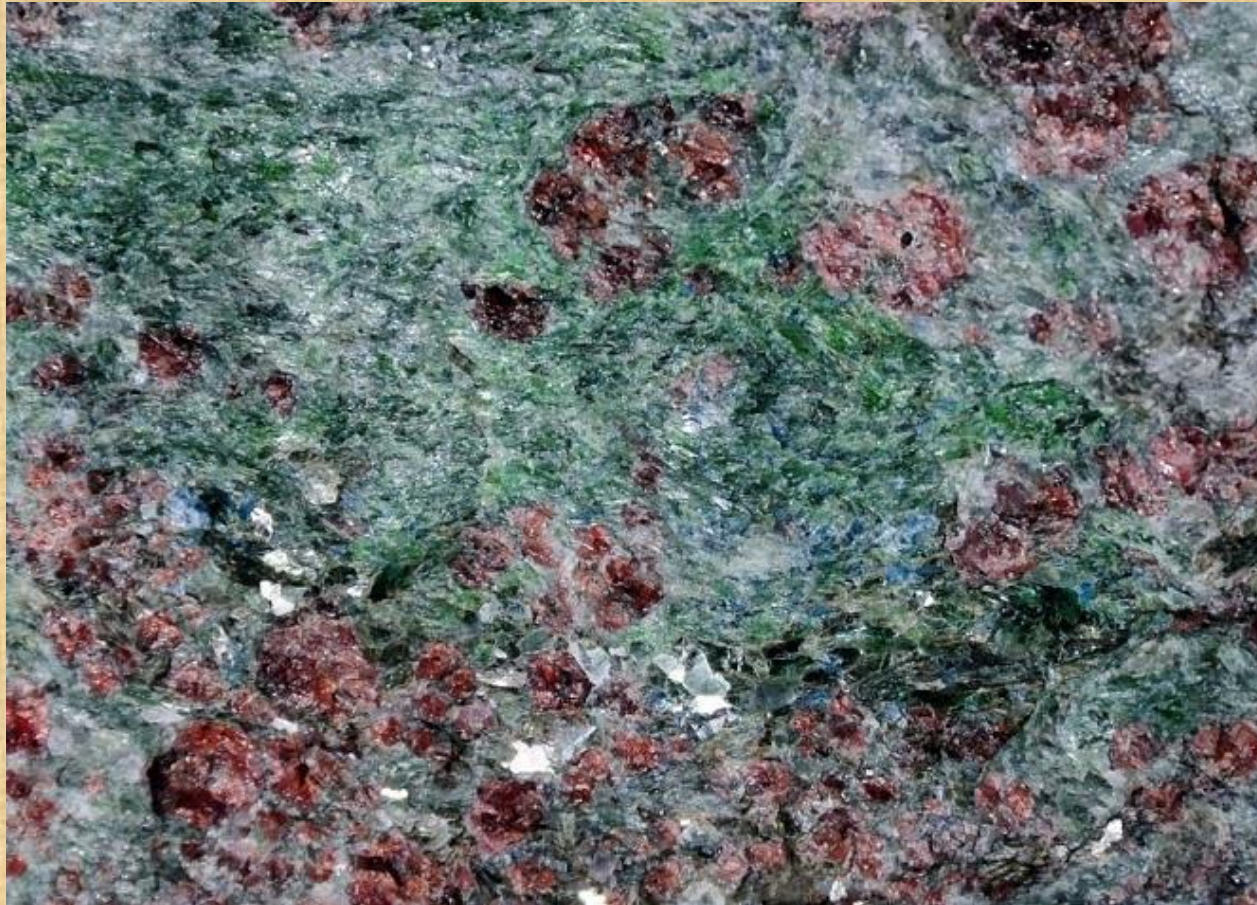
Amfibolit označava metamorfnu stijenu koja sadrži hornblendu (tamno na uzorku) i plagioklas (bijelo na uzorku). Može i ne mora imati škriljavost, a prisutna je lineacija. Protolit je bio ili mafitna magmatska stijena ili grauvaka.

KLASIFIKACIJE METAMORFNIH STIJENA - Specifične metamorfne stijene:



Plavi škriljavac sadrži plave amfibole, uglavnom galukofan. Nastao je iz mafitne magmatske stijene ili grauvake pod visokim tlakom. Njegova pojava karakteristična je za drevne subdukcijske zone.

KLASIFIKACIJE METAMORFNIH STIJENA Specifične metamorfne stijene:



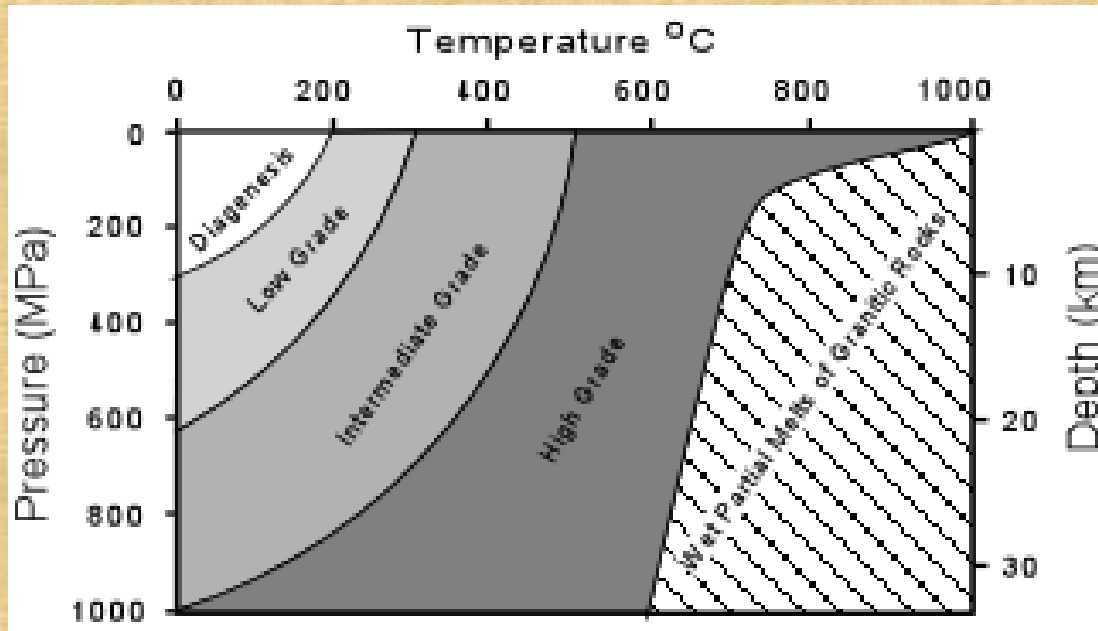
Eklogit sadrži zeleni klinopiroksen (omfacit) i granat (crveno-smeđi pirop), često dolazi i plavkasti kjanit (disten)). Ne pokazuje nužno uvijek jasnu škriljavost. Protolit je bio bazaltnog sastava.

KLASIFIKACIJE METAMORFNIH STIJENA - ostale specifične metamorfne stijene

- Serpentin je ultramafitna stijena metamorfozirana u niskom stupnju metamorfizma, izgrađena uglavnom od serpentina (više varijeteta: krizotil, antigorit, lizardit).
- Skarn je kontaktno metamorfozirana i Si-metasomatozirana karbonatna stijena koja sadrži Ca-Si minerale poput grosulara, epidota, tremolita, vezuvijanita...
- Grajzen je kontaktno metamorfozirana stijena nastala iz granita.
- Granulit je metamorfna stijena visokog stupnja, čija ishodišna stijena može biti pelitni, mafitni ili kvarcnofeldspatski protolit, dominantno sastavljen od bezvodnih minerala, plagioklasa i ortopiroksena.
- Migmatit je heterogena silikatna stijena (na 1-10 cm skali) koja sadrži tamni gnajski matriks (melanosom) i svijetli felsični dio (leukosom).

Stupanj metamorfizma

Stupanj metamorfizma opisuje relativne uvjete tlaka i temperature pod kojima se formira neka metamorfna stijena (bez specificiranja točnih odnosa između njih)



Niski stupanj metamorfizma:

- temperatura između 200 to 320°C
- relativni niski tlakovi

Stijene niskog stupnja metamorfizma karakterizirane su obiljem hidratnih minerala (minerala s vodom u kristalnoj strukturi, npr. min. glina, klorit). S povećanjem stupnja metamorfizma hidratni minerali počinju reagirati s drugim mineralima i nastaju minerali s manjim sadržajem vode u sastavu.

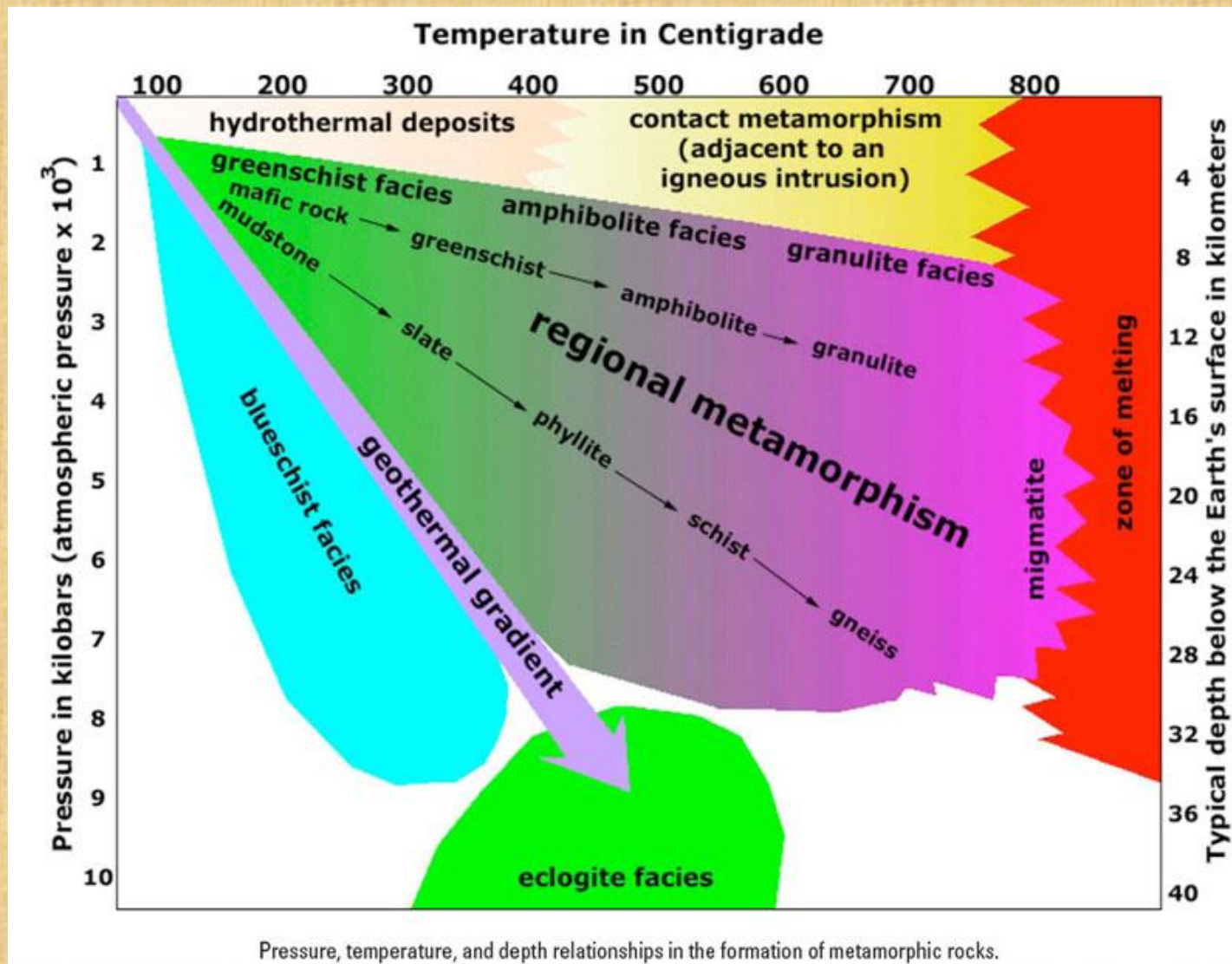
Visok stupanj metamorfizma:

- Temperatura viša od 320°C
- Relativno visoki tlakovi

Kako stupanj metamorfizma raste nastaju manje hidratni minerali, minerali s manjim sadržajem vode u sastavu (npr. muskovit, biotit) i bezvodni minerali postaju sve zastupljeniji (npr. granati, pirokseni)

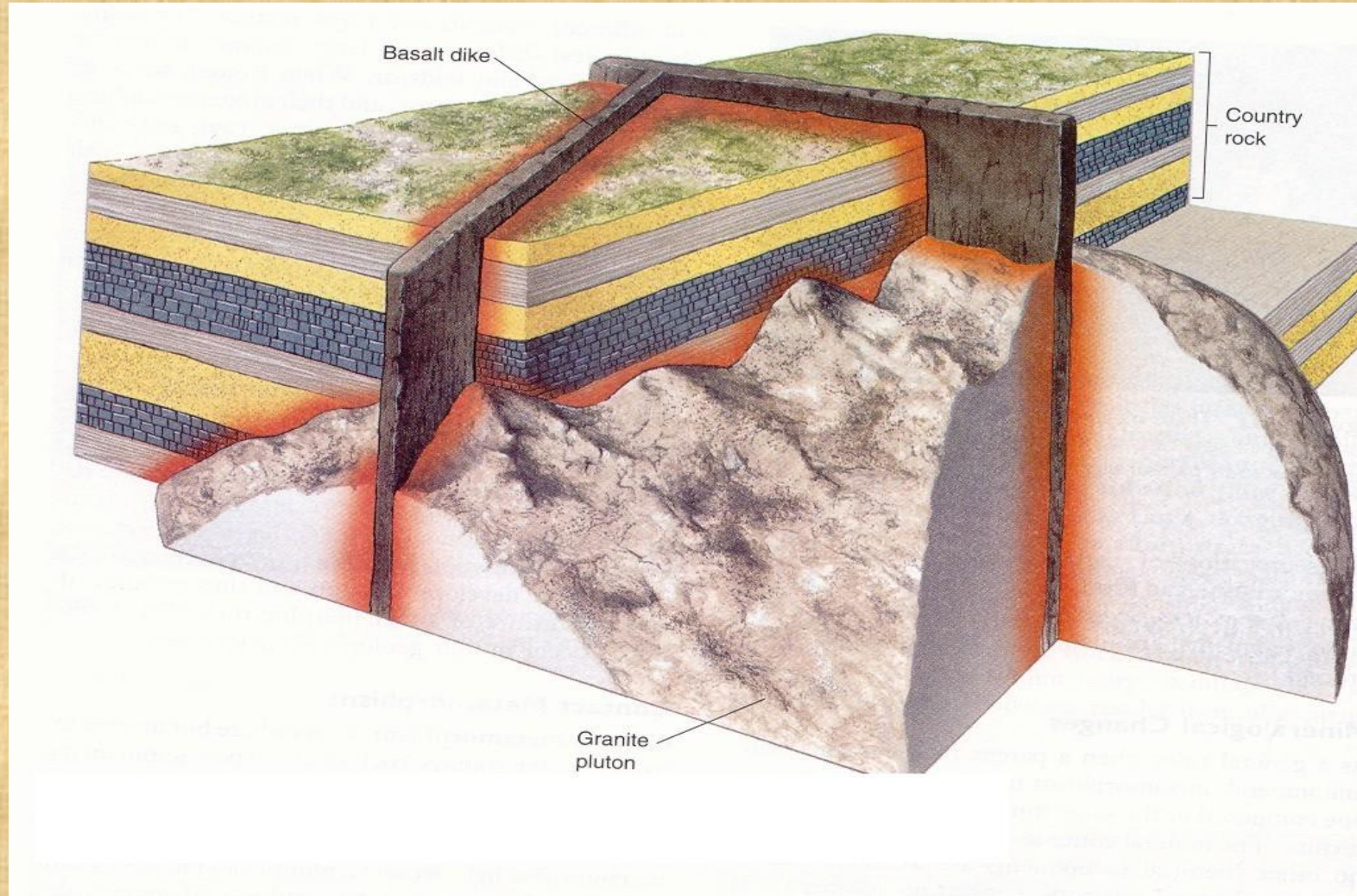
Tipovi metamorfizma prema prevladavajućem čimbeniku u procesu metamorfoze i prema smještaju:

- Kataklastični (prevladavajući čimbenik – tlak)
- Termalni (prevladavajući čimbenik - temperatura): on uključuje pirometamorfozu, kontaktnu metamorfozu, pneumatolitsku metamorfozu, hidrotermalnu metamorfozu.
- Dinamotermalni (regionalni – zauzima veća područja) (djeluju i tlak i temperatura)



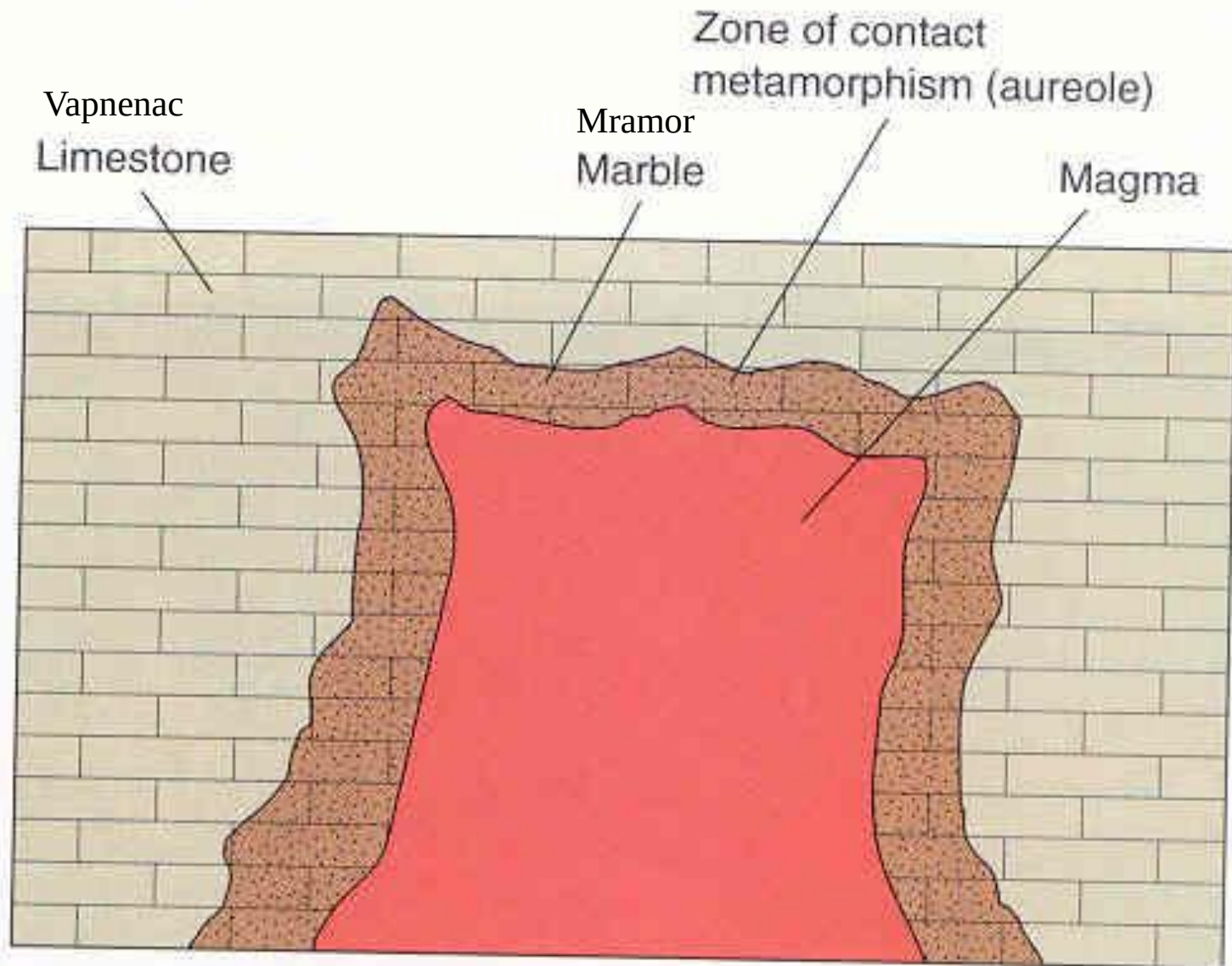
Kontaktni metamorfizam- (zona kontaktnog metamorfizma prikazana je crveno)

- nastaje u stijenama koje se nalaze u kontaktu s magmatskim tijelom



Preuzeto iz Thompson & Turk (1999): Earth Science

Kontaktni metamorfizam



A



Kontaktne metamorfizacije (stijene uglavnom granoblastične (zrnate) strukture)

ISHODIŠNA STIJENA

NAZIV

MINERALNI SASTAV

Vapnenac

MRAMOR

Kalcit

Dolomit

DOLOMITNI MRAMOR

Dolomit

Kvarcni pješčenjak

KVARCIT

Kvarc

Šejl

HORNFELS

Kvarc, korund,
feldspati, muskovit, kordijerit...

Hidrotermalna metamorfoza

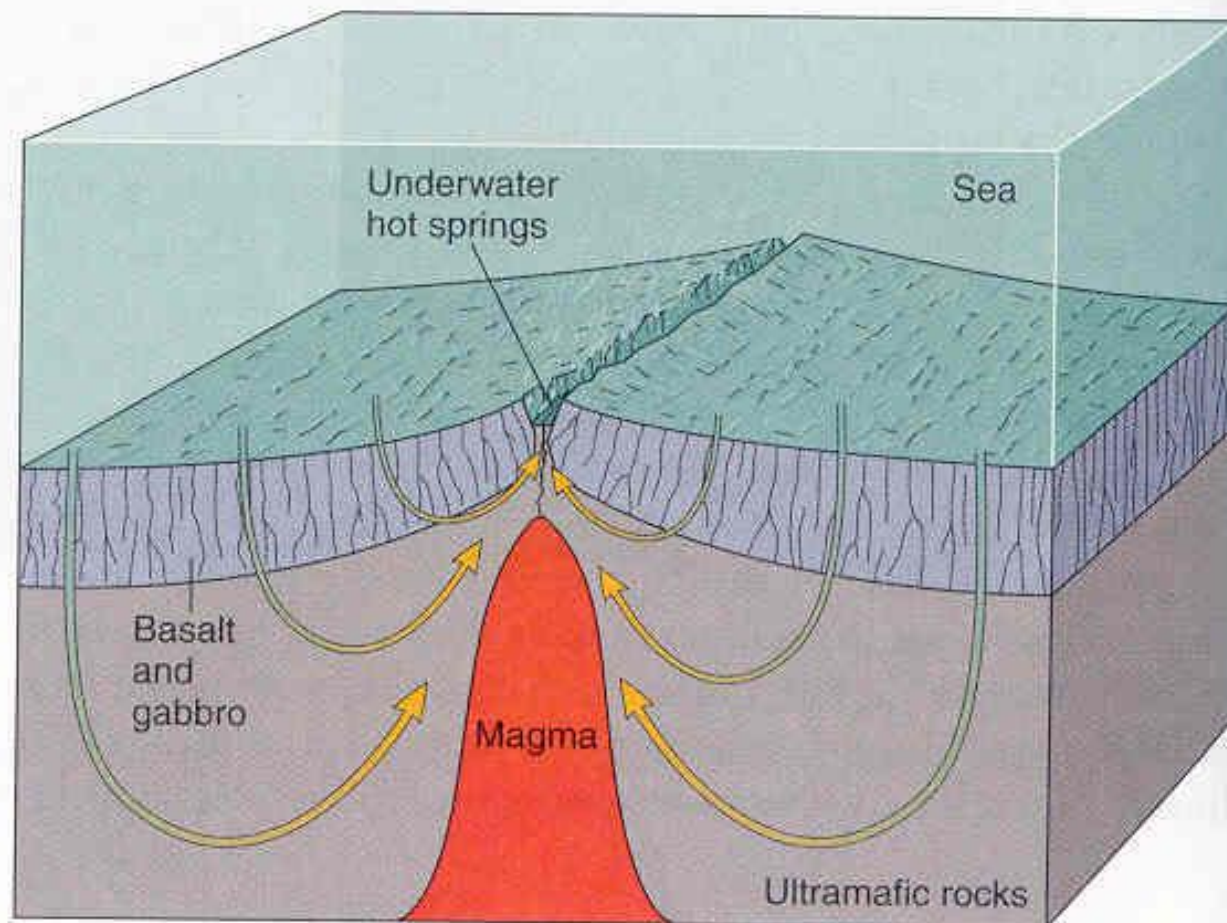
Tople mineralne otopine koje potječu od magme djeluju na minerale i stijene. To je zapravo vrsta metasomatoze.

Metasomatoza - metamorfizam koji uključuje ione iz nekog vanjskog izvora koji se inkorporiraju u novonastajuće minerale i time znatno mijenjaju kemijski sastav stijene.

Role of Water	Name of Process or Product
No water	"Dry" metamorphism
Water merely transporting ions between grains in a rock	"Wet" metamorphism
Water brings ions from outside the rock, and they are added to the rock during metamorphism. Other ions may be dissolved and removed.	Metasomatism
Water passes through cracks or pore spaces in rock and precipitates minerals on the walls of cracks and within pore spaces.	Hydrothermal rocks

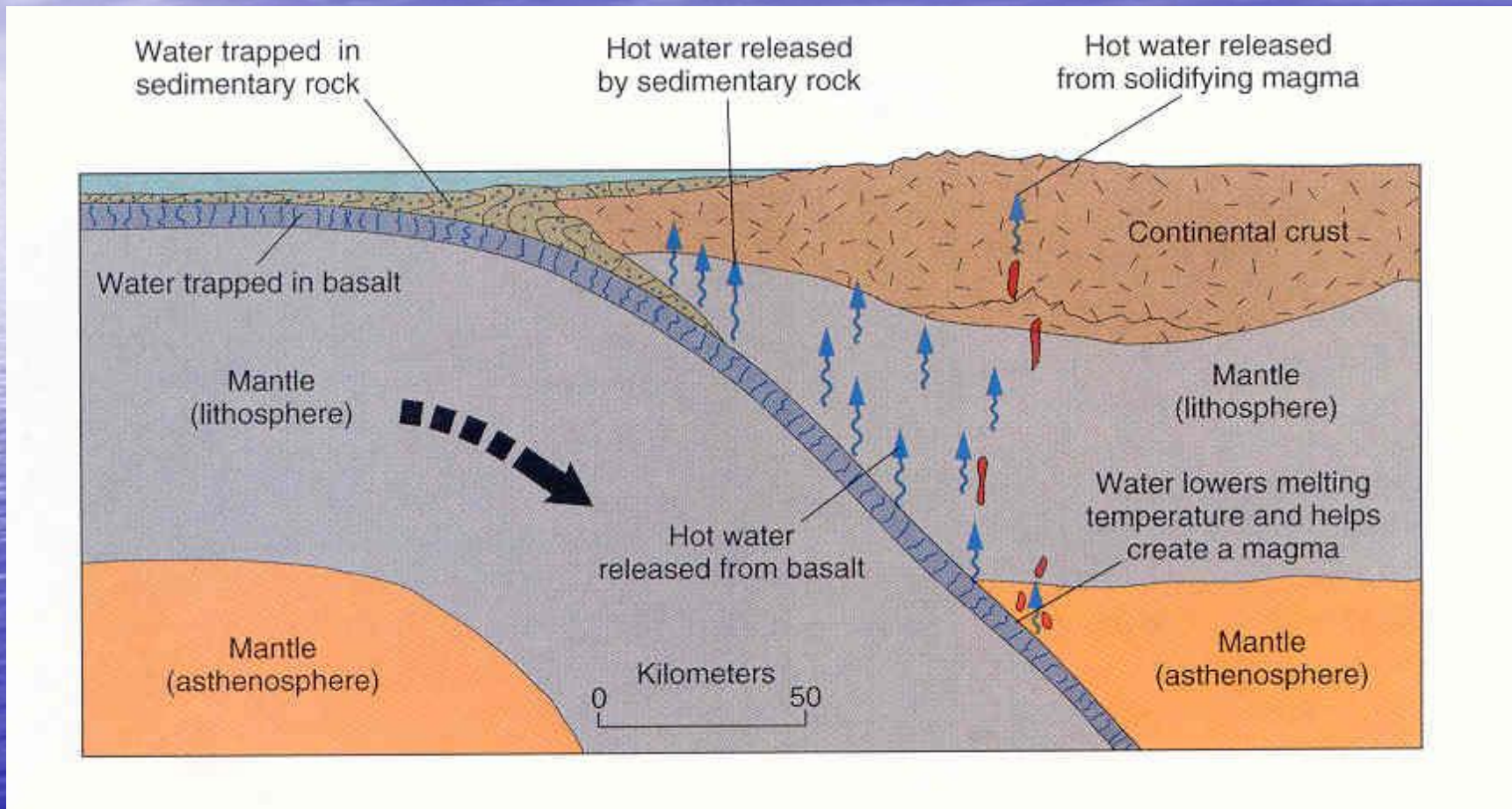
Hidrotermalni procesi

Presjek kroz srednjeoceanski hrbat - voda se spušta kroz pukotine u oceanskoj litosferi, zagrijava se magmom i vrućim magmatskim stijenama i diže se. Kada vruća vodena otopina bogata metalima dođe u kontakt s hladnom oceanskom vodom, precipitiraju se metalni sulfidi.



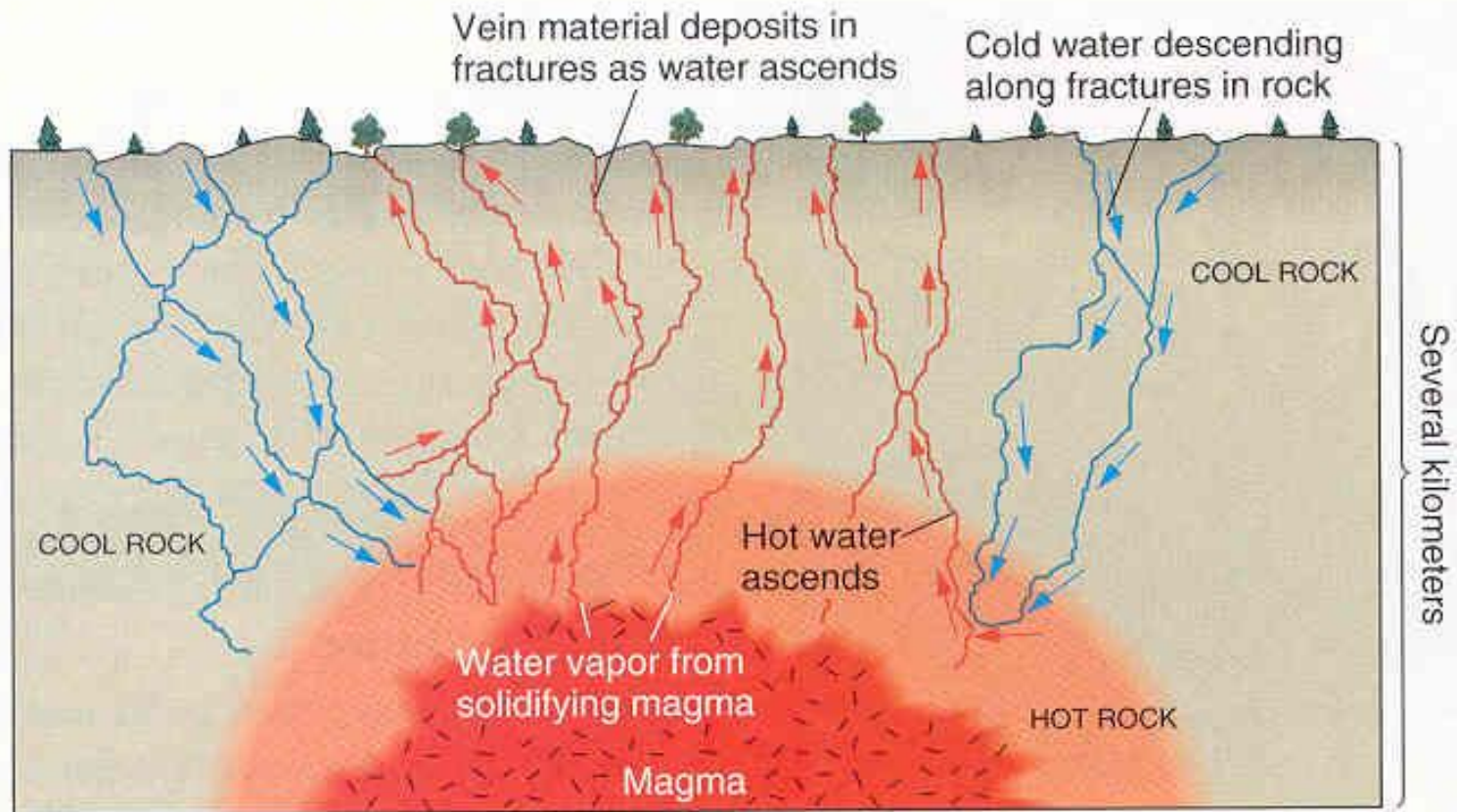
Hidrotermalni procesi

Hidrotermalni procesi na konvergentnim granicama – morska voda, zarobljena u različitim tipovima stijena, dolazi u dublje dijelove, te se usljed zagrijavanja oslobađa na raznim dubinama unutar subdukcijske zone.



Hidrotermalni procesi

Hladna voda se spušta, zagrijava se, otapa okolne stijene i prilikom ponovnog dizanja, kako se postupno hladi i kako opada pritisak, precipitira otopljenu materiju



- Nema kontakta s magmatskim tijelom

Dinamothermalna (regionalna) metamorfoza

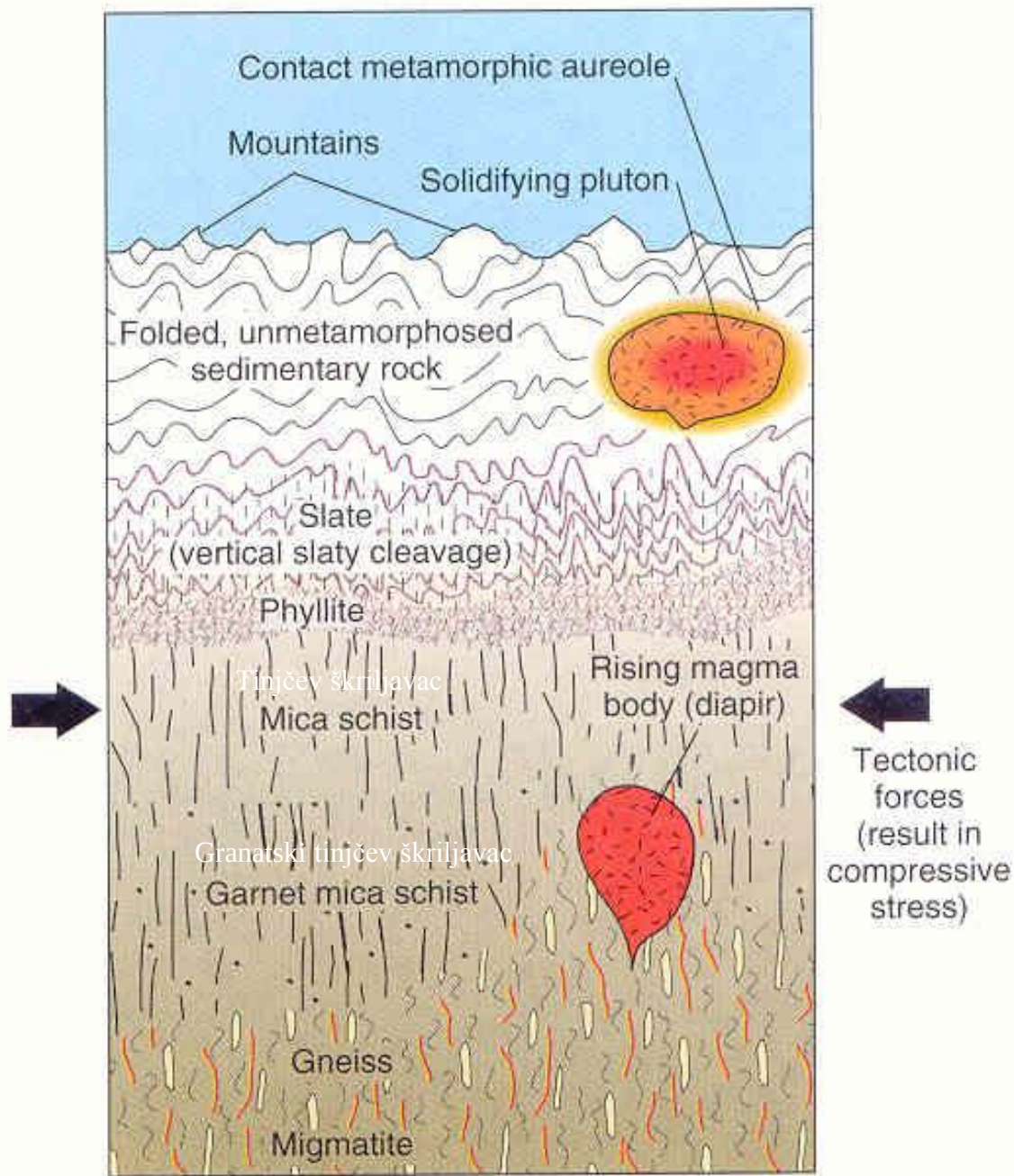
Foliated

Name Based Principally on Kind of Foliation Regardless of Parent Rock. Adjectives Describe the Composition (e.g., biotite-garnet schist)

Texture	Rock Name	Identifying Characteristics
Slaty	Slate	A very fine-grained rock with an earthy luster. Splits easily into thin, flat sheets.
Intermediate between slaty and schistose	Phyllite	Fine-grained rock with a silky luster. Generally splits along wavy surfaces.
Schistose	Schist	Composed of visible platy or elongated minerals that show planar alignment. A wide variety of minerals can be found in various types of schist (e.g., garnet mica schist, hornblende schist, etc.).
Gneissic	Gneiss	Light and dark minerals are found in separate, parallel layers or lenses. Commonly, the dark layers include biotite and hornblende; the light-colored layers are composed of feldspars and quartz. The layers may be folded or appear contorted.

Dinamotermalna (regionalna) metamorfoza

Prikaz približno 30 km Zemljine
kore s pripadajućim
metamornim stijenama nastalim
od šejla.

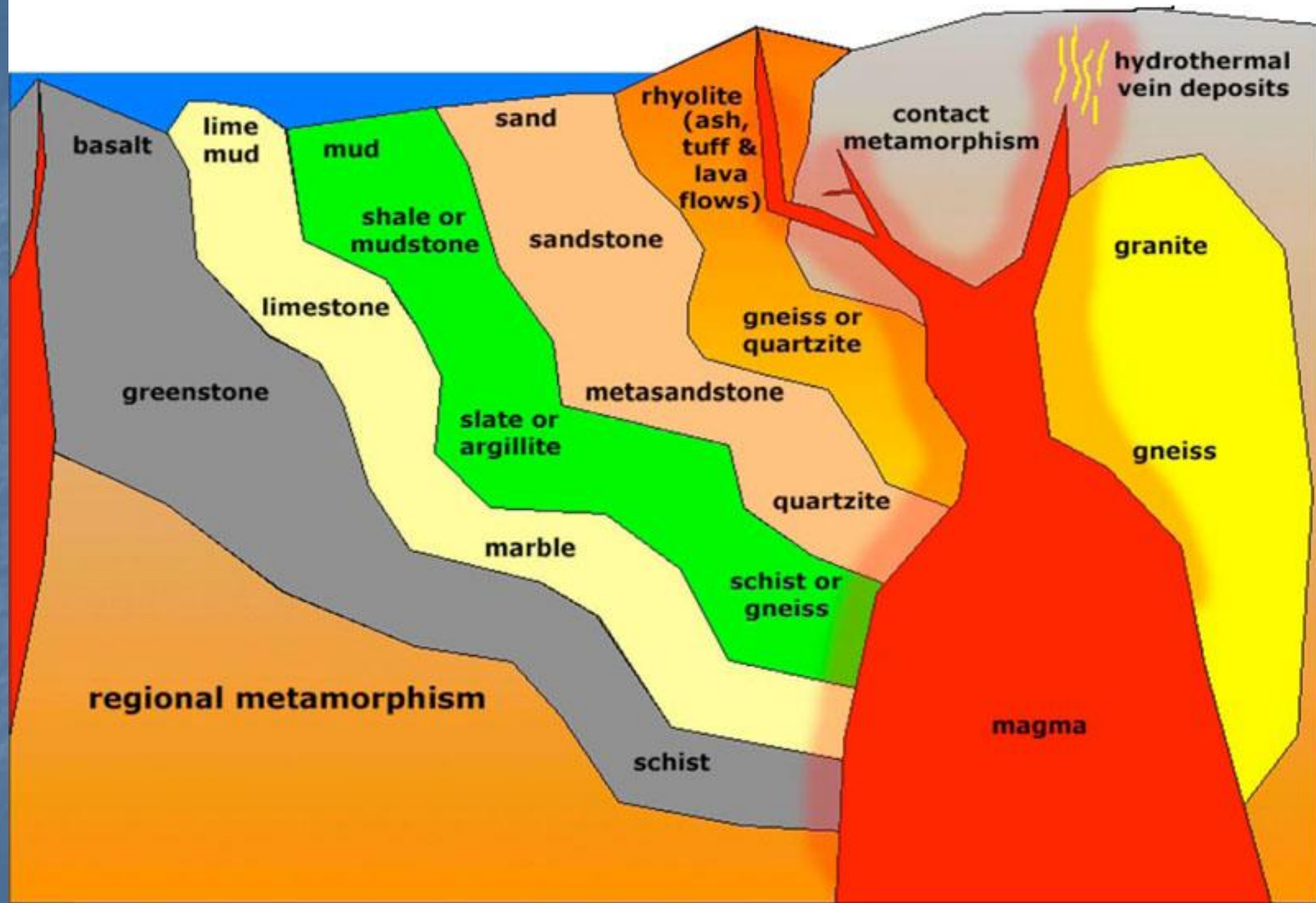


Retrogradna – progresivna metamorfoza

Retrogradna- više-temperaturna asocijacija minerala prelazi u niže-temperaturnu asocijaciju minerala

Progresivna- niže-temperaturna asocijacija minerala prelazi u više-temperaturnu asocijaciju minerala

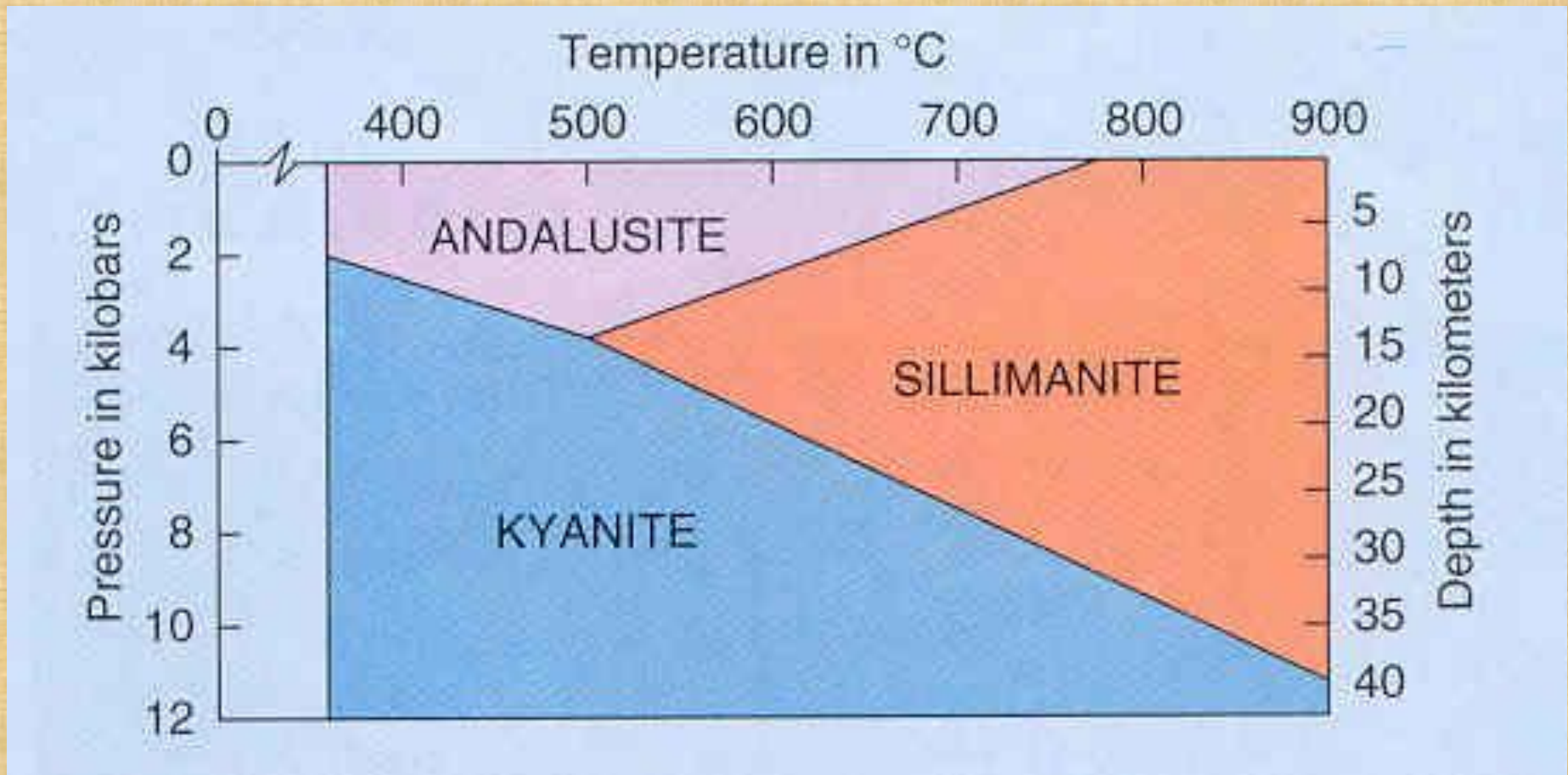
Parent Rock		Rock Name	Predominant Minerals
Basalt	Retrogradna	Amphibole schist (amphibolite)	Hornblende, plagioclase, garnet
Shale	Progresivna	Mica schist	Biotite, muscovite, quartz, garnet
Quartz sandstone		Quartzite	Quartz
Limestone or dolomite		Marble	Calcite or dolomite



This simplified diagram illustrates the relationships of metamorphic rocks with their parent materials.

INDEKS MINERALI

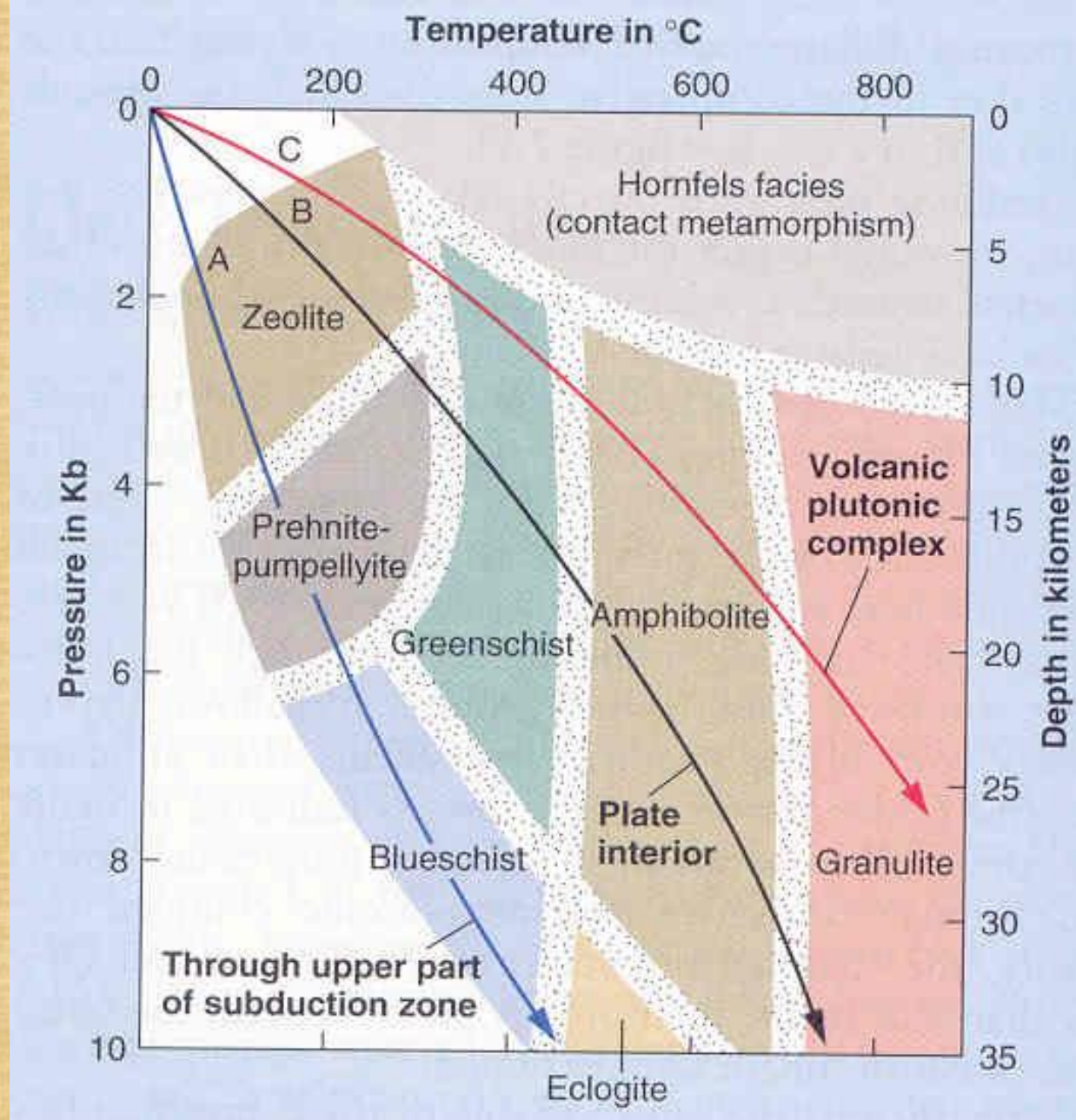
- minerali koji nastaju u jednom uskom intervalu tlaka i temperature.
- indikatori uvjeta metamorfizma



Preuzeto iz Plummer, Mcgeary & Carlson (2001): Physical Geology

Metamorfni facijesi

- Skupina metamorfnih stijena koje su nastale pri približno jednakim uvjetima tlaka i temperature.
- Stijene koje imaju isti mineralni sastav pripadaju istom metamorfnom facijesu.
- Koncept metamorfnog facijesa analogan je određivanju klimatskih zona na temelju kombinacije različitih biljaka pronađenih u svakoj zoni



Preuzeto iz Plummer, Mcgeary & Carlson (2001): Physical Geology

Metamorfni facijesi

