

TEHNIČKA SVOJSTVA STENA

Prilikom opisa pojedinih vrsta stena napomenuto je da one, u zavisnosti od strukturno-teksturnih karakteristika, mogu biti korišćene u građevinske svrhe.

Pošto su strukturno-teksturne osobine već prikazane uz petrografske opise stena na tome se ponovo nećemo zadržavati -prikazaćemo neke druge osobine koje su od značaja za upotrebljivost stena. Na narednoj tabeli su prikazana tehnička svojstva stena:

Tehnička svojstva stena

Petrografska	Fizička	Mehanička Tehnološka	
Miner. sastav	Boja	Čvrstoća	Obradljivost
Struktura	Gustina	Žilavost	Drobljivost
Tekstura	Poroznost	Plastičnost	Bušivost
Lučenje	Vodopropusnost	Elastičnost	Lomljivost
	Vlažnost		
	Lepljivost		
	Bubrenje		
	Elektroprovo- dljivost		
	Magnetičnost		
	Radioaktivnost		
	Topl. osobine		

OBLIK, VELIČINA ZRNA I NAČIN VEZIVANJA

Fizičke i mehaničke osobine stenskih masa u mnogome zavise od oblika, veličine, i stepena vezanosti sastojaka. Postoje brojne klasifikacije koje se daju za veličinu zrna, jedna od njih je *Heremana i Stinija (Heremann & Stini)*:

Krupnoća zrna	Magmatske stene	Sedim. stene i mermeri
Grubog zrna	preko 15 mm	preko 4 mm
Vrlo krupnozrne	10 - 15 mm	2 - 4 mm
Krupnozrne	5 - 10 mm	1.25 - 2 mm
Srednjeg zrna	3 - 5 mm	0.75 - 1.25 mm
Sitnozrne	2 - 3 mm	0.25 - 0.75 mm
Finog zrna	do 2 mm	do 0.25 mm

Oblik zrna takođe utiče na čvrstinu stenske mase; stena ujednačene krupnoće znatno je kompaktnija od neujednačno zrnaste. Zaobljena zrna kod sedimentnih stena slabije su vezana nego uglasta dok ljuspasta zrna srazmerno svom prisutvu umanjuju stabilnost stene.

Stepen vezanosti sedimentnih stena zavisi od vrste i količine cementne mase. Najbolje vezane stene su sa bazalnim ili cementom međuprostora, dok su najslabije vezane one sa dodirnim cementom.

Od oblika i veličine zrna zavisi poroznost, zapreminska težina, propustljivost, higroskopsnost, ponašanje na mrazu.

BOJA STENA

Boja stene je od izvanrednog značaja ako se stene koriste kao građevinski materijal.

Boja jedne magmatske stene zavisi od njenog mineralnog sastava i stepena njene svežine - neka od sekundarnih komponenti (epidot, hlorit, oksidi gvožđa) može intenzivno pigmentirati stenu. Graniti su, na primer,

uglavnom sive boje ali mogu biti rumeni ako je feldspat u njima crvenkast od oksida gvožđa, kao što je slučaj sa granitom Tande u istočnoj Srbiji.

Kod sedimentnih stena, kao što je već rečeno, boja može biti nasleđena, singenetska ili dijagenetska i epigenetska.

Postojanost boje u stenama je različita, boja je trajnija ako stena nije izložena uticaju atmosferilija. Najnepostojanije su boje koje vode poreklo od organskih materija (crni mermeri koji pod uticajem atmosferilija blede).

Postoji i niz minerala u stenama koji se mogu javiti kao primarni, sekundarni pa čak i sporedni, čije prisustvo smanjuje građevinsku vrednost kamena jer tokom vremena izazivaju flekanje stene. To su sulfidi (specijalno pirit), koji na površini stene stvaraju žute mrlje.

GUSTINA STENA

Gustina (specifična težina) stene zavisi od specifične težine sastojaka od kojih je ista izgrađena, varira od 26-32 kN/m³. Specifična težina se određuje laboratorijski na usitnjenim uzorcima.

Zapreminska gustina međutim, predstavlja težinu jedinice zapremine stene. Ona zavisi od mineralnog sastava ali i od strukturno teksturnih karakteristika kao i stepena ispucalosti stenske mase. Ukoliko je količina pora u steni veća zapreminska gustina je manja i obrnuto. Ona se određuje laboratorijski na uzorcima kockastog ili prizmatičnog oblika .

POROZNOST STENA

Ova osobina predstavlja odnos između zapremine šupljina u stenskoj masi i njene ukupne zapremine.

Budući da neispunjeni prostor u stenskim masama može biti različitog porekla, imamo singenetsku ili primarnu i epigenetsku ili sekundarnu poroznost. Primarne šupljine u stenama su pukotine lučenja, ovalni mehurići u vulkanitima nastali usled zaostalih gasova (mehuraste tekture),

dok sekundarne šupljine predstavljaju tektonske pukotine, kavernožnost karbonatskih i drugih sedimentnih stena nastala erozijom ili rastvaranjem pojedinih komponentata itd.

Pore u stenama mogu biti superkapilarne, kapilarne i subkapilarne. U stenama obične preovlađuje jedan tip pora ali može biti kombinovano i više njih. Prema širini pore delimo na:

superkapilarne sa prečnikom preko	0,5 mm,
kapilarne	0,5 - 0,0002 mm,
subkapilarne	ispod 0,0002 mm.

Veoma su retke stene koje već primarno nisu makar i slabo porozne. Kod svežih granita poroznost iznosi ispod 1 a kod peska do preko 40. Pore mogu biti različitog oblika, cevaste, okrugle, izuvijane, nepravilne itd. Stepem poroznosti se klasifikuje na sledeći način:

Makroskopski gledano razlikujemo:

grubo porozne stene sa porama	1-2 mm
šupljikave, kavernožne	većim od 2 mm

Prema *L. Mariću* stene su

neporozne sa	manje od 1%
slabo porozne	od 1 - 2,5%
umereno porozne	2,5 - 5%
dosta porozne	5 - 20%
jako porozne preko	20%

Poroznost stena je značajna osobina jer od nje zavisi upijanje, zadržavanje i kretanje vode kroz stene, strujanje vazduha i gasova, postojanost stena na mrazu i provodljivost toplote i zvuka.

PROPUSTLJIVOST

Ova osobina je direktno vezana sa poroznošću stena i manifestuje se lakom ili slabijom prohodnošću vode ili gasova kroz kapilare u stenama. Stene sa superkapilarnim porama ne zadržavaju vodu i ona se u njima kreće po zakonima gravitacije to su propustljive ili permeabilne stene. Takvi su šljunak, pesak, drobina, bigar, kavernozi krečnjaci, les, jako ispucale magmatske ili metamorfne stene.

S druge strane, stene sa kapilarnim ili subkapilarnim porama vodu primaju ali je i zadržavaju te ih nazivamo nepropustljivim ili impermeabilnim. Takve su sveže magmatske stene, jedri krečnjaci i dolomiti, gline argilošisti i dr.

Poznavanje propustljivosti ima veliki značaj kod prognoziranja uslova pojavljivanja podzemnih voda, nastajanja klizišta i sl.

HIGROSKOPNOST

To je osobina stene da izvesnu, manju ili veću količinu vlage može primiti u kapilare i trajno je zadržati. To je tzv. prirodna vlažnost (majdanska vlaga). Propustljive stene nisu higroskopske dok su nepropustljive često i higroskopske. Na narednoj tabeli dat je pregled higroskopsnosti nekih važnijih stena:

graniti	1-3%
krečnjaci	1-15%
gline i glinci	40-60%
bazalti	1-4%
peščari	15-25%

Higroskopsnost je i uzrok lepljivosti stena (prijanjanje na alat), kao i bubrenja stena koje kod glina može da poveća zapreminu i do 80% (sl. 75).

Sl. 75.- Bubrenje glina

ČVRSTINA STENA

Čvrstina stena predstavlja otpor koji stena pruža pri dejstvu pritisaka, udara, trenja i sl. Ova je osobina bazirana na stepenu vezanosti mineralnih komponenata odnosno fragmenata stenske mase. Najvećom čvrstoćom odlikuju se homogene i masivne, specijalno ujednačeno-zrnaste stene ili stene čiji su sastojci izukršteni (ofitska struktura). Porfirske stene, posebno varijeteti sa mandolastom ili mehurastom teksturom imaju manju čvrstinu.

Sedimentne stene u pogledu ove osobine pokazuju veliku raznolikost; čvrstina je veća kod stena sa bazalnim cementom ili cementom međuprostora a pogotovu ako je cement karbonatski ili silicijski. Kavernožnost karbonatskih kao i škriljavost metamorfnih stena smanjuje čvrstinu.

Povećan sadržaj vlage u steni takođe smanjuje čvrstinu. Koeficijent omekšavanja dobija se na osnovu odnosa čvrstine koju pokazuje stena u suvom stanju i čvrstine u stanju kada je ista potpuno zasićena vodom. Koeficijent 1 odgovara slučaju kada stena pod uticajem vode ne omekša ni malo.

Žilavost je otpor stene na udar. Za stene koje se pri udaru drobe kažemo da su krte, obrnuto, stene otporne na udar smatramo žilavim. Krte stene imaju neravne i zupčaste površine preloma dok su žilave obično školjkastog preloma. Ova je osobina značajna za putogradnju.

Habanje predstavlja skup promena koje stena trpi prilikom trenja; ova je osobina značajna pri izboru kamena za putogradnju ili kamena za stepeništa.

ELASTIČNOST I PLASTIČNOST STENA

Osobina stene da trpi plastične deformacije i da se po prestanku rada sila vraća u prvobitno stanje naziva se elastičnost. Plastičnost međutim, predstavlja sposobnost menjanja forme koju materijal zadržava po prestanku dejstva sile koja je deformaciju prouzrokovala.

PROVODLJIVOST ZVUKA

Brzina prostiranja zvuka kroz stensku masu zavisi od vrste i sklopa kamena. Jedre, neporozne i sveže stene bolje provode zvuk nego ispucale i rastresite. Kod ispucalih zvučna provodljivost se povećava ako su kapilare ispunjene vodom. Stene rapavih površina i visoke poroznosti su prigušivači zvuka te se koriste za oblaganje zidova u dvoranama gde je zvučna izolacija neophodna.

ELEKTROPROVODLJIVOST

Provodljivost električne struje zavisi od mineralnog sastava, sklopa, poroznosti, svežine i količine apsorbirane vode. Električna provodljivost raste sa škriljavošću, slojevitošću, povećanjem količine vode u njoj i dr.

MAGNETIČNOST

Magnetičnost stene uslovljena je magnetizmom njenih komponenata. Dijamagnetične stene u magnetnom polju pokazuju odbijajući a paramagnetične privlačeći efekat. Ovo svojstvo stena je značajno pri geofizičkim ispitivanjima, specijalno pri istraživanjima ležišta sa magnetičnim mineralima.

RADIOAKTIVNOST STENA

Radiativnošću se odlikuju stene koje sadrže minerale sa elementima koji emituju radioaktivne zrake. Za građevinsku primenu značajna je zaštitna sposobnost stena od radijacije. Stene su uopšte uzev dobri zaštitnici od radijacije, stene velike gustine naročito. One se stoga mogu koristiti za izradu ploča za zaštitu od radioaktivnog zračenja.

TOPLOTNA SVOJSTVA

Toplotna provodljivost stena zavisi od mineralnog sastava i sklopa stene. Masivne i ujednačeno zrnaste stene provode toplotu u svim pravcima podjednako, dok škriljave, tabličaste i pločaste bolje provode toplotu duž površina škriljavosti i slojevitosti nego upravno na njih. Porozan i ispucao kamen snažnije provodi toplotu ako su kapilari i pukotine ispunjeni vodom. Toplotna provodljivost se meri koeficijentom provodljivosti koji predstavlja količinu toplote koja kroz stensku masu prođe u jedinici vremena. Kao dobri toplotni izolatori, prilikom izgradnje objekata, upotrebljavaju se, bigar, šupljikave lave, plovući i druge jako šupljikave stene sa izolovanom poroznošću.

DEJSTVO VATRE NA STENE

Izložene uticaju vatre sve stene trpe izvesne promene, koje su utoliko veće ukoliko je uticaj vatre nagliji i plamen jačeg intenziteta. Pri uticaju toplote koja odgovara temperaturi požara (oko 850 °C) Monomineralne stene su postojanije polimineralnih, sitnozrne i kompaktne od krupnozrnih i poroznih. Karbonati se na oko 900°C razlažu na CO₂ i CaO. Jako su neotporne stene sa većim sadržajem vulkanskog stakla, te se o svemu ovome takođe mora voditi računa prilikom upotrebe kamena za oblaganje ili kamena za zastore puteva ispod asvaltne pokrivke.

STIŠLJIVOST STENA

Stišljivost stena je fizičko svojstvo stena da smanjuju zapreminu prilikom dejstva opterećenja. Ova je osobina značajna za prognozu sleganja tla ispod objekata

Stišljivost zavisi od sklopa stene, te čvrste, dobro vezane stene imaju malu stišljivost, dok se nevezane i delimično plastične stenske mase karakterišu značajnom stišljivošću. Količina vode u stenama takođe utiče na ovu osobinu - stene zasićene vodom se sležu sporije od suvih stena.

PRIMENA STENA

Primena stena počinje sa Paleolitom - dobom neobrađenog ili grubo obrađenog kamena i nastavlja se u neolit - doba glačanog kamena koje traje sve do istorijskog doba koje je u različitim delovima sveta počelo u različito vreme. Jedini dokazi iz tih davnih vremena koji nam govore o tadašnjim civilizacijama izrađeni su od kamena (grobnice, hramovi) ili su u kamenu urezani.

O egipatskoj civilizaciji svedoče piramide i sfinge kao i hijeroglifski zapisi na kamenu (obelisci) ili na pečenoj glini. Pri tome je za graditeljstvo u najstarijim epohama veoma značajan bio granit iz Asuana.

Korišćenje kamena se nastavlja u drevnoj Grčkoj (Klasični period, period Helenske kulture, itd.) ali se pritom koristi uglavnom mermer. Težeći ka velikim dimenzijama a pritom i estetskom savršenstvu građevina oni su u mermeru našli manje tvrd i lako obradljiv materijal.

Rimljani već koriste ciglu i malter - rimski cement kako u visokoj gradnji (Arene, Forum romanum), tako i u niskogradnji i mostogradnji (most na Tibru u Rimu je i danas u upotrebi).

Na tlu Jugoslavije najstariji podaci potiču iz neolita (pre 5.800 godina) o čemu svedoči kultura Lepenskog Vira okarakterisana planskim naseljem, oružjem i oruđem, nakitom i skulpturama koji prevazilaze okvire nacionalnog nasleđa.

Antičko razdoblje na našem tlu je poznato po intenzivnom korišćenju kamena za monumentalnu gradnju (Sirmijum, Singidunum, Gamzigrad).

U srednjem veku dominira vizantijska kultura koja obilno koristi kamen za crkveno graditeljstvo, pri čemu je već u upotrebi tesan kamen kao što je slučaj u monumentalnim zadužbinama Nemanjića: Studenici, Dečanima, Mileševi, Gračanici, Žiči, Sopoćanima te u kasnijim sakralnim spomenicima tzv. Moravske škole - Ljubostinji, Kaleniću, Ravanici, Manasiji, crkvi Lazarici itd. To su pretežno mermer, bigar, breče, peščari.

Posle pada Srpskog carstva na Kosovu raste uticaj islamske kulture i grade se džamije ali i kameni mostovi - Višegrad, Mostar, Trebinje, zatim hanovi, putevi i dr.

Stene se u današnje vreme koriste i kao građevinski materijal, i kao sirovina za proizvodnju građevinskog materijala.

Primena kamena se vrši:

- A. U izgradnji - građevinski kamen
- B. U proizvodnji građevinskog materijala
- C. U industriji

Stene kao građevinski kamen

Građevinski kamen može biti tehnički i arhitektonski.

TEHNIČKI KAMEN

Tehnički kamen može biti lomljenik, tucanik, mleveni kamen i obrađeni kamen; upotrebljava se u hidrogradnji, putogradnji, izgradnji železničkih pruga, betonskih konstrukcija i za zidanje objekata.

Lomljenik je kamen koji se dobija direktno na majdanima posle miniranja; nepravilnog je oblika, nesortiran i koristi se za zidanje kamenih nasipa, ispunu drenažnih rovova, podlogu puteva, pa čak i za gradnju u nedostatku obrađenog materijala.

Tucanik se proizvodi drobljenjem lomljenog kamena. Zavisno od veličine čestica upotrebljava se za izgradnju zastora kod pruga i puteva, kao agregat za beton, teraco ili veštački kamen.

Mleveni kamen se dobija potpunim mašinskim usitnjavanjem lomljenog kamena do čestica veličine maksimalno 15 mm. To je kamena sitnež ili kameno brašno. Upotrebljava se kao agregat za asvalterske radove, za izradu maltera i veštačkog kamena.

Obrađen kamen može biti cepan, kao što je slučaj kod krovnih škriljaca koji se prave od argilošista i srodnih stena, klesan, kao kod kamena obrađenog za gradnju kuća, puteva, ivičnjaka, i dr. i najzad rezan (monoliti), kada se upotrebljava u vidu rezanih (obrađenih) blokova, koji se često koriste kao osnova za izradu skulptura.

TEHNIČKI KAMEN ZA HIDROGRADNJU

Pošto kamen korišćen u hidrogradnji ima stalni ili povremeni kontakt sa vodom (akumulacije, utvrde obala, gatovi, regulacija bujica) mora biti svež i dobrog kvaliteta. Koriste se sveže magmatske stene, gnajsevi

neizražene škriljavosti, masivni amfiboliti, krečnjaci i mermeri, jedri peščari itd.

TEHNIČKI KAMEN ZA PUTOGRAĐNJU

Za putogradnju se koristi svež kamen, kompaktne građe, postojan na mrazu i elastičan. Takvi su krečnjaci, dolomiti, efuzivi, granitoidi, mermeri, amfiboliti, šljunak, pesak. Za železničke pruge se koriste uglavnom dijabaz i amfibolit dok je krečnjak mnogo manje poželjan.

TEHNIČKI KAMEN ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE

Betonske konstrukcije se po pravilu izrađuju 85% od kamena pri čemu se u ovu svrhu koriste sveže magmatske stene, homogeni metamorfiti, peščari, krečnjaci, dolomiti, pesak i šljunak.

TEHNIČKI KAMEN ZA ZIDANE KAMENE KONSTRUKCIJE

Za kamene konstrukcije, koje predstavljaju noseće i nenoseće zidove, ograde, tunele upotrebljavaju se peščari, karbonatne stene, granitoidi. Kamen treba da bude svež i postojan prema uticaju vlage, insolacije i agresivnih voda.

U Jugoslaviji ima dobrog građevinskog kamena koji se eksploatiše na više mesta kao što su kamenolomi na Fruškoj Gori (Rakovac i Ledinci), na Venčacu, Bukulji, Boranji, kod Novog Pazara, na Rudniku, Kopaoniku i drugim mestima.

STENE KAO ARHITEKTONSKI I UKRASNI KAMEN

Pod ukrasnim kamenom podrazumevamo stenski materijal od koga se ručnom ili mašinskom obradom dobijaju ploče ili blokovi za dekorativne svrhe ili se od njega daljom obradom mogu dobiti ukrasni predmeti. Ovaj kamen mora biti velike čvrstine, lepih i postojanih boja i dobre trajnosti.

Upotreba kamena u arhitektonske svrhe zavisi od sastava stene, sklopa (sl. 76), boje i njene postojanosti, čvrstine, abanja, žilavosti i obradljivosti. Najčešće se u ove svrhe upotrebljavaju mermeri, mermerne i serpentinske breče, krečnjaci, bigrovi, oniksi.

Sl. 76. Dekorativna kamena ograda sa dobrom (A) i nepovoljnom (B) orijentacijom folijacije

U našoj zemlji značajnija nalazišta ukrasnog kamena nalaze se na Venčacu, Ropočevu kod Sopota, kod Novog Pazara, Sijarinske Banje, i na nekim drugim mestima.

Kamen za proizvodnju građevinskih materijala

Ovaj kamen se upotrebljava za proizvodnju veziva i termoizolacionih materijala

KAMEN ZA VEZIVA

Kamen se za ovakve namene koristi za pravljenje kreča, gipsa, portland cementa, i hidrauličnog kreča.

Za proizvodnju **kreča** koristi se kalcijum-karbonatni materijal koji se pri pečenju razlaže na kalcijum oksid i ugljendioksid. Krečnjaci se peku na temperaturama oko 900 °C posle čega se gase vodom. Kreč se upotrebljava u građevinarstvu, kao topitelj u metalurgiji, u hemijskoj industriji (celuloza, papir, insekticidi), kao procesni reagens (prehrambena industrija, šećer, želatin, konzerve), kao vezivo (sinteromagneziti), u vodoindustriji (kao prečistač i neutralizator) itd.

Za proizvodnju **građevinskog gipsa** koristi se materijal koji sadrži kalcijumsulfat sa vodom tako što se pečenjem iz njega odstrani sva kristalna voda. Upotrebljava se u građevinarstvu, u industriji porcelana, metalurgiji, medicini i industriji cementa. Nalazišta su u okolini Gruže.

Cement, koji ima najširu primenu u građevinarstvu, dobija se žarenjem i mlevenjem cementnih laporaca ili sirovine dobijene mešanjem krečnjaka i gline. Ležišta cementnih laporaca kod nas nisu retka; ovaj materijal se eksploatiše i cement proizvodi u Beočinu na Fruškoj Gori, kod Ralje, Popovcu kod Paraćina, kod Kosjerića, kod Đeneral Jankovića.

Za proizvodnju **hidrauličnog kreča** koriste se laporoviti krečnjaci sa 6-25% gline.

Za proizvodnju **stakla** se koriste kvarcni peskovi koji moraju biti veoma čisti sa preko 98% SiO_2 . Štetne primese u ovakvim peskovima su oksidi gvožđa, minerali glina, oksidi Ti, Cr i dr. Kvarcni peskovi - staklaraca ima kod nas u Rgotini kod Zaječara, kod Banje Koviljače itd.

TERMOIZOLACIONI MATERIJALI

Kao termoizolacioni materijali najčešće se koriste plovući koji se mehanički drobe, zatim ekspandirani perliti i mineralne vune koje se dobijaju zagrevanjem dijabaza i bazalta.

Za hemijski otporne cevi i podove koristi se dijabaz ili bazalt a preradom ovih materijala bavi se petrurgijska industrija.

Za izradu silikatnih opeka koriste se kvarciti.

Kamen u industriji

U metalurgiji se koristi kalcijum karbonatni materijal kao topitelj u visokim pećima za proizvodnju sirovog gvoža.

U hemijskoj industriji takođe se koristi kalcijum-karbobnat u proizvodnji stakla, kozmetike, tekstila, hemikalija, veštačkog đubriva, kao punitelj itd. U industriji veštačkog đubriva upotrebljavaju se i stene sa leucitom kojih ima kod Gnjilana.

U industriji vatrostalnih materijala za proizvodnju opeka se koriste dolomit (dolomitske opeke) i kvarcit (silikatne opeke).

Osnovne sirovine u porcelanskoj industriji predstavljaju gline kaolinitskog tipa, dok se bentonitske gline koriste kao sirovine za isplake prilikom bušenja, i za metaluršku industriju. Kaolinitskih glina ima u Rudovcima kod Arandelovca a bentonitskih kod Petrovca na Moru, kod Niša, Vrdnika na Fruškoj Gori.

U ciglarskoj industriji se kao osnovna sirovina koristi les. Opeka se proizvodi u ciglanama po celoj Vojvodini, u okolini Beograda (Višnjica, kod Zemuna) i dr.

POSEBNA SVOJSTVA NEKIH STENA I TERENA SA STANOVIŠTA GRAĐENJA I NJIHOVA UPOTREBLJIVOST

Dosadašnje iskustvo omogućuje grupisanje stena prema njihovim inženjerskogeološkim i drugim karakteristikama, zatim odredbu bitnih osobina magmatskih, sedimentnih i metamorfnih stena za potrebe gradnje kao i definisanje područja njihove upotrebe.

Pri razmatranju svega ovoga, osim tehničkih svojstava (petrografskih, fizičkih, mehaničkih i tehnoloških) treba uzeti u razmatranje još dva čisto geološka faktora:

- način (uslove) stvaranja pojedinih vrsta stena,
- pozitivne ili negativne promene na stenama koje su one pretrpele tokom duge geološke istorije pod uticajem raznih spoljnih faktora.

U narednom poglavlju navešćemo najvažnije karakteristike pojedinih grupa stena.

Magmatske stene

Sledeće karakteristike magmatskih stena mogu se navesti kao opšte:

- dubinske magmatske stene pokazuju manje razlike u svojim odlikama; u njima su jako nepoželjne krupnije anklave (ksenoliti);
- vulkanske stene pokazuju veće razlike, specijalno u sklopu; u njima se, kao veoma nepoželjna, javlja veća ili manja količina stakla u osnovi.
- žične stene nemaju veći praktični značaj jer se javljaju u manjim masama, izuzetak predstavljaju pegmatiti i pojedine veće mase dijabaza.
- vulkanska stakla imaju posebne karakteristike.

INTRUZIVNE MAGMATSKE STENE

Intruzivne magmatske stene imaju primenu kao

- lomljen i profilisan (obrađen) kamen
- kamen drobljen u različitoj granulaciji za pruge, puteve i beton
- kao arhitektonski kamen - enterijeri, eksterijeri, skulptorski kamen itd.

Sve su pak ove stene izložene dugom uticaju atmosferilija podložne dezintegraciji - grusiranju. U našim prostorima zona grusiranja može biti i do 10 m i to naročito u brdskim područjima.

Pri upotrebi dubinskih magmatskih stena korisno je iz majdana dobiti što veće monolite.

KISELE DUBINSKE STENE

Najzastupljeniji predstavnici ove grupe magmatskih stena na teritoriji naše zemlje su graniti, sijeniti i granodioriti. Boje su sive ili crvenkaste u zavisnosti od mineralnog sastava i pigmenta, strukture zrnaste (sitnozrniji varijeteti imaju bolje tehničke karakteristike) a teksture najčešće masivne.

S obzirom na rasprostranjenost eksploatacija im nije tako velika. Dobro se glačaju i dosta su otporni na agresivno dejstvo atmosferilija ali su veoma osetljivi na vatru zbog različitog linearnog koeficijenta toplotnog širenja.

Graniti su zastupljeni oko Bujanovca, Lebana, na Kopaoniku, na Staroj Planini, Crnajki, Tandi, kod Vršca, na Kosmaju, Ceru, Bukulji. Sijenita ima na Tandi i Staroj Planini, dok su granodioriti zastupljeni na Kopaoniku, na Željnu, na Boranji, Ceru i dr.

BAZIČNE DUBINSKE STENE

Među bazičnim plutonitima najznačajniji su gabrovi -grupa stena promenljivog mineralnog sastava tamnozeleno do tamnosive boje i zrnaste strukture. Sastojci ovih stena obično bivaju zupčasto srasli što povećava čvrstinu ovih stena. Sveže stene se lako poliraju i tada su otporne na atmosferilije. To je inače veoma cenjen arhitektonski, skulptorski i građevinski materijal. Bazični plagioklas u gabru katkad ima plavičast odsjaj (labradoriziranje) te mu to povećava upotrebnu, posebno estetsku vrednost.

Gabrova u našoj zemlji ima na više mesta ali se ne eksploatišu; najveće mase su na Deli Jovanu i na Staroj Planini, dok se kod Višegrada u bivšoj BiH, vrši i eksploatacija gabra.

ULTRABAZIČNE INTRUZIVNE STENE

To je grupa peridotita - najmanje korišćena grupa intruzivnih stena. Boje su tamnozeleno, maslinasto zelene do crne a strukture zrnaste. U najvećem broju slučajeva peridotiti su serpentinisani. Serpentiniti prijatnih boja se koriste kao dobar arhitektonski kamen ali se iz njih teško mogu dobiti veći monoliti.

Komercijalni značaj u grupi ultrabazičnih stena imaju jedino duniti od kojih se prave opeke za industriju stakla, čelika i cementa, kao i za proizvodnju TA peći. Samleven dunit daje olivinski pesak koji se koristi u livačkoj industriji. Kod nas peridotita ima na Golešu (dosta svežih), na Kopaoniku, Zlatiboru, Maljenu i dr.

IZLIVNE MAGMATSKE STENE

KISELI I INTERMEDIJARNI VULKANITI

Među njima su najzastupljeniji daciti, andeziti i trahiti, koji ipak nemaju onaj značaj kao intruzivne stene zbog promenljive količine i veličine fenokristala, kao i zbog pojave stakla u osnovnoj masi.

Upotrebljavaju se pretežno kao tehnički kamen; u najvećoj meri kao agregat u putogradnji ili u obliku kocki i ivičnjaka. Ove stene su i nosioci polimetalčnih mineralnih sirovina (Pb,Zn,Cu).

Kod nas su kiseli i intermedijarni efuzivi zastupljeni na Fruškoj Gori (Ledinci i Rakovac), na Rudniku (Slavkovića), kod Ljubovije, na području Trepče i Kopaonika, u Timočkoj magmatskoj oblasti, kod Surdulice i dr.

BAZIČNI VULKANITI

Među bazičnim vulkantima najznačajniji su bazalti i dijabazi.

Bazalti su slaboizražene porfirske strukture, crne boje, školjkastog preloma i skoro redovno sadrže staklo u osnovnoj masi. Dobro se glačaju te se upotrebljavaju kao arhitektonski kamen, specijalno za nadgrobne spomenike.

Dijabazi su takođe crne boje ali im je struktura ofitska čime je čvrstina stene bitno povećana. Nedostatak im je što se javljaju uglavnom u manjim masama.

Bazalti i dijabazi se koriste kao najkvalitetniji drobljeni agregat za abajući sloj u putogradnji i za izradu specijanih betona. Osim toga bazalti i dijabazi predstavljaju osnovnu sirovinu za petrurgiju i za proizvodnju mineralne vune.

VULKANSKA STAKLA

Najpoznatiji varijeteti vulkanskog stakla su **obsidijan** i **pehštajn**, koji su, kao što je već napomenuto, korišćeni još u paleolitu i neolitu kao kamen za oruđa i oružja a koriste se i danas kao poludrugi kamen.

Plovućac je proizvod naglog hlađenja silicijom bogatih lava; sadrži veliki broj šupljina odvojenih staklastim membranama i ima zapreminsku masu manju od 1gr/cm^3 . Po tome što pliva po vodi ova vrsta vulkanogenog materijala je i dobila naziv plovućac. Koriste se kao sredstvo za glačanje, kao termoizolacioni materijal i za izradu lakih betona.

Perlit se karakteriše specijalnom teksturom u vidu sferoidalnih koncentričnih pukotina u staklu riolitskog sastava. Ima sposobnost ekspanziranja (kokanja) te agregat ima zapreminsku težinu ispod 1gr/cm^3 .

Perlit predstavlja izvanredan termoizolacioni materijal - 1 cm perlitskog maltera po svim odlikama odgovara debljini od 9 cm klasičnog maltera, zatim 8 cm opeke ili 15 cm betona.

U poljoprivredi se upotrebljava za poboljšanje kvaliteta zemljišta, jer je porozan te zadržava vazduh i upija vodu (količina upijene vlage je 2-8

puta veća od mase perlita). Upotrebljava se takođe u industriji boja (kao filter i punilo). Vulkansko staklo se eksploatiše kod Vranja.

GRADENJE U TERENIMA MAGMATSKIH STENA

Tereni koji su izgrađeni od svežih intruzivnih stena imaju veoma povoljne karakteristike za gradnju praktično svih objekata; u njima se mogu uspešno uraditi stabilni tuneli i drugi podzemni objekti većih dimenzija. Ako su, međutim, stenske mase tektonski polomljene ili pak raspadnute njihov kvalitet kao podloge sličan je nevezanim sedimentnim stenama.

Efuzivne magmatske stene takođe mogu biti dobra podloga za temeljenje ili za izgradnju objekata u njima. Ove su stene, međutim, često okolorudno promenjene čime im se znatno menjaju tehničke karakteristike, opada im nosivost - od prekično neograničene, kod svežih, do veoma male, kod trošnih i razlomljenih vulkanskih stena.

Sedimentne stene

Sedimentne stene su po vrednosti i različitosti namene kao i po svome učešću u površinskim delovima Zemljine Kore (3/4) daleko ispred magmatskih a naročito metamorfnih stena. Dok je kod magmatskih uglavnom bitna svežina stene zbog stalnosti sastava, kod sedimentnih postoje ogromne razlike čak i kod istog petrografskog člana. Ipak se može reći da ne postoji sedimentna stena koja u današnjoj tehnologiji nije našla svoju primenu, a neke od njih predstavljaju bitne komponente bez kojih se ne može zamisliti savremena čovekova aktivnost.

KLASTIČNE SEDIMENTNE STENE

Klastiti se mogu javljati kao nevezane ili dijagenetski vezane slojevite ili masivne stene.

NEVEZANI KLASTITI

Drobina je izgrađena od neklasiranog fragmentiranog materijala akumuliranog u podnožju strmih padina ili donjem delu kratkih bujućnih tokova. Primena drobine je veoma ograničena - uglavnom kao kamen za nasipe.

Šljunak je izgrađen od krupnih, zaobljenih i često heterogenih fragmenata. Čist šljunak (izuzev morskog) je osnovno punilo betona i predstavlja prirodni materijal koji se brzo stabilizuje te se upotrebljava i kao noseći zastor u putogradnji i visokogradnji

U našoj zemlji šljunak se eksploatiše na obalama i iz korita Morave, Save, Zete, i dr.

Pesak ima iste petrografske, genetske i tehničke karakteristike ali mu je primena mnogo raznovrsnija; upotrebljava se za proizvodnju stakla, u livačkoj industriji, kao građevinski materijal (izrada maltera) i dr. Nalazišta peska su kod Mladenovca, Vršca, Deliblata, Rgotine kod Bora (staklarac) i dr.

POLUVEZANI KLASTITI

Les je neslojevita stena eolskog porekla koja pokriva oko 7% evropskog kontinenta. Javlja se u debelim poroznim (cevaste) naslagama debljine 40-170 metara.

U okviru jednog sloja predstavlja veoma stabilan teren za gradnju, ali ukoliko se nađe u dve ili više faze naslaga može biti potencijalno klizište koje je teško sanirati.

Les je jedna od najboljih sirovina za ciglarsku industriju. Najveće količine lesa se eksploatišu na području Vojvodine.

Gline i srodne stene čine visok procenat sedimentnih stena. Sastoje se od minerala glina (kaolinit, monmorijonit), a kao primese sadrže karbonate, kvarc, okside gvožđa i dr. Kaolinitne gline su sirovina za industriju porcelana, monmorijonitske za kalupe u vatrostalnoj industriji, a nečiste gline imaju primene u grnčarstvu.

Neke vrste glina, specijalno bentonitski tipovi, imaju jaku sposobnost bubrenja kao rezultat jonske izmene (sl.76). Osim toga bentonitske gline pokazuju tzv. tiksotropne karakteristike koje se odražavaju u izmeni viskoziteta prilikom mehaničkog delovanja.

Vatrostalne gline se eksploatišu u okolini Arandjelovca a monmorijonitske kod Vrdnika na Fruškoj Gori i kod Petrovca na moru.

VEZANE KLASTIČNE STENE

Breče su izgrađene od uglastih odlomaka stena, najčešće uniformnog sastava, vezanih karbonatskim, kvarcnim, glinovitim i sl. vezivom.

Čvrstoća na pritisak kod breča zavisi od vrste veziva. Breče se lepo poliraju te predstavljaju značajan arhitektonski kamen. Mermerne breče se eksploatišu kod Dečana na Kosmetu, Ropočeva na Kosmaju i u blizini Užičke Požege a krečnjačke kod Čačka i Bara.

Konglomerati predstavljaju vezan šljunak najčešće heterogenog sastava. Čvrstina na pritisak, kao i kod breča, zavisi od vrste veziva. Ne podnose obradu stoga im je primena veoma ograničena.

Peščari predstavljaju vezani pesak čija čvrstina, pored vrste i načina vezivanja, zavisi i od sastava. Koriste se u građevinarstvu i kao tehnički i kao arhitektonski kamen. Poznatija nalazišta su kod Manasije na Resavi, Belih voda kod Kruševca, kod Ljiga, na Grzi (crveni peščari) kod Ostružnice i dr.

VEZANE HEMIJSKE I ORGANOGENE STENE

Krečnjaci se javljaju u slojevima različite debljine a katkad i kao masivni; izgrađeni su od kalcita, ali se kao primese javljaju kvarc, minerali glina, oksidi gvožđa, itd. Boje su bele do sive ili rumenkaste. Primena krečnjaka je veoma široka, kako u građevinarstvu, tako i u hemijskoj i metalurškoj industriji. Kao građevinski kamen eksploatiše se kod Golupca, kod Paraćina i u Istočnoj Srbiji.

Dolomiti se, kao i krečnjaci, javljaju u vidu slojeva i kao masivni. Imaju specifičan način raspadanja. Koriste se u građevinarstvu, ali su slabijeg kvaliteta od krečnjaka, zatim u industriji vatrostalnih materijala, i dr. Im ih kod Lepoglave, Studetice, kod Pirota.

Bigar je šupljikava kalcijum karbonatna stena koja se stvara oko izvora, vodopada i u pećinama, gubljenjem CO₂ iz rastvorenog kalcijum-bikarbonata (Ca(HCO₃)₂).

Stena je porozna, vodopropusna, dobar izolator zvuka i toplote, laka za obradu i gradnju. Mnogo se koristila pri izgradnji srpskih srednjevekovnih manastira a danas se koristi i u građevinarstvu i kao arhitektonski kamen. Bigra ima kod Bajine Bašte i Užica, Pirota (manastir Bigar), Banje Koviljače, Ljiga

Travertin je za razliku od bigra nastao taloženjem iz toplih voda; trakaste je građe i katkad lepih boja kada se koristi i kao građevinski i kao arhitektonski kamen. Ima ga kod Sjenice.

Mermerni oniks je hidrotermalni hemijski sediment trakaste građe koji se koristi kao arhitektonski kamen i za izradu kamene galanterije. Ima ga kod Sijerinske banje, kod Peći, kod Lozovika (Jagodina).

Tufovi, kada su dobro vezani mogu imati izvesnu primenu. Njihove karakteristike variraju u zavisnosti od sastava. Odlikuju se visokom poroznošću, dobri su izolatori ali imaju uglavnom slabu mehaničku otpornost. Eksploatišu se kod Ljiga (ignimbriti), u blizini Arandelovca (Žuti Oglavak) i kod Vranja.

GRAĐENJE U TERENIMA SEDIMENTNIH STENA

Stabilnost terena izgrađenih od nevezanih sedimentnih stena (šljunka i peska) zavisi od njihovog granulometrijskog sastava i zbijenosti stenske mase. Voda bitno ne menja njihove fizičko-mehaničke osobine.

Šljunkovi su rastresiti i slabo stišljivi te su povoljni za temeljenje objekata. Izvođenje podzemnih radova, međutim, u njima praktično je neizvodljivo.

Peskovi su rastresiti, a kada su zasićeni vodom slabo su pokretljivi. Kod izgradnje temelja u peskovima veliki značaj ima prisustvo glinovite komponente koja im smanjuje nosivost. Podzemni se radovi u njima izbegavaju.

Stabilnost objekata na terenima od glina zavisi od stepena njihove kohezije; kod glina postoje dve faze sleganja: prva neposredno nakon opterećenja, koja se manifestuje brzo u vidu bočnog istiskivanja, i druga lagano i dugotrajno sleganje koje može trajati decenijama. Zbog osobine da neke gline bubre, imaju tiksotropne osobine i da su stišljive, pre svakog planiranja gradnje na njima mora se izvršiti detaljna analiza ovih stena. Podzemni radovi u njima se izvode sporo i zbog čestog bubrenja prostorije se moraju odmah obezbeđivati jakim podgradama. Kanali, akumulacijski baseni i hidrotehnički objekti zbog vodonepropustljivosti glina su mogući. Stabilnost kosina i useka u glinama je mala.

U terenima izgrađenim od lesa stabilni su i vertikalni zaseci do 40-ak i više metara. Les je suv i pogodan za izvođenje i površinskih i podzemnih radova. Podzemne vode, međutim, deluju na stabilnost lesnih terena te iniciraju klizišta (Čortanovci - na pruzi Novi Sad-Beograd).

TERENI IZGRAĐENI OD FLIŠA

Pošto je na teritoriji Jugoslavije fliš veoma često razvijen a građenja se na njemu i u njemu ne mogu izbeći, to treba naglasiti osnovne karakteristike ovih terena za potrebe građenja. Fliš se može definisati kao tipičan sinorogeni, veoma heterogen kompleks klastičnih marinskih sedimentnih stena. U njemu se smenjuju vodopropusni i vodonepropusni slojevi kao i slojevi različite čvrstine i otpornosti na eroziju i to i vertikalno i lateralno. Za izradu temelja najpogodnije su lokacije izgrađene od jednog litološkog člana. Ako je pak više različitih članova teren zahteva detaljnija inženjerskogeološka ispitivanja. Prilikom izrade saobraćajnica u flišu najveću opasnost predstavljaju nestabilne padine (sl. 77) i duboke i česte jaruge. Pri izvođenju podzemnih radova problemi nastaju kod zdrobljenih i raskvašenih glinovitih komponenti fliša. Primere veoma teške gradnje i čestih odronjavanja imamo na putu Virpazar-Bar.

Premda se u krečnjacima i dolomitima može graditi veoma sigurno, jer pomenute stene imaju dobru stabilnost i nosivost, ove povoljne karakteristike nestaju sa pojavama pukotina, kaverni i ispunjenjima crvenicom. Kosine i zaseci su stabilni ako je stena jedra. Podzemni radovi se takođe izvode lako.

U jako karstificiranim terenima prilikom temeljenja i izrade saobraćajnica i podzemnih radova mora se ispitati građa terena i dati podaci o postojanju podzemnih kaverni kako ne bi vremenom došlo do sleganja.

Metamorfne stene

Među metamorfitima je najmanji broj ekonomski korisnih stena pogotovu ako im je tekstura izrazito škriljava (izuzetak čine argilošisti).

Gnajsevi su po sastavu stene srodne granitima ali im tekturne karakteristike a s njima i primenljivosti variraju. Tipovi masivne i ujednačene krupnoće zrna upotrebljivi su kao građevinski kamen. Eksploatišu se kod Vršca, u okolini Leskovca, itd.

Amfiboliti su stene izgrađene od amfibola i plagioklasa i tamnozeleno do potpuno crne boje. Masivni amfiboliti su dobar građevinski kamen ali se ne javljaju u većim masama.

Mikašisti su veoma škriljave i liskunom bogate stene koje nemaju primene.

Argilošisti i filiti su niskometamorfne stene finog zrna, tamnosive do crne boje i javljaju se u tankim pločama koje se lako cepaju. Upotrebljavaju se kao krovni škriljci jer imaju malu poroznost i otporni su na atmosferilije. Ima ih kod Ivanjice.

Kvarciti su monomineralne masivne metamorfne stene, veoma čvrste i nepogodne za obradu te u građevinarstvu praktično neprimenljive. Upotrebljavaju se u industriji silicijskih opeka, abraziva i dr.

Škriljci imaju promenljiv mineralni sastav i škriljavu teksturu, a uglavnom su lepidoblastične, ređe granoblastične strukture. Prema vodećem mineralu razlikujemo, amfibolske, talkne, hloritske, epidotske i dr. varijetete. Talkni škriljci imaju primenu u kozmetičkoj, hemijskoj, industriji guma, hartije i pesticida.

Mermeri su veoma značajne pretežno monomineralne kalcitske ili dolomitske stene. Strukture su mozaične, teksture masivne, boje bele, sive, zelenkaste, rumene. Koriste se kao izvanredan građevinski, arhitektonski i skulptorski kamen, specijalno ako se mogu dobiti krupniji blokovi. U našoj zemlji se eksploatišu na Venčacu, kod Studenice, kod Pirota, kod Dečana. Mermeri slabo naglašene škriljave teksture sa liskunom - cipolini mogu predstavljati lep arhitektonski kamen. Ima ih kod Kačanika.

Skarnovi i korniti su kontaktno metamorfne stene ograničenog obima pojavljivanja. One su po pravilu kompaktne i velike čvrstine. Primena postoji samo kod nekih vrsta, kao što su na primer korniti koji se koriste u industriji vatrostalnih materijala i volastonitski skarnovi kojih ima na Kopaoniku.

Serpentiniti su stene nastale preobražajem peridotita. Masivne su, tamnozeleno boje, veoma često ispucale i prožete žilicama magnezita ili azbesta. Ako su lepih boja i sveži da se od njih mogu dobiti ploče ili veći blokovi serpentiniti se mogu koristiti kao arhitektonski kamen.

GRAĐENJE U TERENIMA METAMORFNIH STENA

Terani izgrađeni od serpentinita zbog ispucalosti su nepogodni i za površinske i podzemne radove. Oni su zbog toga jako podložni eroziji te se kosine u njima brzo obrušavaju. Ako se u takvom terenu mora graditi, a u Jugoslaviji je to veoma čest slučaj, mora se vršiti obezbeđenje zaseka.

Terani izgrađeni od gnajseva, amfibolita i amfibolskih škriljaca imaju povoljne karakteristike i za temeljenje i za podzemne radove. Ako su pak škriljave teksture stabilnost im se jako smanjuje.

Škriljci nižeg stepena kristaliniteta imaju dobra svojstva za izradu temelja ako su sveži, izrada podzemnih prostorija i zaseka je teža a kao građevinski materijali ove stene se i ne koriste.

Mermeri imaju sve dobre karakteristike potrebne za izgradnju, kako površinskih, tako i podzemnih objekata. Naravno, kao i kod krečnjaka, karstifikacija smanjuje stabilnost ovakvih terena.