

## METAMORFNE STENE

Metamorfne stene su one u kojima je, usled promene fizičko-hemijskih uslova, došlo do promene njihovog prvobitnog sastava i/ili sklopa. Metamorfne promene su samo one koje se vrše u unutrašnjosti Zemlje, dok su promene na površini Zemlje, pod dejstvom atmosferilija i pri normalnom atmosferskom pritisku i temperaturi, obuhvaćene već objašnjenim pojmom površinskog raspadanja. Faktori koji prouzrokuju metamorfne promene su pritisak, temperatura i dejstvo fluida.

Metamorfizam može biti **izohemijski** kad hemizam stene ostaje nepromenjen (menja se sklop i/ili mineralni sastav) i **alohemijski** (menja se i hemizam stene).

Ako su metamorfne stene nastale preobražajem magmatskih nazivamo ih **orto-metamorfitima** (ortognajs, ortoamfibolit), dok metamorfne stene nastale od sedimentnih stena označavamo kao **para-metamorfite** (paragnajs).

Zavisno od faktora koji deluju u toku metamorfizma razlikujemo dva osnovna tipa: regionalni dinamotermalni metamorfizam i kontaktni metamorfizam.

### **Regionalni dinamotermalni metamorfizam**

Regionalni ili dinamotermalni metamorfizam obuhvata promene stena na velikim prostranstvima izazvane povećanjem temperature (koje se kreću od 200 - 800°C) u dubini Zemlje, i povećanim hidrostatičkim pritiskom (od 2-10 kbara). Uz hidrostatički pritisak, koji je posledica težine stenskih masa i čiji je značaj veći na velikim dubinama, u plićim delovima litosfere javlja se, kao posledica tektonskih pokreta, usmereni pritisak ili **stres**.

Snažni usmereni pritisci mogu da dovedu do intenzivnog drobljenja stenskih masa i nastanak potpuno novih stena. Ovakav vid metamorfizma je poznat pod nazivom **kataklastični**.

U velikim dubinama, temperature, zahvaljujući geotermičkom gradijentu, mogu da dostignu takav stepen da će doći do delimičnog stapanja pojedinih stena. Ovako stopljeni materijal (**migma**) meša se sa nestopljenim i formira

specifične metamorfne stene zvane **migmatiti**, a ova vrste metamorfizma se naziva **ultrametamorfizmom**.

Promene izazvane delovanjem hidrotermalnih rastvora su označene kao **hidrotermalni metamorfizam**, dok su ovakve promene izazvane sopstvenim lakoisparljivim komponentama poznate kao **autometamorfizam**.

### **Kontaktni metamorfizam**

Kontaktni metamorfizam predstavlja promene koje su posledica kontakta između magme i okolnih stena u koje se ona utiskuje. Pri ovakvim procesima magma može okolnim stenama da preda samo toplotu, kada je to **termokontaktni metamorfizam**, ili može da dođe i do razmene materije, što predstavlja **kontaktno metasomatski metamorfizam**.

Za kontaktno metasomatske promene neophodno je da magma sadrži dovoljno lakoisparljivih komponenata (kisela), koje će da se kreću kroz okolne stene i prenose materijal, kao i da okolne stene budu dovoljno porozne i podložne hemijskim promenama (karbonatni sedimenti). Do termokontaktne promena doći će i ukoliko neki od ovih uslova nije ispunjen (na primer na kontaktu magme sa glinovitim sedimentima, kroz koje fluidi neće moći da cirkulišu). Pri kontaktnom metamorfizmu formira se zona u kojoj se uspostavlja ravnoteža između pregrejanog magmatskog rastopa i hladnih okolnih stena - **kontaktni oreol**.

### **MINERALNI SASTAV METAMORFNIH STENA**

Za minerale koji izgrađuju metamorfne stene karakteristično je da su često nastali preobražajem primarnih minerala, odnosno prilagođavanjem njihove kristalne rešetke novonastalim uslovima. Neki minerali su, naime, stabilni samo na niskim pritiscima ili niskim temperaturama, pa kada dođe do poremećaja ovih faktora, prelaze u nove mineralne vrste. Ukoliko se radi o alohemijskom metamorfizmu (kontaktno metasomatskom), mešanjem komponenata iz magme i okolnih stena mogu da nastanu minerali veoma raznovrsnog hemijskog sastava.

Najčešći minerali metamorfnih stena su: feldspati, amfiboli, pirokseni, liskuni, hloriti, serpentini, aluminijski silikati, talk, kvarc, korund, kalcit, dolomit, granati i sl.

## SKLOP METAMORFNIH STENA

### Strukture metamorfnih stena

Strukture metamorfnih stena mogu da se obrazuju na dva načina: drobljenjem stena pri kataklastičnom metamorfizmu – **kataklastične** i rašćenjem minerala (**blastezom**) u metamorfnim procesima – **blastične**.

Blastične strukture mogu da budu dvojake: **reliktne** ili **blasto** – strukture, kojima se odlikuju stene u kojima su očuvani elementi primarnog sklopa i definišu se tako što nazivu primarne strukture dodajemo sufiks **blasto** (blastozrnasta, blastoofitska, blastopsamitska...) i **singenetske** strukture koje nastaju u procesu metamorfizma potpunim prerađivanjem prvobitnog sklopa.

Singenetske strukture mogu da se odlikuju mineralnim zrnima približno jednakih veličina – **homeoblastične** ili da postoji jasna razlika u njihovim veličinama – **heteroblastične**.

Od heteroblastičnih struktura izdvajamo **porfiroblastičnu**, kod koje jasno zapažamo dve generacije minerala: krupne kristale – **porfiroblaste** i sitnozrnu **osnovnu masu**.

Kriterijum za klasifikaciju homeoblastičnih struktura je oblik minerala od kojih je stena izgrađena, pa tako razlikujemo:

**Granoblastičnu** strukturu (grč. *granum* – zrno), koju imaju stene izgrađene mahom od izometričnih mineralnih zrna, sa podjednakim dimenzijama u svim pravcima (kvarc, feldspati, kalcit...);

**Lepidoblastičnu** (grč. *lepis* – ljuska), kod stena koje izgrađuju listasti ili ljustasti minerali tipa liskuna ili hlorita i

Nematoblastičnu strukturu (grč. *nema* – nit, vlakno), karakterističnu za stene izgrađene od minerala izduženih, prizmatičnih, igličastih, vlaknastih formi (amfiboli, volastonit...).

### Teksture metamorfnih stena

U zavisnosti od rasporeda, orijentacije i međusobnih odnosa minerala, teksture metamorfni stena mogu biti:

**Masivne** ili **homogene** – kada u stenama nema nikakvih orijentacija, diskontinuiteta i sl. Ovakve teksture najčešće imaju stene formirane na velikim dubinama, zbog delovanja hidrostatičkih pritisaka u svim pravcima, ali se može zapaziti i kod nekih drugih.

**Planparalelne** – koje se odlikuju paralelnom orijentacijom sastojaka (posebno listastih ili izduženih) usled delovanja usmerenih pritisaka.

**Škriljave** – kada se u steni javljaju diskontinuiteti po ravnima orijentacije sastojaka i stena se "cepa" po ovim ravnima.

**Ubrane** – nastaju ubiranjem škriljavih stena zbog delovanja novih usmerenih pritisaka. Intenzivno ubrane teksture nose naziv **plisirane**.

**Trakasta** – svetli i tamni sastojci grupisani u trake. Karakteristična je za metamorfite dubokih nivoa i kontaktno metamorfne stene.

**Okcasta** – kod koje su neki sastojci (obično kvarc i feldspati) koncentrisani u sočivasta nagomilanja – "okca". Sitnookcastu teksturu, koju stećemo kod nekih kontaktno metamorfni stena, nazivamo **bobičavom**.

## REGIONALNO METAMORFNE STENE

Regionalno metamorfne stene su najčešće podeljene na **kristalaste škriljce** i **masivne metamorfne stene**.

### **Kristalasti škriljci**

**Argilošist** – stena koja nastaje na niskim temperaturama i pritiscima, metamorfizmom glinovitih sedimenata. Kako transformacija primarne stene nije potpuna, argilošisti su izgrađeni od sericita (sitnoljuspastog muskovita) i minerala glina. Struktura im je lepidoblastična, a tekstura škriljava. Zbog zaostalih (često organskih) primesa boja ovih stena je tamnosiva do crna, a blaga sedefasta sjajnost na površinama škriljavosti potiče od sericita.

Argilošisti se lako cepaju na ploče, pa se koriste kao krovni škriljci, a mogu se upotrebiti i za popločavanje. Ima ih u zapadnoj Srbiji

**Filit** – nastaje daljim metamorfizmom glinovitih sedimenata na nešto višim temperaturama i pritiscima, što ima za posledicu potpunu prekrizalizaciju minerala glina u sericit. Može da se kaže da su izgrađeni od sericita i kvarca. Struktura im je lepidoblastična, a tekstura škriljava ili ubrana. Boje su najčešće svetlosive i imaju izrazitu sedefastu sjajnost, kako na površinama škriljavosti tako i upravno na škriljavost što ih jasno razlikuje od argilošista (mada su mogući svi postepeni prelazi između ove dve stene). Ukoliko su dovoljno čvrsti, i filiti se mogu upotrebiti za pokrivanje krovova. Najinteresantnije pojave su u zapadnoj Srbiji.

**Mikašist** – stena koja se odlikuje višim stepenom kristaliniteta, kao posledicom visokih temperatura i pritisaka. I mikašisti su nastali metamorfozom glinovitih sedimenata, ali je došlo do potpunog preobražaja minerala glina u liskune. Osim liskuna i kvarca, kao glavnih komponenata, mikašisti sadrže i tipske metamorfne minerale kao što su granati, disten i sl. Mogu da sadrže i do 5% feldspata. Struktura ovih stena je lepidoblastična, a tekstura škriljava. Boja im je različita u zavisnosti od vrste liskuna koji preovlađuje. Na površini škriljavosti jasno se vide liske liskuna. Mikašist je rasprostranjena stena u metamorfitima Srpsko-makedonske mase.

**Zeleni škriljci** – predstavljaju veliku grupu, mahom ortometamorfnih stena, nastalih pod sličnim uslovima. Zajednička im je škriljava tekstura, dok im struktura zavisi od preovlađujućih minerala i može da bude i granoblastična i lepidoblastična i nematoblastična. Najvažniji minerali koji se u njima pojavljuju su epidot, hlorit, albit, talk, amfiboli, kvarc i dr. Ime dobijaju prema mineralnom sastavu (hloritski, albitski, talkni...).

**Gnajs** – može da bude i orto i para porekla. Ortognajs nastaje metamorfozom granita i srodnih stena, a paragnajs metamorfozom arkoznih peščara (peščara sa izvesnim sadržajem feldspata). Mada smo ga svrstali u grupu kristalastih škriljaca, tekture gnajsa mogu da budu i masivne. Najčešće su, međutim, okcaste ili trakaste. U sastav gnajsa ulaze kvarc, liskuni i alkalni feldspati (mikroclin ili albit), pa su strukture raznovrsne (lepidoblastične, granoblastične...). Javljaju se i tipski metamorfni minerali, kao što su disten ili granati, a moguća je pojava amfibola (amfibolski gnajs).

Ukoliko su masivni i sveži, gnajsevi se mogu upotrebiti kao tehnički građevinski kamen (u hidrogradnji i putogradnji).

## **Masivne metamorfne stene**

**Amfibolit** - masivne do škriljave stene koje mogu da imaju i para i orto poreklo. Ortoamfiboliti nastaju metamorfizmom bazičnih magmatskih stena, a para, preobražajem dolomitično-laporovitih sedimenata. Izgrađeni su od amfibola i bazičnog plagioklasa, struktura im je nematoblastična. Boje su tamnozeleno do crne. Ukoliko su sveži, mogu da budu interesantan građevinski kamen.

**Mermer** - tipična para stena, nastala regionalnim, ređe kontaktnim metamorfizmom krečnjaka ili dolomita. Postoje, dakle, kalcitski i dolomitski mermeri. Strukture su granoblastične, a teksture masivne, retko donekle uškriljene ili trakaste. Boja čistih mermera je bela, ali, s obzirom da je često prisustvo primesa, mogu da budu crveni, sivi ili crni. Eventualno prisustvo glina u krečnjacima imaće za posledicu pojavu mermera sa liskunima - **cipolina**.

Mermer je stena sa značajnom primenom. Traženi je arhitektonski i skulptorski kamen, ali se ispucale partije koriste kao tehnički kamen. Mlevenjem čistih kalcitskih mermera dobija se fina kamena prašina sa upotrebom u hemijskoj, prehrambenoj i kozmetičkoj industriji. Eksploatišu se na Venčacu (kod Arandelovca), u okolini Studenice i Batočine.

**Kvarciti** - masivne metamorfne stene nastale metamorfozom kvarcnih peščara. Izgrađeni su od kvarca, bele su boje i granoblastične strukture. Koriste se u industriji vatrostalnih opeka i abraziva.

**Serpentiniti** - sasvim specifične stene nastale autometamornim procesima. Kada posle kristalizacije ultrabazične magme i obrazovanja peridotitskih stena, zaostane izvesna količina lakoisparljivih komponenata (vode, pre svega), na temperaturi od oko 400°C otpočeće hidrotermalni preobražaj primarnih minerala. Glavni sastojci peridotita olivin i ortopirokseni u ovakvim uslovima, primajući vodu, prelaze u serpentinske minerale. Tako će kompletna peridotitska masa biti transformisana u serpentinite. Kako minerali primarne stene nisu menjali svoju veličinu i odnose, serpentinit ima blastozrnastu strukturu.

Boja serpentinita je zelena ili plavičasta, ispucali su i prožeti žilicama magnezita, azbesta i opala. Zbog ispucalosti nemaju primenu i čak ih treba

izbegavati kao građevinski kamen. Izuzetno, dobro vezane serpentinske breče mogu da budu veoma dekorativne i cenjene kao arhitektonski kamen.

Najveće mase serpentinita kod nas su na Maljenu, Suvoboru, Kopaoniku i Zlatiboru.

## KONTAKTNOMETAMORFNE STENE

**Kornit** - stena nastala u uslovima termokontaktnog metamorfizma i to u zonama neposredno uz kontakt magme i glinovitih stena. Kornit je jedra stena, masivne ili trakaste teksture i mahom granoblastične strukture, različitih boja u zavisnosti od sastava. Izgrađen je od augita, biotita, kvarca, hornblende, feldspata...

**Bobičavi škriljac** - formira se u spoljnim zonama kontakta magme sa glinovitim stenama. Ima karakterističnu bobičavu teksturu, dok mu je struktura porfiroblastična (porfiroblasi andaluzita, granata i sl. nalaze se u filitičnoj osnovnoj masi).

**Skarn** - nastaje na kontaktu kiselih magmi (bogatih lakoisparljivim komponentama) i karbonatnih sedimenata. Ovakav kontakt uslovljava pojavu minerala koji su po sastavu mahom kalcijski ili kalcijsko-magnezijski silikati (granati, pirokseni, volastonit, epidot, plagioklasi...). Tekstura im je trakasta ili masivna, dok struktura varira u zavisnosti od mineralnog sastava (granoblastična do nematoblastična). Interesantne pojave skarnova kod nas se nalaze na Kopaoniku, Bukulji, Boranji.