

Listopad, 2021.

PETROLOGIJA I PETROGRAFIJA



Petrologija i petrografija

- **Petrologija** – je grana geološke znanosti koja proučava **način pojavljivanja, sastav, postanak** stijena, te njihovu **sistematiku**
- **Petrografija** – je grana geološke znanosti koja se bavi **opisivanjem stijena**
- **Stijena** – je sastavni dio litosfere ili kamene kore, **određenog načina geološkog pojavljivanja, teksture, strukture i mineralnog sastava**

Petrologija i petrografija

„Kamen“ - „Stijena“ – „stijenska masa“

- **Kamen** – kamen je prirodno ili umjetno odvaljeni dio stijene
- **Stijena** – je čvrsta masa koja se nalazi na mjestu postanka
- **Stijenska masa** – označava medij u građevinarstvu na kojem ili u kojem se grade građevine



Opis **Komercijalnog ili trgovačkog kamena** koji se koristi u graditeljstvu prema europskoj normi prEN 12440 (*Denomination of natural ston* – Naziv prirodnog kamena)

Naziv prirodnog kamena mora sadržavati slijedeće dijelove:

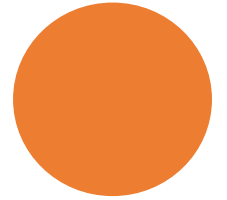
- naziv prirodnog kamena pod kojim je poznat na tržištu
- petrološku pripadnost kamena sa znanstvenim nazivom temeljenim na petrografskoj odrednosti
- genetičku pripadnost (magmatska, sedimentna, metamorfna)
- geološka starost
- izgled površine gotovih proizvoda
- tipičnu boju s rasponom nijansi pojedinih varijateta, vizualnim dojmom izgleda određene površine u vlažnom stanju
- prirodnu građu koja utječe na izgled kamena (žile, inkluzije, teksture)
- lokaciju kamenoloma s njegovim nazivom, po mogućnosti što određuje (najbliži grad i selo)

Petrologija i petrografija

- Stijena sastavljena samo od **jednog minerala** naziva se **monomineralna stijena** (mramor – kalcit)
- Stijena sastavljena od **nekoliko minerala** naziva se **polimineralna stijena** (granit – feldspat, kvarc i tinjac)

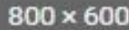


granit



mramor

100



Slika: Stijenski ciklus

- Prema **načinu postanka ili genezi** razlikujemo tri osnovne skupine stijena:
 - **magmatske (eruptivne)** – nastaju kristalizacijom magme ili očvršćivanjem lave
 - **sedimentne (taložne)** – nastaju u vodi ili na kopnu kao rezultat taloženja materijala koji potječe od razaranja površinskih dijelova litosfere, mehaničkom ili kemijskom aktivnošću
 - **silikatne, karbonatne, silikatno-karbonatne, halogenidi i sulfatne**
 - **metamorfne stijene** – nastaju metamorfozom (preoblikovanjem, preobrazba) eruptivnih, sedimentnih i već postojećih metamorfnihi stijena u uvjetima povišenog tlaka ili temperature
 - **silikatne i karbonatne.**

Petrologija i petrografija

- **Prostorni sklop** - vanjsko obilježje stijenskog masiva, odnosi se na **veličinu i oblik** stijenske mase te **vrstu kontakta** s okolnim stijenama(**oštri i postupni**)
- **STRUKTURA - TEKSTURA**
- **STRUKTURA STIJENA** je definirana stupnjem **kristaliniteta, veličinom, oblikom i međusobnim odnosom minerala** (unutrašnja građa).
- **TEKSTURA STIJENA** - označava **način** (raspored, uređenost, pakiranje i orijentaciju sastavnica) na koji su minerali zauzeli prostor u stijenskoj masi **tijekom nastanka** ili **nakon toga**.

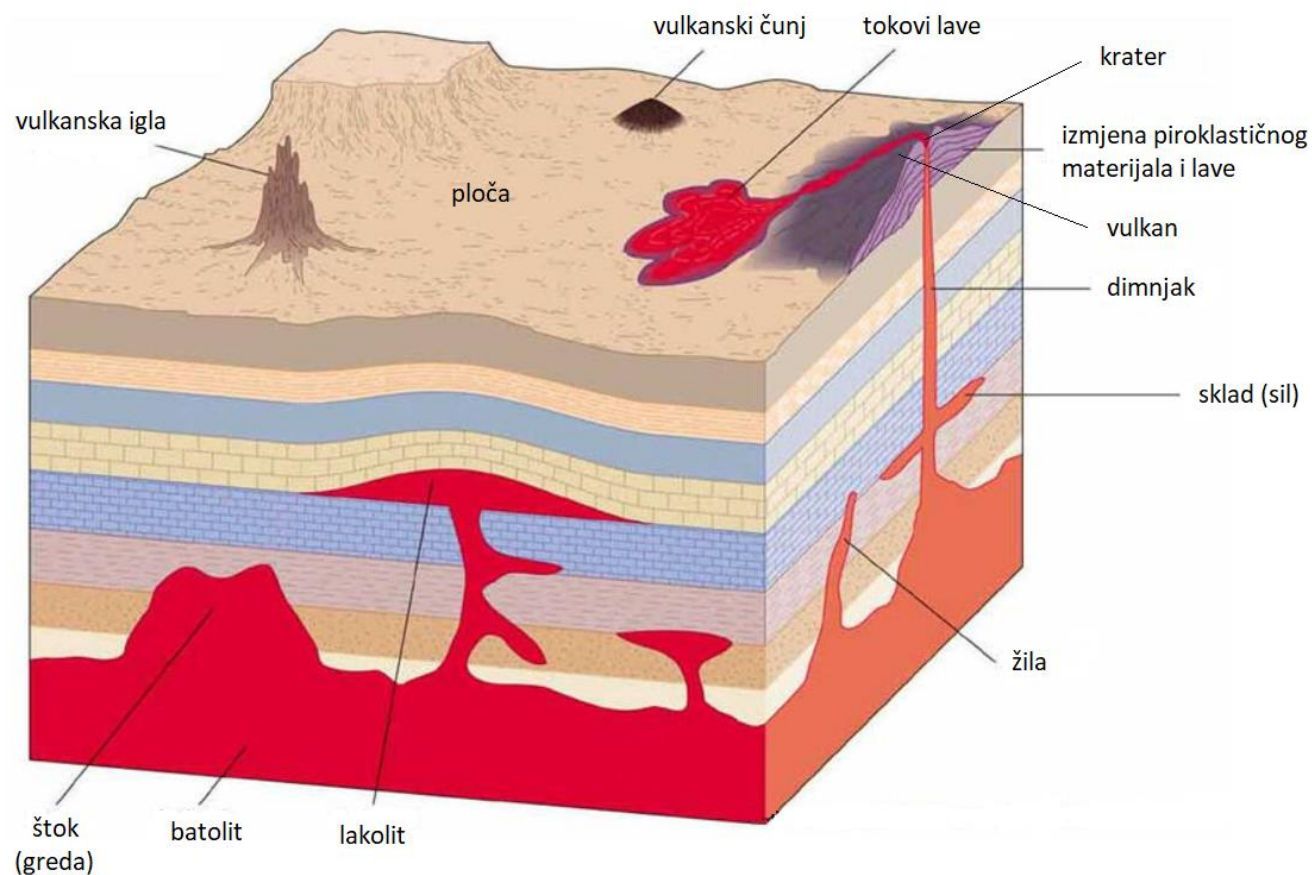
Petrologija i petrografija

- **Lučenje stijena** je nepravilno pucanje ili pravilno odvajanje prvobitno homogene stijenske mase u komade različitih oblika i veličine
- Prema **količinskom udjelu** minerala u stijeni razlikujemo: **glavne, sporedne i akcesorne minerale**
- S obzirom na **dimenziju zrna** (minerala) stijene mogu biti: **krupnozrnate, srednjezrnate i sitnozrnate.**
- Ovisno o **veličini minerala**, stijene se mogu podijeliti na:
 - **fenokristalne**
 - **mikrokristalne**
 - **kriptokristalne**

Magmatske stijene

- **Magmatske stijene** nastaju iz **magme**, viskozne, silikatne taljevine u Zemljinoj unutrašnjosti.
 - **intruzivne** ili **dubinske** stijene (dubina veća od 1 km),
 - **efuzivne** ili **površinske** stijene.
- **Magmatska diferencijacija** – proces nastajanja više od jedne vrste stijena iz zajedničke taljevine.
- U magmatskom stadiju razlikujemo dva podstadija:
 - **rani stadij kristalizacije** - nastaju **ultrabazične i bazične stijene**,
 - **glavni stadij kristalizacije** - nastaju **neutralne i kisele stijene**.

Način pojavljivanja magmatskih stijena



Slika: Glavni oblici pojavljivanja magmatskih stijena

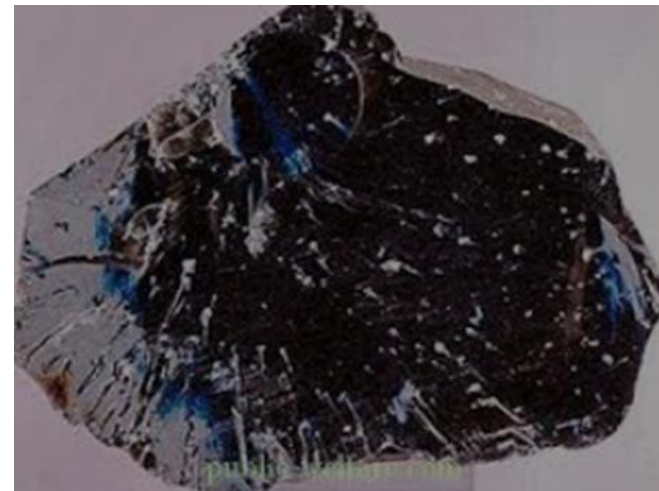
- S obzirom na mjesto nastanka razlikujemo **dubinske, žične i površinske oblike**
 - Dubinske, intruzivne ili plutonske stijene: **batolit, greda, lakolit, masiv i fakolit.**
 - Žične ili hipabisalne stijene imaju oblik: **žila, sklada i dimnjaka.**
 - Površinske ili efuzivne stijene nalaze se kao **ploče**, odnosno **vulkanski čunjevi ili kupe.**

Sastav i struktura magmatskih stijena

- **Sastav:** feldspati i to podjednako plagioklasi i alkalijski feldspati (oko 60%), kvarc, a rjeđi su pirokseni amfiboli, olivini i tinjci, koji zajedno s feldspatima čine 95%.
- **Primarni i sekundarni minerali**
- **Struktura** magmatskih stijena – izražena je **stupnjem kristaliteta, veličinom, oblikom, dimenzijama i međusobnim odnosom** minerala, a posljedica je načina prijenosa topline i uvjeta njihove kristalizacije



Zrnata struktura
(intruzivne stijene)



Hijalinska ili staklasta struktura



Ofitska struktura

Porfirska struktura
(efuzivne stijene)



Tekstura magmatskih stijena

- **Teksturu** magmatskih stijena – definira **prostorni raspored** ili **orijentacija** mineralnih zrna u stijeni

Fluidna tekstura



Vezikularna tekstura



Homogena ili masivna tekstura



Sistematika magmatskih stijena

- **Mjesto postanka** (razina kristalizacije) – **intruzivne, efuzivne i žične**
- **Kiselost**, odnosno količina SiO_2 , (oksida u kemijskom sastavu- a ne SiO_2 kao mineral kvarca)
 - **Kisele stijene**
 - **Neutralne stijene**
 - **Bazične stijene**
 - **Ultrabazične stijene**
- **Mineralni i kemijski sastav:**
 - **kalcijsko-alkalijska skupina**
 - **alkalijska skupina**

Magmatske stijene

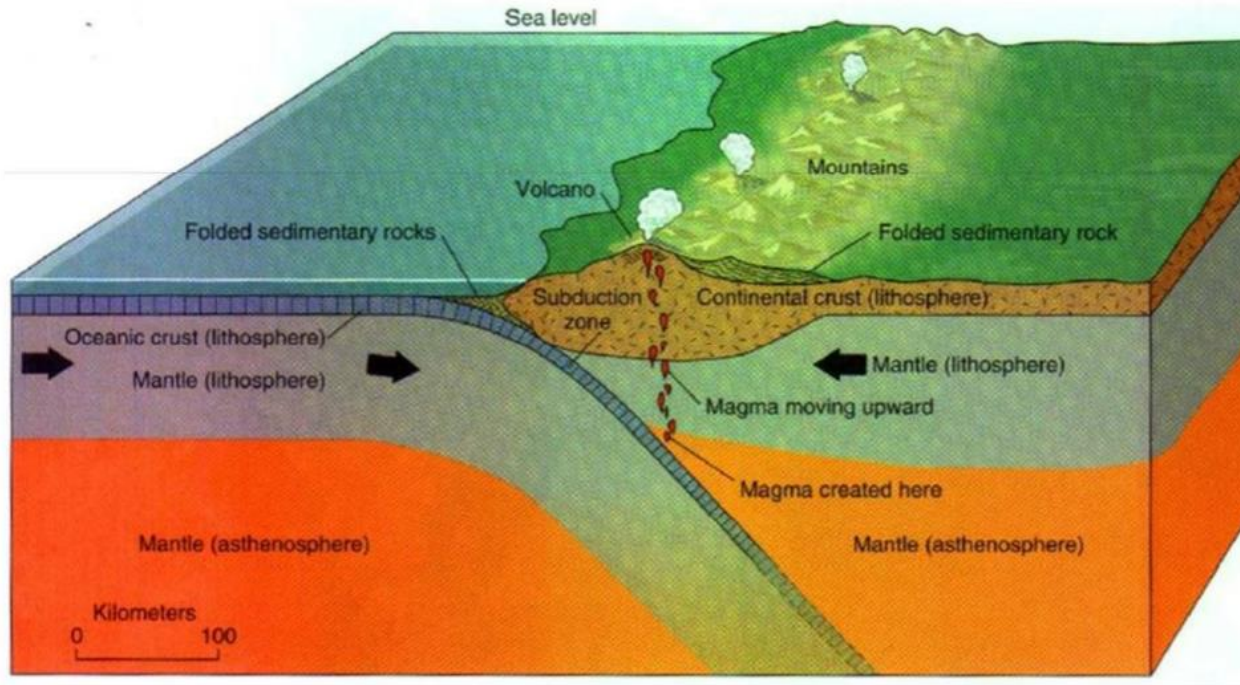
Udio SiO₂

Mjesto postanka

	kisele stijene	neutralne stijene	bazične stijene	ultrabazične stijene
intruzivi	granit	diorit, sienit	gabro	peridotit, dunit
efuzivi	riolit	andezit, trahit	bazalt	-
žične stijene	pegmatit, aplit	vrlo su rijetke	dijabaz	kimberlit
mineralni sastav	feldspati kvarc + biotit	feldspati amfiboli ± biotit	plagioklasi pirokseni ± olivin	olivini, pirokseni

Tablica: Klasifikacija magmatskih stijena

Kisele i neutralne stijene

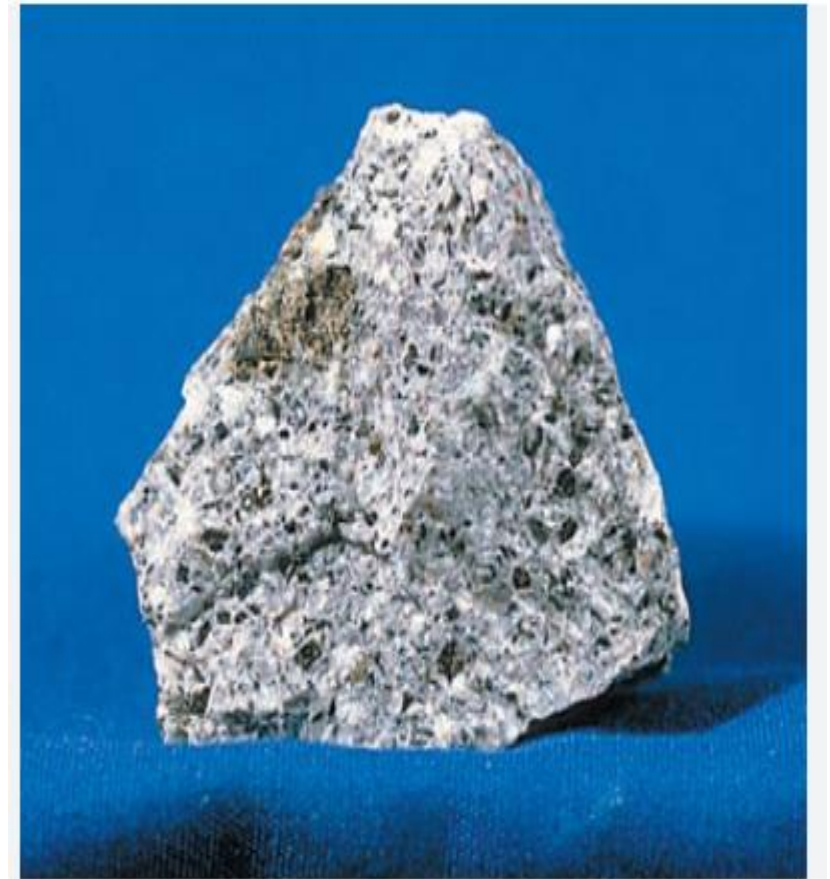
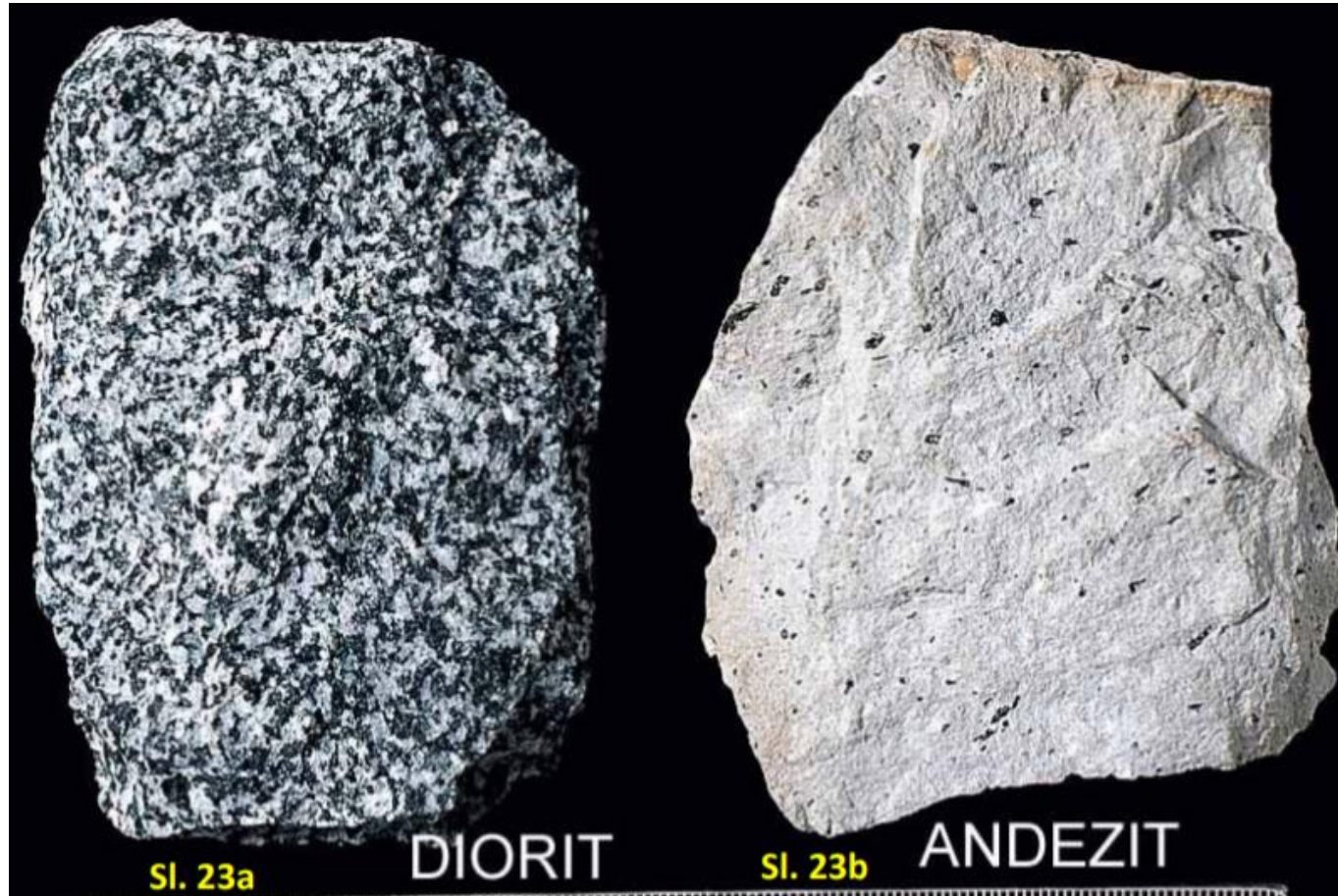


- **Neutralne i kisele stijene** – nastaju na mjestima subdukcije
- taljenjem oceanske kore nastaje bazična magma koja na svom putu prema površini tali kontinentalnu koru granitnog sastava i na taj način se obogaćuje silikatnim mineralima.

Kisele magmatske stijene

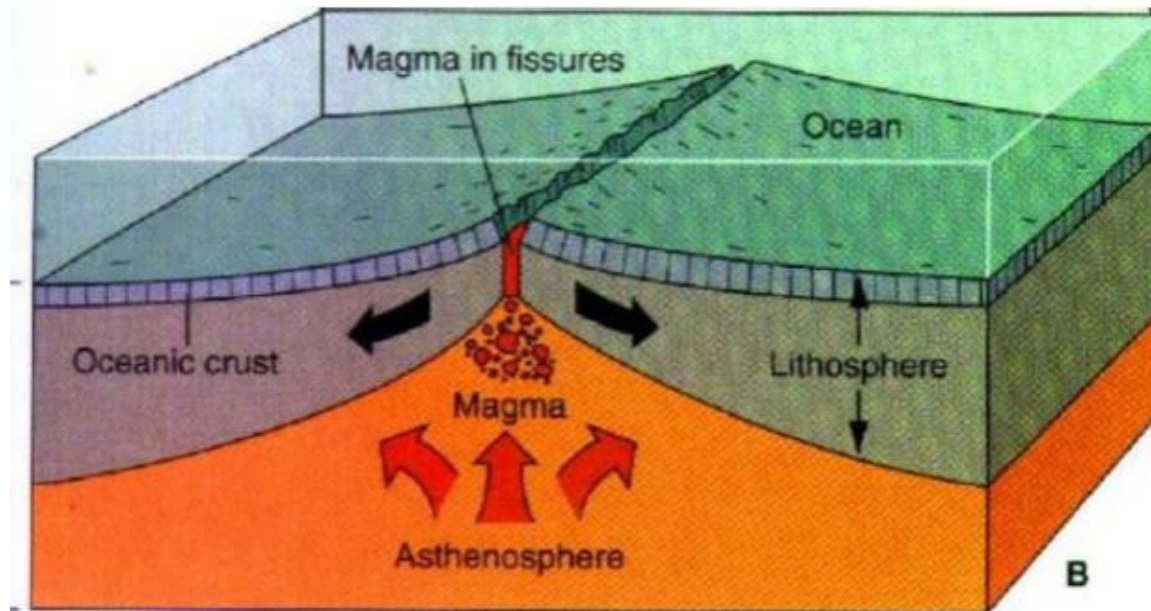


Neutralne magmatske stijene



SIJENIT

Bazične stijene



- **Bazične stijene** – nastaju na mjestima oceanskih hrptova (brazda)
- Dizanje materijala astenosfere prema površini pada tlak i magma se hladi – nastaje nova oceanska kora bazičnih stijena (gabro – bazaltna)

Bazične stijene



Ultrabazične magmatske stijene

PERIDOTIT



DUNIT



Primjena magmatskih stijena

- Primjena magmatskih stijena koja je najveća u građevinarstvu ovisi o njihovim **fizikalnim i mehaničkim svojstvima** koja su posljedica postanka stijene.
- Tereni izgrađeni od svježih **intruzivnih** stijena vrlo su pogodni za izvođenje **građevinskih radova**, pa i većih **podzemnih objekata**, primjerice **stabilnih tunela** i drugih podzemnih **objekata većih dimenzija**.
- Svježije efuzivne stijene daju kvalitetan prirodni građevinski materijal koji se može iskoristiti kao **tehnički i arhitektonski građevni kamen**.
- Svježije efuzivne stijene poput intruziva općenito su **velike nosivosti**.
- U zonama površinskog trošenja i raspadanja, tereni izgrađeni od efuziva **podložni** su **eroziji** uz pojavu **klizanja** i **jaružanja**.
- Sve magmatske stijene su **vodonepropusne**, a voda se zadržava samo u zoni raspadanja i u pukotinama.

Metamorfne stijene

- Nastaju **metamorfozom**, tj. **preobrazbom strukture**, a najčešće i **mineralnog sastava** već postojećih **sedimentnih, magmatskih** ili starijih **metamorfnih stijena** tzv. ***protolita***.
- Najznačajniji uvjeti metamorfoze su: **rast temperature, promjena tlaka** ili **kemijskog sastava** sredine u kojoj je stijena dotada bila stabilna i prilagodbom protolita novim fizikalno-kemijskim uvjetima
- Ovisno o **temperaturi, tlaku, veličini protolita i stabilnosti mineralnih parageneza** razlikujemo više tipova metamorfizma:
 1. **Termalna metamorfoza** (temperatura)
 2. **Dinamometarmorfoza** ili **kinematička metamorfoza** (usmjereni tlak)
 3. **Dinamothermalna metamorfoza** (prevladava usmjereni tlak i temperatura)

Metamorfne stijene

Prema **veličini prostora** u kojem su se zbivale metamorfne promjene:

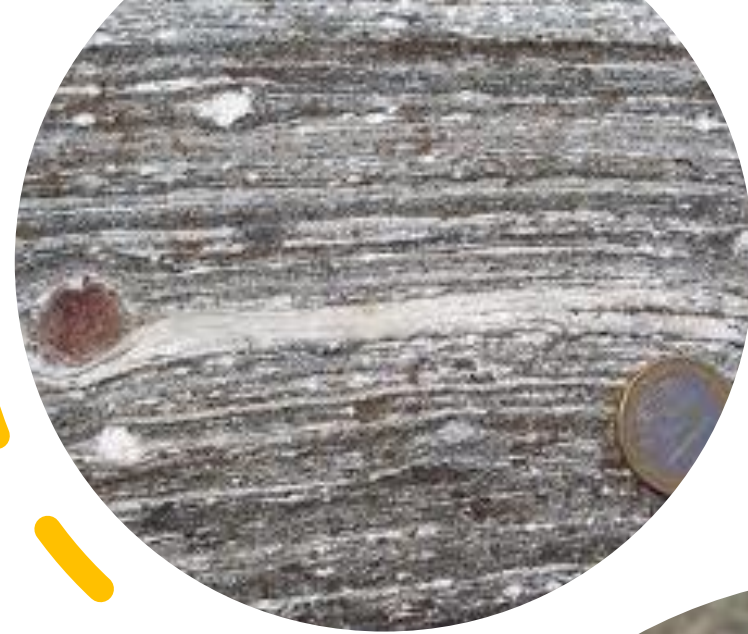
1. **Lokalna metamorfoza** (na manjem prostoru)
2. **Regionalna metamorfoza** (velikom prostoru)

1. Lokalna metamorfoza:

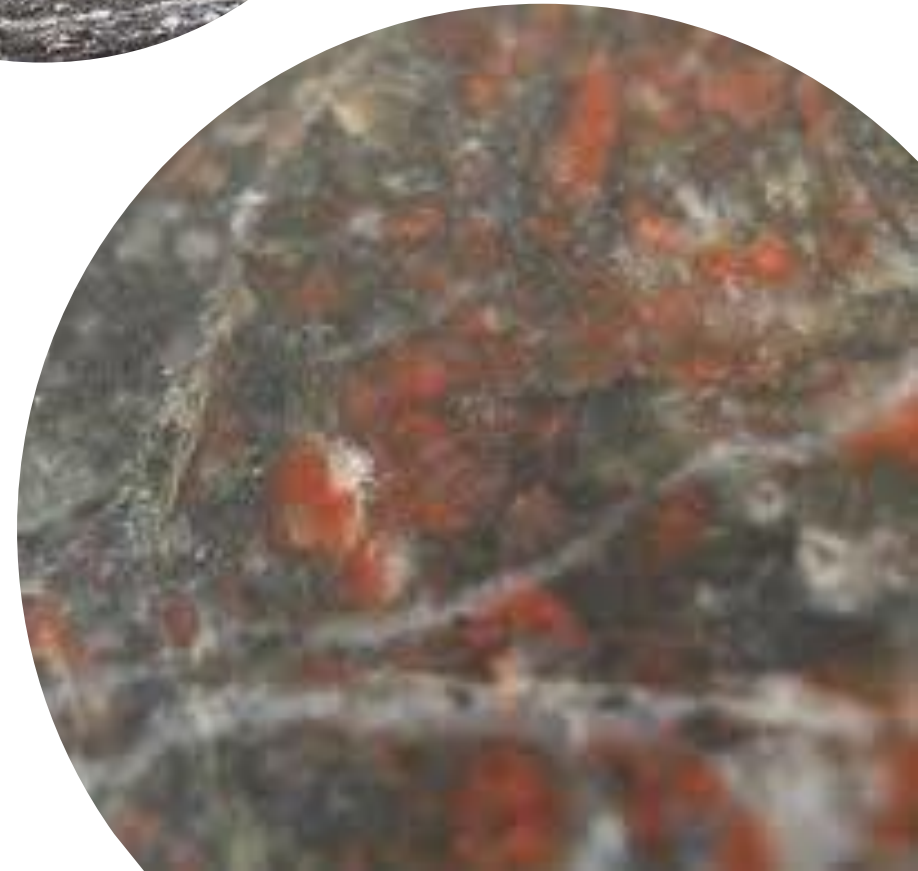
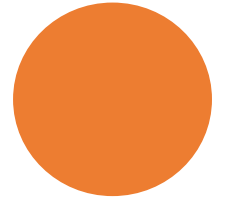
- **Kataklastična**
- **Kontaktna**
- **Hidrotermalna**
- **Pneumatolitska**

Kataklastična metamorfoza

- kinematička metamorfoza, ograničena na površinski dio litosfere, gdje pri niskoj temperaturi, djelovanjem snažnog usmjerenog tlaka (stresa) dolazi do drobljenja stijena, odnosno njihovih minerala (stijena kompaktna)

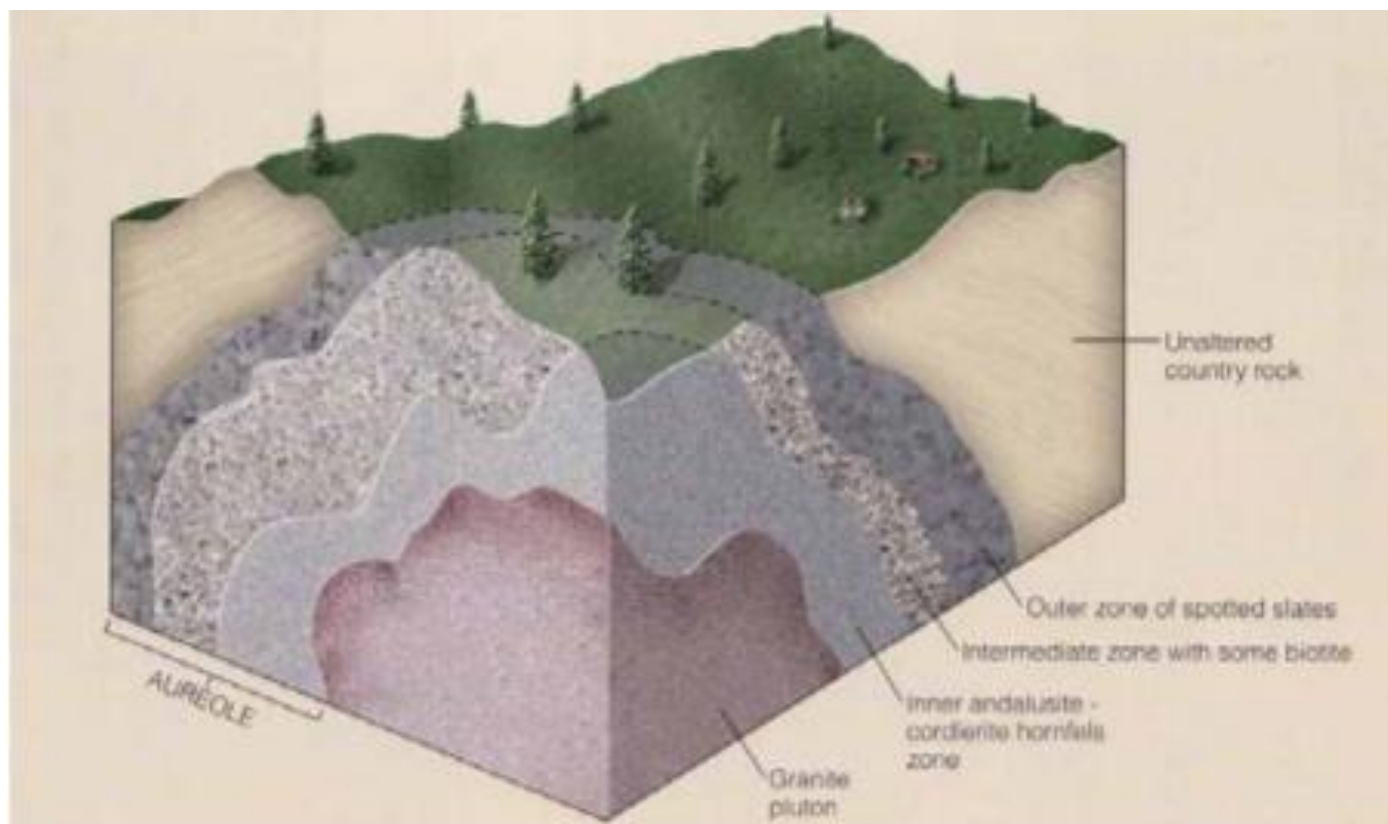


Milonit



Kataklažit

Kontaktna metamorfoza



Sl. 48 Metamorfizam na kontaktu intrudiranog magmatskog tijela i okolne stijene (preuzeto iz Monroe et al., 2007).

- **kontaktni metamorfizam** – nastaje utiskivanjem magmatskog tijela (magne) koje termalno djeluje na okolne stijene.
- Najvažniji faktor: **temperatura**, a zatim **veličina intruzije**.
- Stijene nastale kontaktnom metamorfizmom imaju najčešće sitnozrnastu strukturu, čvrste su i tvrde – **to su metamorfne stijene najnižeg stupnja metamorfizma**: mramor, slejt, filit, hornfels

Vrsta kontaktne metamorfoze:

- **pirometamorfoza** – na kontaktu jako vruće magme i okolnih stijena pri čemu se stijene parcijalno tale



Kontaktne metamorfoza

SKARN

KVARCIT

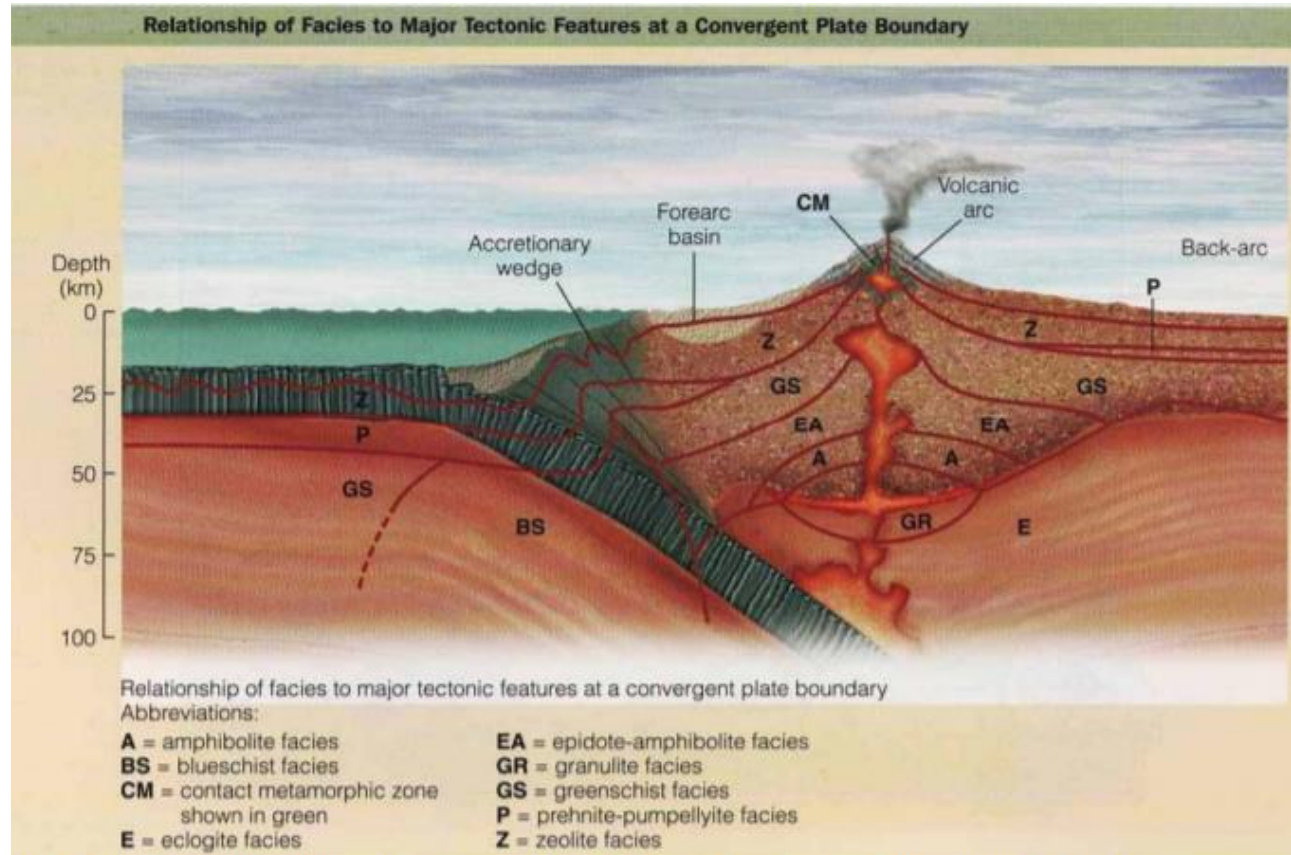
KORNIT ILI HORNFELS

MRAMOR

Lokalna metamorfoza

- **pneumatolitska metamorfoza** – pratilac kontaktne metamorfoze, nastaje kada na okolne stijene djeluju plinovi i pare koje potječu iz magme
- **hidrotermalna metamorfoza** – djelovanjem vrućih vodenih otopina ili hidroterma koje potječu iz magme, cirkuliraju pukotinama i uzrokuju promjene mineralnog i kemijskog sastava protolita.

Regionalna metamorfoza



druže regionalnog metamorfizma u subdukcijskoj zoni (preuzeto iz Monroe et al., 2007).

- zahvaća **veća područja** u kojima vladaju uvjeti vrlo **visoke temperature i tlaka** (gnajsevi, amfiboliti, granuliti)

- Orogena metamorfoza
- Plutonska metamorfoza
- Metamorfoza oceanskog dna
- Metamorfoza tonjenja

Regionalna metamorfoza

- **Orogena metamorfoza** – zahvaća široko područje i velike mase stijena
 - Karakteristična za orogene pojaseve, postanak planinskih lanaca duž konvergentnih rubova ploča.
 - Stijene izložene tlaku i temperaturi koja potječe od magmatske aktivnosti.
 - Proces rezultira prekrizacijom minerala i promjenom strukture i teksture, stijene su škriljave.
- **Plutonska metamorfoza** – zbiva se u najdubljim dijelovima litosfere pri visokoj temperaturi i jakom hidrostatskom tlaku a rezultira stvaranjem bezvodnih minerala
- **Metamorfoza oceanskog dna** – zbiva se u oceanskoj kori u blizini srednjeoceanskih grebena pri relativno niskom tlaku i temperaturi
- **Metamorfoza tonjenja** – niskotemperaturna regionalna metamorfoza koja se zbiva u prostranim sedimentacijskim bazenima zbog tonjenja sedimenata u velike dubine.
 - Zbog niske temperature nastaju stijene niskog stupnja metamorfizma koje nemaju izraženu škriljavost

Regionalna metamorfoza



zeleni škrljavac



slejt



gnajs



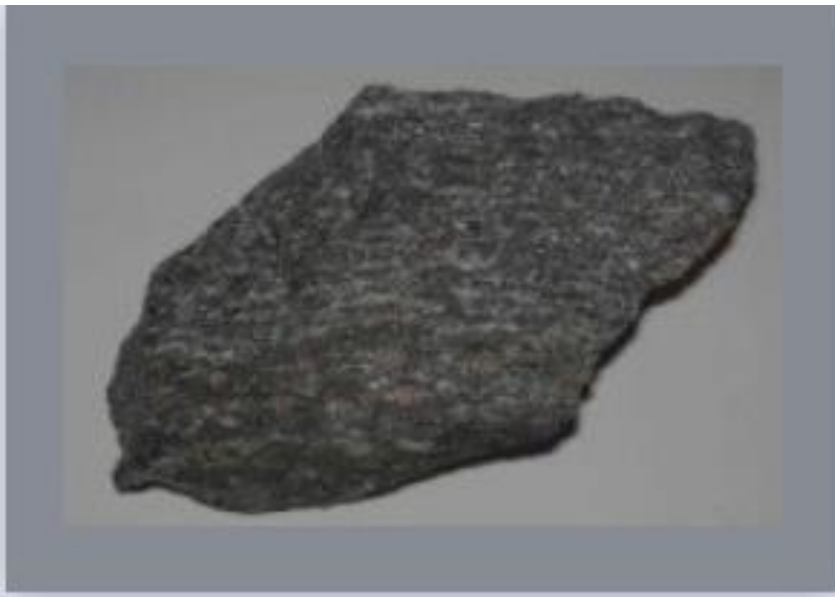
filit



amfiboliti

Stupnjevi metamorfizma

- razlikujemo tri metamorfne zone – nastaju stijene istog kemijskog ali različitog mineralnog sastava
- **Epizona** – najbliža površini s niskom temperaturom ($< 300\text{ }^{\circ}\text{C}$) i umjerenim tlakom. U gornjem dijelu su najčešće klastične stijene koje nastaju drobljenjem minerala, a u dubljim dijelovima minerali se stvaraju i rekristalizacijom
- **Mezozona** – karakterizira viši usmjereni tlak, koji može prijeći u hidrostatski, viša temperatura ($300 - 500\text{ }^{\circ}\text{C}$). Metemarfoza uzrokuje djelomičnu ili potpunu prekristalizaciju postojećih minerala a time promjenu u strukturi i teksturi stijene
- **Katazona** – je u najdubljim dijelovima litosfere, visokim hidrostatskim tlakom i temperaturom (500 do $700\text{ }^{\circ}\text{C}$). Dolazi do prekristalizacije. Nastaju bezvodni minerali velike gustoće, homogene teksture i granoblastične strukture



Blastična

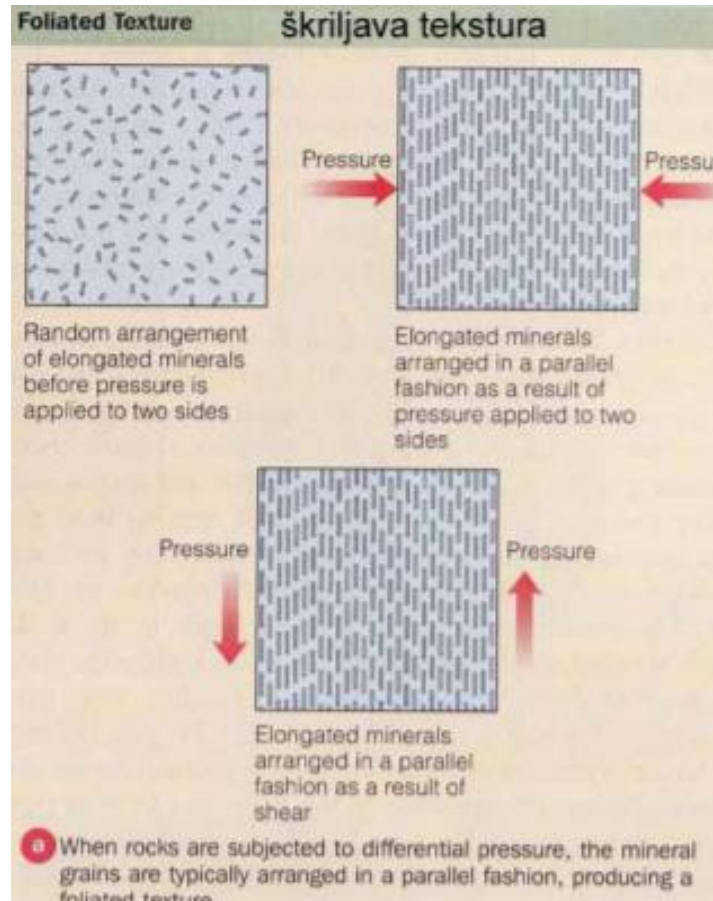


Klastična

Minerali, struktura i tekstura

- Minerali se dijele u dvije skupine:
 - **zastupljeni u svim stijenama:** kvarc, kalcit, dolomiti, pirokseni, amfiboli, tinjci, feldspati, olivin, granati i grafit
 - **tipični metamorfni minerali:** granat, disten, andaluzit, silimanit, coisit i dr.
- **Strukture** metamornih stijena su: **blastične**, **klastične** ili definirane tipičnim međusobnim odnosima mineralnih sastojaka kristala.
 - **Blastična** – rezultat je prekrystalizacije i rasta minerala u čvrstom stanju
 - **Klastična**- nastaje zbog drobljenja primarnih stijena, te naknadne slabije ili jače izražene prekrystalizacije

Tekstura



(preuzeto iz Monroe et al., 2007)

- osobina metamorfnih stijena -**škriljavost**
- paralelno redanje mineralnih sastojaka naziva se **škriljava tekstura ili folijacija**
- oblikovana pod uvjetima **povišenih temperatura i usmjerenih tlakova**
- ploha u kojoj su mineralni sastojci paralelno poredani naziva se **ploha škriljavosti**
- **Lineacija** - paralelna orijentacija štapićastih minerala unutar ploha škriljavoti.

Tekstura metamorfnih stijena



GNAJS



TINJČEV ŠKRILJAVAC

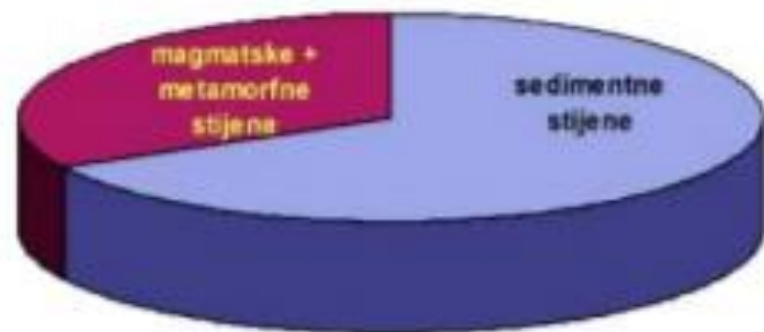
Sistematika metamorfnih minerala

- Metamorfne stijene mogu se sistematizirati prema:
 - **Dubini postanka u litosferi**
 - **Strukturno- teksturnim obilježjima**, ponajprije **stupnju folijacije ili škriljavosti**
 - **Protolitu** iz kojeg je nastala metamorfna stijena
 - **Mineralnoj paragenezi** koja definira metamorfni facijes
 - **Vrsti metamorfoze**

Primjena metamorfnih stijena

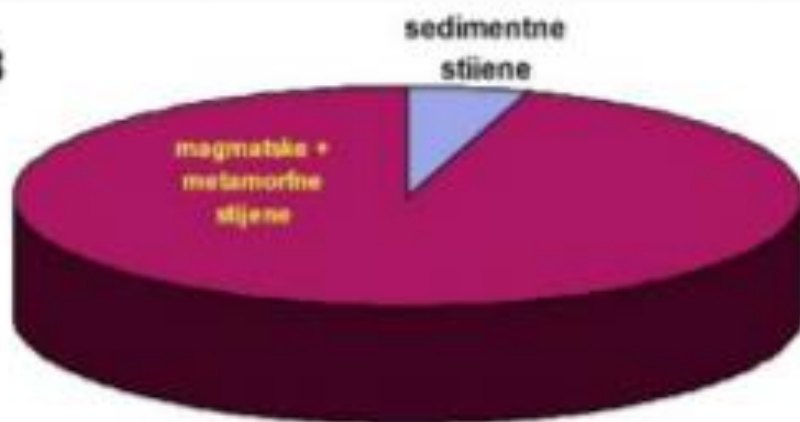
- Tereni izgrađeni od metamorfnih stijena, zbog **razlomljenosti** i najčešće **velike trošnosti nepovoljni** su za izvođenje građevinskih radova, izuzev terena **izgrađenih** od **mramora, kvarcita, ili škriljavaca višeg stupnja kristaliteta**, koji imaju povoljne značajke za temeljenje objekata na površini i radova u podzemlju.
- Kod radova u podzemlju veći problemi nastaju samo u zonama u kojima su stijene jače razlomljene i trošne
- Metamorfna stijena rabi se kao prirodni kamen za oblaganja podova i prozorskih okvira, kao građevinski materijala.
- Koristi se kao tehnički kamen (amfibolit), a kao arhitektonsko-građevni kamen serpentinit, mramor.

A



Sedimentne stijene

B



Zastupljenost sedimentnih stijena:

A – na površini Zemlje

B – u Litosferi

- nastaju **trošenjem stijena površinskih dijelova litosfere, erozijom, transportom klastičnih čestica i otopljenih tvari, te njihovim taloženjem, odnosno sedimentacijom**

Sedimentne stijene

- **Dijagenetskim procesima** (postsedimentacijom) od nevezano klastičnog sedimenta nastaju **čvrste stijene**.
- Razlikujemo:
 - Klastične stijene** – nastaju sedimentacijom čestica (siliciklastične ili karbonatne)
 - Kemijske stijene** - nastaju izlučivanjem minerala iz otopine
 - Biokemijske stijene** – kod kojih se mineralna tvar izlučuje biokemijskim procesima
 - Kemijske i biokemijske stijene dijele se na **karbonatne, evaporitne i silicijske**.

Sedimentne stijene

- **Trošenje stijena (erozija):** proces razaranja stijena na Zemljinoj površini ili plitko pod površinom djelovanjem atmosferilija, vode, leda, temperaturnih promjena i životne aktivnosti organizama.
1. **Mehaničko trošenje stijena**
 2. **Kemijsko trošenje stijena**
 3. **Biološko trošenje stijena**



Mehaničko trošenje stijena

- Naziva se još i **dezintegracija** uzrokovano je silama koje djeluju iz atmosfere, hidrosfere i biosfere

Insolacija, hidratacija – dehidracija, smrzavanje – odmrzavanje i erozija

- dolazi do pucanja i usitnjavanja stijene - nastaju čvrste čestice minerala i stijena: **klastiti** ili **detritusi** (raspon od 0,004 mm do veći do 256 mm)

Kemijsko trošenje stijena

- Kemijsko trošenje stijena odvija se **djelovanjem vode**, zatim **kisika** i **karbonatne kiseline**

Otapanje-hidrolizu-hidrataciju-izmjena iona

- Nastaju **novi minerali** i/ili otapanje i izlučivanja iz stijene primarnih i sekundarnih minerala nastalih trošenjem.
- Oksidacijom se mijenja primarna boja, poroznost, volumen i mineralni sastav
- Važni faktori kemijskog trošenja su: veličina i oblik površine stijene, klima (umjerena i tropska klima povećava trošenje)
- Kemijskom razgradnjom silikata nastaju gline

Biološko trošenje stijena

- Biološko trošenje odvija se pod utjecajem procesa koji uključuju:
 - **mehaničko razaranje** stijena (rastom korijena drveća, životinje)
 - **otapanjem stijena** pod utjecajem humusnih kiselina
 - dolazi do promjene mineralnog sastava



Sedimentne stijene

četiri faze sedimentnog ciklusa:

Trošenje (erozija) – transport – taloženje – dijageneza

Sedimentne stijene

- **Transport** predstavlja prijenos otopljenih tvari i čestica **vodom, vjetrom i ledom** dok se niz padinu čestice kotrljaju ili kližu pod utjecajem **gravitacije** (gravitacijsko kretanje)
- Prijenos vodom – **laminarno i turbulentno – vučenje, saltacija i suspenzija**
- Transport vjetrom – **eolski sedimenti** (podjednakih dimenzija i dobro sortirane)
- Značajni eolski sedimenti taloženi u glacijalu – **prapor ili les**
- **Taloženje** – započinje kada snaga transportnog medija postane slaba za njegovo daljnje prenošenje
- Prvo se talože krupnije pa sitnije čestice (ovisi o brzini toka, veličini čestica, gustoći, viskoznosti tekućine)
- **Taložni okoliš – kontinenti, prijelazni i marinski okoliš**
- **Dijageneza** – zbiva se pri niskim temperaturama i malim pritiscima nakon taloženja
- Najvažniji dijagenetski proces je **okamenjavanje** ili **litifikacija** (postupni prijelaz mekih nevezanih taloga u čvrste sedimentne stijene)
- **Mehanička dijageneza** – proces zbijanja zbog pritiska površinskih slojeva (istiskivanje vode iz pora)
- **Kemijska dijageneza** – otapanje pojedinih mineralnih sastojaka (tlačno otapanje, cementacija, rekristalizacija)
- Dijagenetski procesi nakon taloženja imaju utjecaja i na strukturu i na teksturu sedimenta



Slojevitost sedimentnih stijena

Sastav, struktura i tekstura

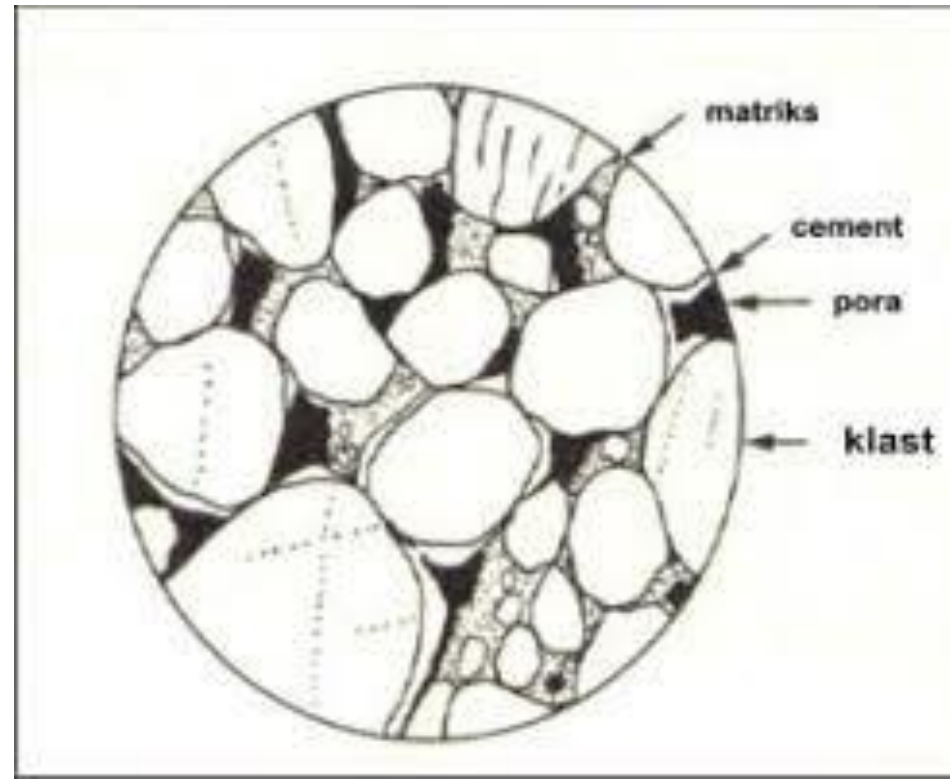
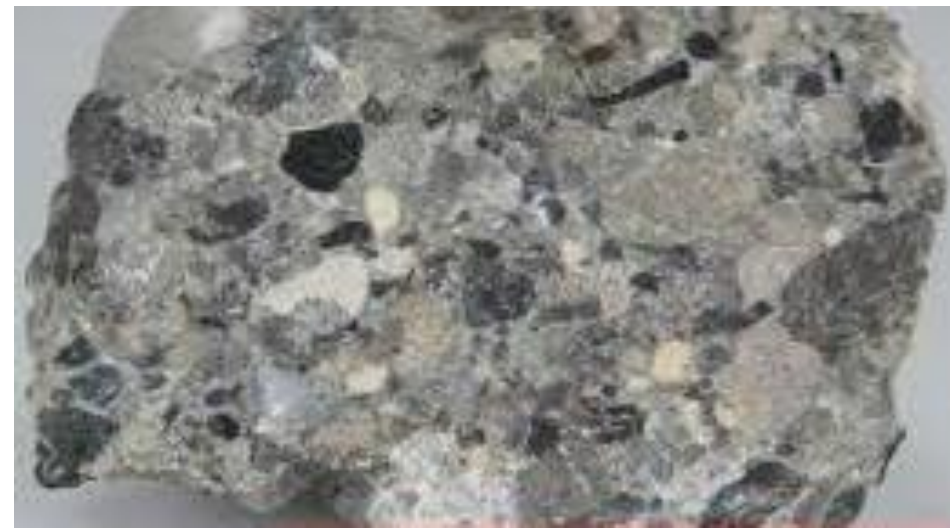
- Mineralni sastavu sedimentnih stijena: **kvarc, tinjci, kalcit, dolomit, feldspati i minerali glina**
- **Alotigeni minerali** – potječu od mehaničkog razaranja sedimentne stijene
- **Autigeni minerali** – nastaju kristalizacijom iz vodenih otopina u samom sedimentu
- **Veličina klasta** – najvažnije strukturno obilježje sedimentnih stijena (blokovi, valutice, šljunak, pjesak, prah i glina)
- **Morfometrijske značajke** – oblik, sferičnost i zaobljenost
- **Sedimentni sklop** – raspored, orijentaciju, način pakiranja i kontakt među zrnima

Struktura i tekstura

- **Strukture i tekstone** sedimenata najčešće su posljedica transporta i taloženja
- **Struktura** se odnosi uglavnom na **veličinu zrna, oblik, raspored i međusobni odnos čestica**

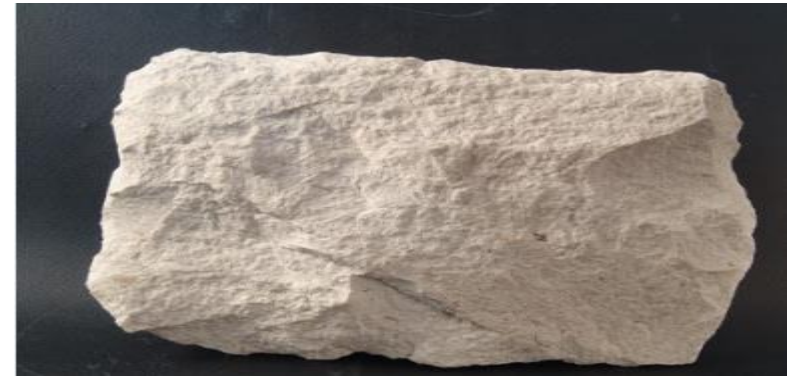
Može biti:

- **Klastična** - fragmenata stijena i minerala (veličina zrna >2 mm (šljunci), $< 0,063$ mm (prah ili gline)
 - Razlikuje se: zrna/klast, vezivo (matriks i cement) i pore
- **Detrična** – karakteristična za karbonatne stijene
 - ovisi o veličina zrna
 - kalkruditi (zrna veća od 1 mm), kalkareniti (zrna između 1 mm i 0,06mm) i kalklutiti (zrna manja od 0,06mm)



Struktura sedimentnih stijena

- **Kristalasta** – karakteristična za kemijske i biokemijske sedimentne stijene
- **Oolitska**
- **Sfelurska**
 - Oolitska i sfelurska struktura odlikuje se karakterističnom koncentričnom građom oko centra kristalizacije
- **Organogena** – karakteristična za stijene nastale posredovanjem organizama



Krupnokristalasta struktura



Organogena struktura



Oolitska struktura

Tekstura sedimentnih stijena

- **Tekstura** sedimentne stijene definira građu uvjetovanu međusobnim odnosima, prostornim rasporedom i orijentacijom pojedinih sastojaka.
- **Primarne** - u vrijeme taloženja ili ubrzo nakon taloženja
- **Sekundarne** - nakon taloženja tijekom dijageneze
- **Slojevitost** - je najvažnija tekstura sedimentnih stijena
- Osnovna jedinica sedimentnih stijena je **sloj** geološko tijelo omeđeno jasno izraženim diskontinuitetima (gornjom i donjom slojnom plohom) od naslaga ispod i iznad njega.
- Prema debljini slojeva razlikujemo pet skupina: vrlo debeli (veći od 100cm)– vrlo tanki (1-3cm)
- Prema načinu redanja pojedinih litološki ili teksturno različitih slojeva razlikuje se: pravilna, ciklična i nepravilna slojevitost



Slojevitost sedimentnih stijena

Sistematika sedimentnih stijena

- Sedimentne stijene dijele se na dvije osnovne skupine:
 - 1.Egzogene ili klastične** - sastoje se od čestica nastale razaranjem drugih stijena
 - 2.Endogene ili neklastične**
 - Kemijske i biokemijske sedimentne stijene- karbonatne, evaporitne i silicijske
- Zasebna skupina - **rezidui ili rezidualni sedimenti i vulkanoklastično/piroklastične stijene**

Klastične (detrične ili mehaničke) sedimentne stijene

- Raznolika skupina stijena egzogenog postanka, sastavljena od zrna (klasta), nastala mehaničkim trošenjem i transportirana do mjesta postanka
 - **Nevezane – sedimenti**
 - **Vezane – sedimentne stijene**
- **Klastične sedimentne** stijene dijelimo prema veličini čestica na:
 - Krupnozrnate – **rudite** (promjer >2 mm, nevezani sipari, šljunak; vezani konglomerat, breča)
 - Srednjezrnate – **arenite** (promjer 2-0,063 mm; nevezani pijesci; vezani pješčenjaci)
 - Sitnozrnate – **pelite** (promjer 0,063-0,004 mm; nevezane prah ili silt, mulj i glina; vezane prahovnjak ili silit, muljnjak i glinjak)
 - u pelitne sedimente se kao posebni genetski tipovi ubrajaju i **les ili prapor** (eolskog porijekla) i **lapori** (sastavljene od glinovito karbonatne komponente s promjenjivim udjelom praha– hibridne stijene)

Krupnozrnasti klastiti – RUDITI

- **Sipari** – nakupljeni ne zaobljeni klasti, kratki transport, nesortirani
- **Šljunak** – nakupljeni zaobljeni klasti, dugi transport, djelomično sortirani
- **KONGLOMERAT** – čvrsto vezana stijena, sastoji se od dobro zaobljenih valutica, šljunka s/bez pješčane i muljevite komponente, odnosno veziva
- **BREČA** – manje ili više čvrsto vezana stijena koja se sastoji od uglastog do poluzaobljenog stijenskog kršja i veziva



Srednjozrnasti klastiti – ARENITI

- **Pijesci** – složen sastav, nastaju trošenjem raznovrsnih stijena, talože se na kopnu i moru, rijeke, jezera
- S obzirom na sadržaj matriksa razlikuju se **areniti ili čisti pijesci i grauvaka ili nečisti pijesci**
- **PJEŠČENJAK** – sastoji se od raznih čestica dimenzija pijeska: Pijesci i pješčenjaci naziv dobivaju po glavnom sastojku
primjer: kvarcni pješčenjak (>95% zrna kvarca)



Pješčenjak sa otiscima ljuštura školjaka



Đurđevački pijesci

Sitnozrnasti klastiti – PELITI

PRAPOR ili LES – sadrži 2/3 dimenzija praha i 1/3 dimenzija gline, slabo litificirana, homogena stijena. Ne pokazuje slojevitost. U mineralnom sastavu prevladavaju kvarc i feldspati. Izgrađuje lesne zaravni (nastale taloženjem eolskog materijala). Izrazito porozan i u velikim količinama ima ga u Istočnoj Hrvatskoj



MULJNJAK – debeloslojevit do homogene teksture, čvrsto litificirana stijena koja je smjesa podjednakog udjela čestica glina i praha.



Sitnozrnasti klastiti – LUTITI

ŠEJL – Najzastupljenija sedimentna stijena u Zemljinoj kori, tankolaminirne ili lisnate teksture (kvarc, minerali glina i drugi autigeni minerali).



LAPOR – hibridna stijena koja se sastoji dijelom od gline, dijelom od kalcita, u približno jednakim omjerima, **kemogeno-klastični sediment**. Upotreba u cementnoj industriji



Fliš

Fliš – kompleks klastičnih sedimentnih stijena nastalih mutnim tokovima (što može biti popraćeno podmorskim klizanjem sedimenata).

- sedimenti su prethodno nastali brzom erozijom na kopnu
- fliški kompleks karakterizira izmjena pješčenjaka i sitnozrnatih sedimenata kao što su šejlovi, siltiti i lapori, a rjeđe može sadržavati breče i konglomerate
- rasprostranjene su u jadranskom pojasu Hrvatske

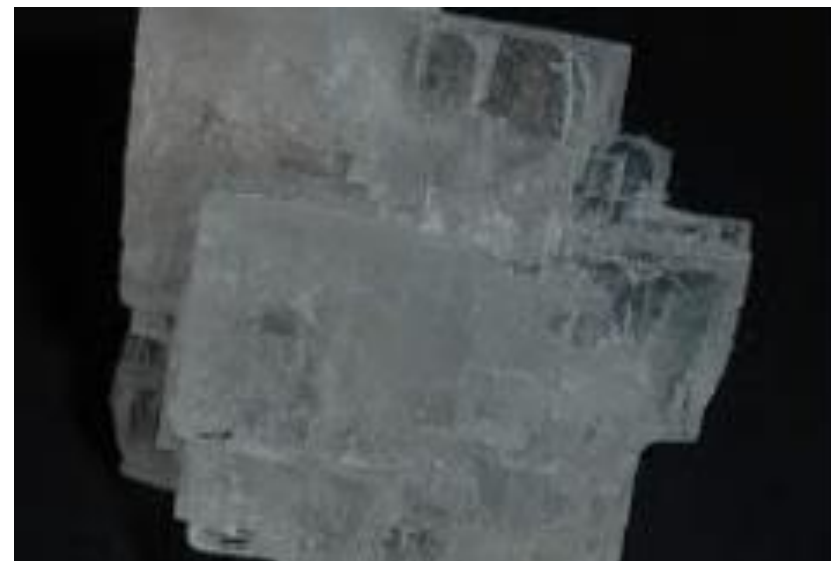


Slika: Ritmička izmjenama subhorizontalnih slojeva lapora i pješčenjaka uz željezničku prugu Buzet – Lupoglav; lokalitet Raspadalica

Kemijske i biokemijske sedimentne stijene

- Pripadaju endogenim sedimentima a dijele se prema kemijskim i genetskim kriterijima na **karbonatne**, **evaporitne** i **silicijske** stijene
 - **Evaporitne** stijene nastaju kemijskim izlučivanjem minerala iz prirodne visoko koncentriranih otopina zbog snažnog isparavanja ili evaporizacije vode. Talože se na rubnim dijelovima jezera i depresija, zaljevima
 - Evaporacijom nastaju **karbonati**, **sulfati** i **halogenidi**
 - Najvažnije evaporitne stijene su: **gips**, **anhidrit** i **halit** te razni **halogenidi**

GIPS



HALIT



vapnenac kao kemogena stijena



klastični vapnenci

Karbonatne sedimentne stijene

- **Vapnenci i dolomiti**; uglavnom nastaju u moru, ali mogu i u slatkim vodama; izgrađuju velika područja Hrvatske.
- Otapanjem vapnenaca u vodi (ugljični dioksid u vodi) – izgrađuju se brojni krški fenomeni (spilje, kaverne, vrtace, ponori)
- **VAPNENAC** – stijena organskog ili anorganskog porijekla građena od minerala kalcita CaCO_3 sa udjelom većim od 50%.
- Čisti vapnenici imaju više od 90% kalcita,
- Čisti vapnenci su bijele boje a zbog oksida i hidroksida željeza postaju crvenkasti do žućkasti.
- Vapnenci nastaju na kopnu (terestrički vapnenci), u slatkoj vodi (slatkovodni vapnenci) i morskoj vodi (marinski vapnenci).
- **Terestrički vapnenci** – talože se na kopnu, u rijekama, jezerima i spiljama.
- Razlikuje se:
 - *vapnenačka sedra*- spužvasti vapnenac koji nastaje na slapovima rijeka (Plitička jezera), izvorima, vodopadima, vapnenac se izlučuje po bilju u području prskanja vode.
 - *Travertin* – litificirani šupljikavi laminirani ili nepravilno slojeviti vapnenac, nastao izlučivanjem kalcita iz vrućih voda na termalnim izvorima.
 - *korasti vapnenci* – nastaju kao produkt kristalizacije na površini tla u aridnim i semiaridnim toplim klimatskim područjima gdje je isparavanje vode iz tla veće od ukupne godišnje količine padalina.
 - *špiljasti vapnenci* – nastaje kapanjem i udaranjem vode zasićene kalcijevim hidrogenkarbonatom u vapnenačim spiljama. **Slatkovodni vapnenac** – nastaje u jezerima i rijekama kao posljedica promjene tlaka i temperature i uklanjanja CO_2 iz vode
- **Marinski vapnenac** – je najrasprostranjeniji tip karbonatnih stijena.
- U građi vapnenca kao glavni strukturni karbonatni sastojci sudjeluju karbonatni mulj, intraklasti, fosili, peleti, obavijena zrna i sparitni kalcit.

Karbonatne sedimentne stijene

- **DOLOMIT** – građen od minerala dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
- najčešće nastaje procesom **dolomitizacije**, tj. **potiskivanjem kalcija magnezijem u vapnenačkim mineralima** (kalcitu i aragonitu)
- od vapnenca se razlikuje po tome što u kontaktu s 10% HCl **ne šumi**



Silicijske stijene

- silicijske stijene sastavljen od autigenih minerala iz skupine silicij dioksida (kvarc, opal i kalcedon)
- ROŽNJAK
 - sitnozrnati **silicijski sediment** različita postanka; kemijski sastav je SiO_2 ; gusta stijena, **oštrobridnog školjkastog loma**, crvenkastosmeđe, zelenkaste i crvene boje, dubokomorski sediment
- tekstura: slojevita, nodularna, grudasta – ovisi o načinu postanka
- rožnjak može nastati: **biogeno** i **kemogeno**:



Rezidui ili rezidualni sedimenti

- sadržavaju rezidualni kvarc, tinjce, silikatne minerale male topljivosti i nove minerale nastale pri kemijskom trošenju stijena gline. Fe okside

Razlikujemo boksite, laterite, zemlju crvenicu i kaoline



Vulkanske ili piroklastične stijene

- genetski vezani za vulkane, za vulkanizam i za sedimentne procese.
- Nastaju od materijala izbačenog vulkanskim erupcijama, fragmenata vulkanskog stakla, kristala različitih materijala
- Materijal se nakon transporta zrakom ili vodom taloži bliže ili dalje od mjesta izbacivanja
- Prema sastavu se razlikuju litoklasti, kristaklasti i vitroklasti a prema obliku i veličini blokovi, vulkanske bombe, lapili i vulkanski pepeo.
- Vezani uglati komadići lave i nepravilnih fragmenata efuzivnih stijena koje su uspjele kristalizirati nazivaju se **vulkanske breče**.





Šljunak i pijesak



Bušenje sa bentonitnom isplakom

Primjena sedimentnih stijena

- Najveće gospodarske značenje, jer im je kao sirovini udio u svjetskim razmjerima od 85 do 90%.
- **Šljunci i pijesci** – upotrebljavaju se u pripravi betona, asfalta u građevinarstvu, za održavanje i gradnji prometnica, pijesak za izradu žbuke i nasipanje makadamskih putova.
- **Šljunak** je u uporabi i kao tamponski sloj u gradnji prometnica, a pijesak i za izradu žbuka ako ne sadržava tinjce, dok čisti kvarcni pijesci bez željezne komponente služe za proizvodnju stakla.
- **Gline** - za izradu opeka i crijepova, bentonit za izradu bušotina, a s posebnim dodacima i kao smjesa za injektiranje.
- Uz glinu i prapor služi kao sirovina u industriji opeke i crijepa.

Primjena sedimentnih stijena

- **Vapnenačke breče i konglomerati** lako se poliraju i upotrebljavaju se kao prirodni kamen, tehnički i arhitektonsko-građevni kamen.
- **Pješčenjaci** imaju veliko značenje u građevinarstvu, koje ovisi o fizikalnim i mehaničkim svojstvima.
- **Lapori** su slabo otporni na utjecaj atmosferilija te otvoreni profil za potrebe građenja ne smiju dulje vrijeme ostati nezaštićeni. Važna su sirovina za proizvodnju cementa.
- **Vapnenci i dolomiti** rabe se kao tehnički i arhitektonsko-građevni kamen, kao sirovina za dobivanje vapna i ostalih veziva, te u cementnoj industriji.
- **Stabilnost terena** izgrađenih o nevezanih sedimentnih stijena (šljunci, pijesci) ovisi ponajprije o njihovoj zbijenosti i granulometrijskom sastavu.
- **Šljunci** su rastresiti u suhom i mokrom stanju, **slabo su stišljivi**, pa u nekim okolnostima imaju značajke povoljne za temeljenje objekata.
- Temeljenje u **pijescima** ovisi o količini glinovite komponente.
- Tereni od šljunka i pijeska su propusni te sadržavaju velike količine podzemne vode važne za vodoopskrbu, nepovoljno zbog lakog zagađenja.
- Plastičnost i bubrenje **glina** sa stajališta izvođenja građevinskih radova nepovoljna komponenta
- Temeljenje treba izbjegavati u **prahu**, posebice ako je saturiran vodom, podzemne vode djeluju na stabilnost terena izgrađenih od prapora, pa pokreću klizišta.
- Tereni izgrađeni od **vezanih klastičnih stijena (breče, konglomerati, pješčenjaci i lapori)** stabilni su za temeljenje i podzemne radove (treba istražiti mineralni sastav klasta i veziva te eventualni sustav pukotina u stijeni)
- Naslage **fliša** su relativno nepropusne kao cjelina.
- Osnovni problemi prilikom radova u flišu proizlaze upravo iz njegove heterogenosti i čestih izmjena litoloških članova različitih fizikalno- mehaničkih svojstava.
- Fliški tereni povoljni su za izvedbu brana, a vodonepropusni članovi osiguravaju stabilnost umjetnih akumulacija.



Primjena sedimentnih stijena

- tereni izgrađeni od **vapnenaca i dolomita** velike nosivosti **najpovoljnijih su svojstava za temeljenje i izvođenje podzemnih radova** (izuzev razlomljenih i jače izraženi pukotinski sustavi ispunjeni crvenicom)
- najkvalitetnije sedimentne stijene **za izvedbu tunela i drugih podzemnih objekata.**
- primjena vulkanoklastičnih stijena u građevinarstvu je ograničena na svježije i neoštećene stijene ako se nalaze u većim masama.
- osim tufova i tufita, piroklastične stijene su medij na kojima je temeljenje moguće.
- Tuf se lokalno upotrebljava za gradnju i pokrivanje poljskih kuća, a vitroklastični tuf je dodatak u proizvodnji cementa.