



Strukturiranost kamnin

Strukturiranost kamnin

Strukturiranost kamnine („fabric“, ne čisto pravi izraz je tudi *zlog*) pomeni urejeno porazdelitev komponent kamnine, ki je penetrativna (volumska). Strukturiranost je največkrat definirana z urejenostjo (usmerjenostjo) lističastih in/ali igličastih mineralov (ali drugih objektov ki sestavljajo kamnino).

Linearno strukturiranost definirajo usmerjeni podolgovati objekti v kamnini (minerali in mineralni agregati, klasti,...)

Planarno strukturiranost definirajo ploščati objekti z enako orientacijo.

Kamnine imajo lahko tudi **primarno strukturiranost**, ki je posledica sedimentacijskih in magmatskih procesov. Strukturiranost je posebej močno razvita v deformiranih metamorfnih kamninah – **tehtonitih**, ki imajo tektonsko strukturiranost.

- **L tehtoniti** so linearno strukturirani
- **S tehtoniti** so planarno strukturirani
- **(LS tehtoniti** pa vsebujejo oboje)

Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA 2

Foliacija

Foliacija (lat. *folium* = list) je splošen izraz za planarno ali kurviplanarno strukturiranost kamnin.

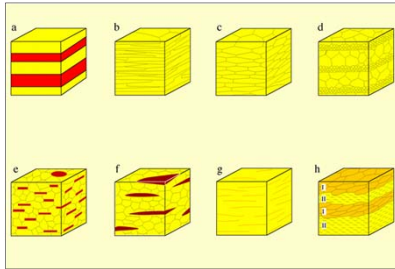
Primarne foliacije nastanejo pri procesih sedimentacije ali magmatskih procesih. Primeri: plastnatost (sic!), planarna urejenost klastov ali lističastih mineralov v sedimentni kamnini, tokovne strukture v lavah, conacija mineralov v magmatskih kamninah.

Sekundarne foliacije nastanejo zaradi penetrativnih tektonskih deformacij kamnine (tektonske foliacije). Foliacija ni razpokanost(!), kamnina ohrani kohezijo (se pa običajno rada cepi vzdolž ploskev foliacije).

Compaction cleavage (<1 mm)	Pencil cleavage (cm)	Slaty cleavage (<1 mm)	Phyllitic cleavage (~1 mm)	Schistosity (1–10 mm)	Gneissic foliation (cm–dm)
Stylolitic cleavage (cm–dm)			Conchoidal cleavage (mm–cm)		
-20 °C -200 °C -350 °C -400 °C Temperature Burial depth					

Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA 3

Foliacija



Primeri foliacij:
a) menjavanje sestave; b) orientiranost lističastih mineralov (npr. sljude); c) usmerjenost in oblika rekristaliziranih zrn; d) spreminjanje zrnivosti; e) usmerjeni lističasti minerali v nestrukturirani osnovi; f) usmerjenost lečastih mineralnih agregatov; g) razpoke; h) kombinacija elementov

Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

4

Klivaž

Značilnosti klivaža

Klivaž je **razkolnost kamnine** v tanke plošče ali pole (*cleavage*=razkolnost). Klivaž se pojavlja v obliki penetrativnih, vzporednih, planarnih do subplanarnih ploskev "šibkosti" v kamnini, ki ponavadi sekajo plastnatost.

Klivaž ni razpakanost! Vzdolž klivažnih ploskev kamnina ohrani kohezijo.

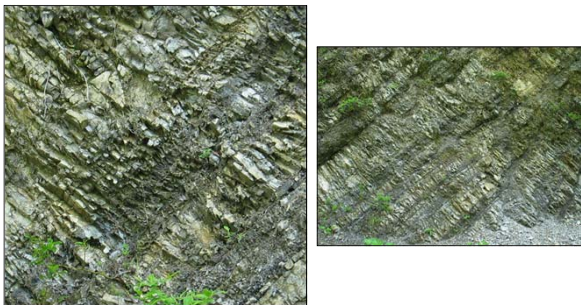
Klivaž je velika podskupina foliacij (pač takih, ob katerih se kamnina rada cepi).



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

5

Značilnosti klivaža



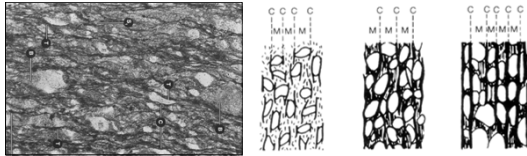
Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

6

Klivaž - domenska zgradba kamnine

Klivaž je izražen s sistematičnim spremembami v mineralogiji in zlogu kamnine, ki so posledica deformacije. Pravimo, da je kamnina razdeljena na domene:

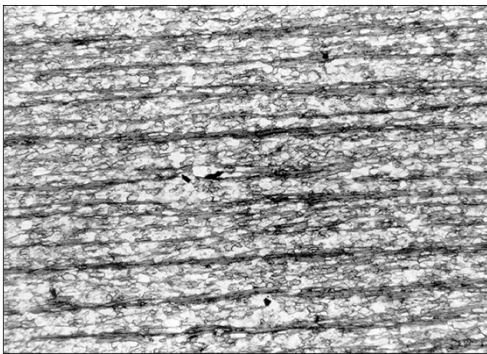
- **mikrolitoni** so ozki trakovi kamnine, ki ima bolj ali manj ohranjeno prvotno mineraloško sestavo in zlog.
- mikrolitone delijo **klivažne domene**, ki so anastomozne do subparalelne lamine, ponavadi bogate s sljudo, kjer je bila prvotna zgradba kamnine močno spremenjena in/ali delno odstranjena. Minerali v klivažnih domenah so ponavadi usmerjeni.



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

7

Domenska zgradba kamnine



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

8

Domenska zgradba kamnine



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

9

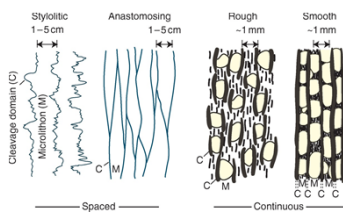
Tipi klivaža

Tipi klivaža je praktično deliti glede na merilo, v katerem je vidna domenska zgradba kamnine. Klivaž je sicer v mezoskopskem merilu vedno penetrativen, vendar je njegova gostota (medsebojna razdalja med klivažnimi domenami) lahko precej različna. Glede na to ločimo:

Tipi klivaža

Kontinuirani klivaž

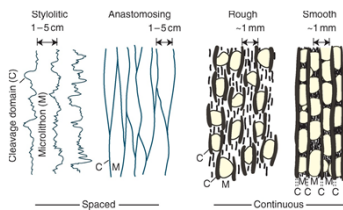
Domenska zgradba je vidna le pod mikroskopom; makroskopsko kamnina izgleda homogena. Razdalja med domenami je manjša od 1 mm. Kontinuiran klivaž se večinoma pojavlja v drobnozrnatih kamninah, ki so močno nagubane in deformirane, vsaj delno tudi metamorfizirane.



Tipi klivaža

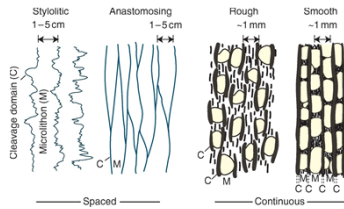
Disjunktivni klivaž

Domenska zgradba kamnine je makroskopsko jasno vidna; klivaž je "prekinjen" (disjunktiven). Staro (napačno) ime je tudi „frakturi“ klivaž. Disjunktivni klivaž se pogosto pojavlja v apnenih (stilolitski) in peščenjakih (anastomozni).



Tipi klivaža

Glede na gladkost (pravilnost) klivažnih domen klivaž lahko delimo na **stiloitski**, **anastomozen**, **grob** in **gladek**. S povečevanjem gladkosti se manjša razdalja med klivažnimi domenami in povečuje stopnja usmerjenosti (urejenosti) mineralov v mikrolitonih.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

13

Tipi klivaža

Izrazito disjunktiven je klivaž v apnencih in laporjih, kjer znaša širina mikrolitonov med 1 in 10 cm. Klivažne domene so ponavadi izredno tanke in obložene s filmom glinastega materiala



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

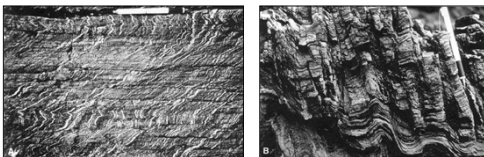
14

Tipi klivaža

Krenulacijski klivaž

Krenulacijski ("nazobčan") klivaž nastane v kamnini, ki vsebuje že starejše klivažne ploskve, pri čemer nov klivaž seka ali drobno naguba starejši klivaž. Lahko je simetričen ali asimetričen.

- **diskretni krenulacijski klivaž**: zelo tanke klivažne domene ostro sekajo kontinuiran klivaž mikrolitonov
- **conarni krenulacijski klivaž**: klivažne domene so širše in ustrezajo stisnjnim krilom mikrogub v prvotnem klivažu. Ploskve prve generacije klivaža ostanejo neprekinjene (zvezne).



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

15

Tipi klivaža

Primeri krenulacijskega klivaža

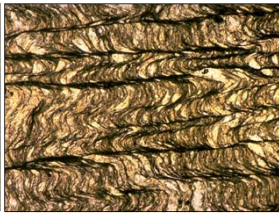
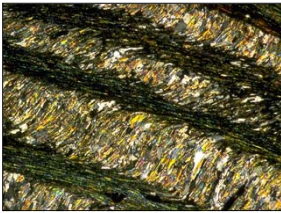


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

16

Tipi klivaža

Primeri krenulacijskega klivaža



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

17

Klivaž in gubanje

Klivaž je največkrat vezan na **gube** (nimajo pa vse nagubane kamnine klivaža!).

Klivažne ploskve so ponavadi vzporedne osni ravnini gub, ali pa pahljačasto konvergirajo k njej

⇒ klivaž osne ravnine.

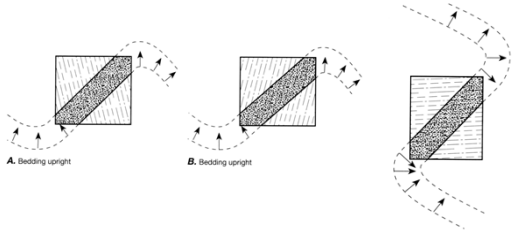


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

18

Klivaž in gubanje

Geometrijski odnos med klivažem osne ravnine in plastnatostjo je izredno uporaben kriterij za določanje **polarnosti plasti** (normalna ali prevrnjena lega) in geometrijsko rekonstrukcijo nagubanega ozemlja (lega temen gub ipd.). Če so derimo plasti v normalni legi, vpada klivaž praviloma bolj strmo od plastnatosti, v prevrjenih krilih gub pa je klivaž položnejši od plastnatosti (podrobno o tem na vajah!).



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

C. Bedding overturned

19

Klivaž in gubanje

Primeri medsebojne orientacije plastnatosti in klivaža.

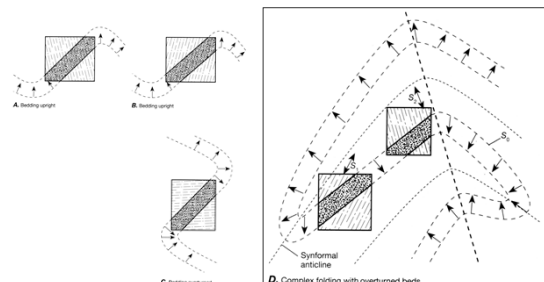


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

20

Klivaž in gubanje

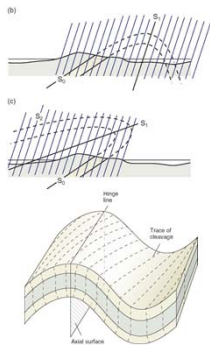
Odnos med orientacijo klivaža in plastnatosti pa ponavadi ni zanesljiv kriterij na kompleksno nagubanih ozemljih!



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

21

Klivaž in gubanje



Če je klivaž orientiran drugače kot subparalelno osnim ravnilna gub, to pomeni, da je bil nastanek klivaža neodvisen od gubanja - klivaž je nastal pred ali po gubanju.

Poseben primer so gube, kjer je genetska povezava med gubanjem in klivažem sicer jasna, a poteka klivaž poševno glede na osno ravnino in seka pregibe gube („*cleavage transected folds*“).

Običajno tak klivaž nastane pri kompleksni nekoaksialni deformaciji (npr. transpresija), kjer glavna os krčenja med deformacijo rotira.

Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

22

Refrakcija klivaža

Orientacija klivaža glede se lahko od plasti do plasti spreminja, odvisno od razlike v kompetenci ali viskoznosti kamnin - **refrakcija klivaža**. Večji je kontrast, bolj je refrakcija poudarjena.

Refrakcija je deloma pogojena tudi z anizotropijo kamnine. V kamninah z malo lističastih mineralov (npr. peščenjak) je klivaž bolj vzporeden osni ravnini gub, kot v glinastih kamninah z veliko sijude in drugih lističastih mineralov.

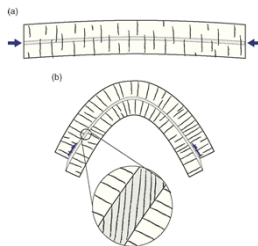


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

23

Refrakcija klivaža

Po uveljavljeni razlagi do refrakcije klivaža pride pri gubanju različno kompetentnih plasti. Nekompetentni horizonti absorbirajo strižno deformacijo zaradi medplastnih zdrsov, zaradi česar je v njih klivaž bolj poševno orientiran.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

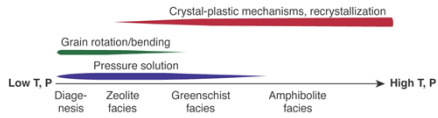
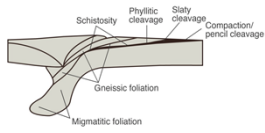
24

O izvoru klivaža

Razvoj klivaža je odvisen predvsem od litologije in globine v skorji (T,P). V večjih globinah, nad ~350°C, nastajajo druge oblike foliacije, kot so skrilavost in milonitska foliacija.

Posebej pomembni za razvoj klivaža so filossilikati; v kamnini brez njih se lahko razvije le šibek klivaž ali skrilavost.

V karbonatnih kamninah je klivaž stiloitski.



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

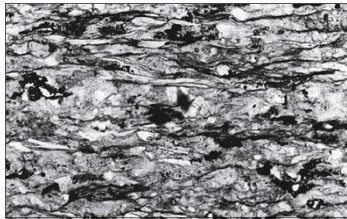
25

Kompakcijski klivaž

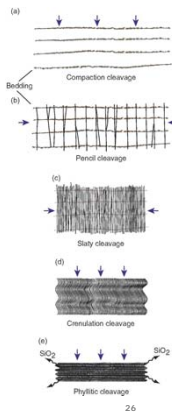
Prva sekundarna foliacija, ki se pojavi v sedimentnih kamninah, je povezana s kompakcijo in diagenezo.

Reorientacija mineralnih zrn in zapiranje por poudarjata in preobrazata primarno foliacijo (plastnatost).

Proces spremlja raztapljanje zrn pod pritiskom, posebej v apnencih, kjer nastajajo stiloiti z netopnim glinastim ostankom (stiloitski klivaž).



Predavanja iz Tektonike, Ikcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA



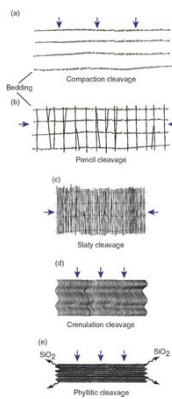
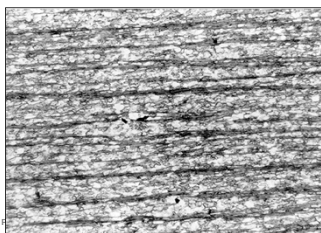
26

Tektonika in razvoj klivaža

Tektonska foliacija običajno nastane, ko so sedimentne kamnine podvržene horizontalnim napetostim in progresivnemu krčenju.

Če je σ_1 horizontalna, nastane klivaž ki je pravokoten na primarno in kompakcijsko foliacijo.

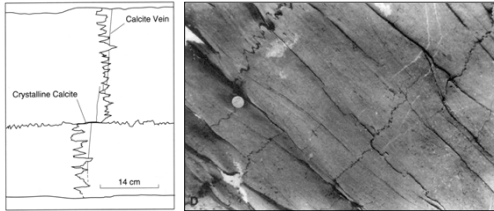
Ta klivaž nastaja predvsem z raztapljanjem pod pritiskom. V apnencih in nekaterih peščenjakih je stiloitski, v glinavcih pa raztapljanje kremenovih zrn povzroči rotiranje in kopičenje lističastih glinenih mineralov.



27

Disjunktivni klivaž v apnencih

Stiloliti, ki so vzporedni plastnatosti so praviloma primarni stiloliti, ki nastajajo pri konsolidaciji sedimenta zaradi vertikalne obtežbe. Stiloliti, ki so poševni na plastnatost, pa so tektonskega izvora. Tektonski stiloliti so praviloma tudi vzporedni osni ravnini gub.



Predavanja iz Tektonike, Iekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

28

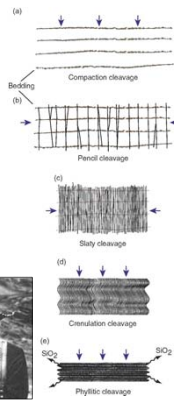
Iverasta krojitev

Ko je sekundarni klivaž enako močen kot primaren (kompakcijski), se kamnina lomi v podolgovate koščke v presečnih obeh foliacij - **iverasta krojitev** ("pencil cleavage"). (Nastaja pa lahko tudi s sekanjem dveh tektonskih foliacij.)



Predavanja iz Tektonike, Iekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

29



Skrilavi klivaž

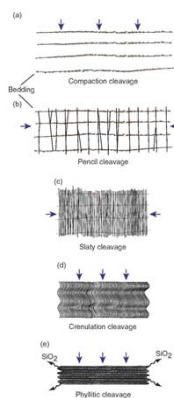
Če se tektonsko krčenje kamnine nadaljuje, vertikalni klivaž počasi prevlada nad kompakcijskim. Kamnina dobi kontinuiran klivaž, ki povsem dominira v strukturiranosti kamnine. Kamnina je **skrilava** (npr. skrilavi glinavec), ima **skrilav klivaž**. (ni pa skrilavec!!).

To se dogaja pri zelo nizkem metamorfem faciesu (pretežno anhimetamorfizem), tako da se rekristalizacija mineralov glin v sljude komaj začneja.



Predavanja iz Tektonike, Iekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

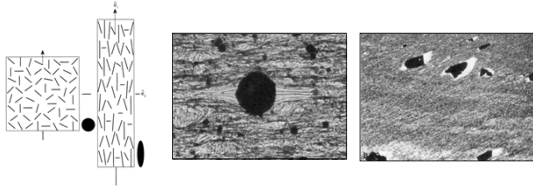
30



Skrilavi klivaž

Mehanizmi nastajanja in rasti skrilevega klivaža:

- rotacija togih zrn pri krčenju kamnine
- usmerjena rekristalizacija - raztapljanje mineralov in rast pravokotno na smer maksimalnega krčenja in v "napetostnih sencah" ob togih mineralnih zrnih
- raztapljanje pod pritiskom - raztapljanje pod pritiskom lahko absorbira pomemben del skupne deformacije. Manjši del raztopljene snovi se je odložil v izvorni kamnini, večji del pa je moral biti transportiran iz sistema. Nakopičenja sljude v klivažnih domenah predstavljajo slabše topen rezidual prvotne kamnine.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

Skrilavi klivaž

Kamnino tvorijo zelo tanke (<<1 mm) QF domene s kremenom in glinencem (Quartz + Feldspar) z vmesnimi M domenami, ki so bogate s sljudo (Mica).

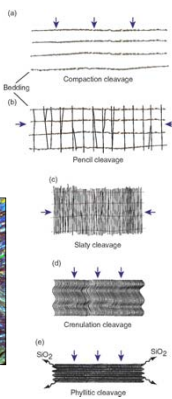
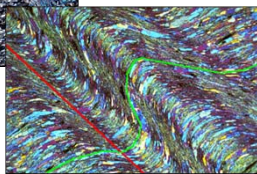
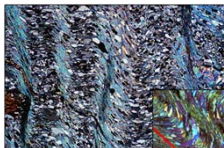
QF domene so značilne lečaste in razpotegnjene oblike, M domene pa jih na tanko ovijajo.
⇒ oboje je posledica prevladujočega raztapljanja pod pritiskom, usmerjenim pravokotno na klivažne ploskve



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

Krenulacijski klivaž

Kot že vemo, se bo krenulacijski klivaž razvil v kamnini, ki tektonski klivaž že ima, pa je podvržena spremenjeni smeri krčenja, pri čemer se prva generacija klivaža naguba („krenulira“).

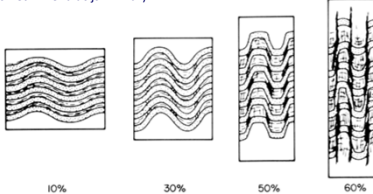


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

Krenulacijski klivaž

Tudi nastanek krenulacijskega klivaža je tesno povezan z raztapljanjem pod pritiskom. Raztapljanje pod pritiskom se odvija predvsem na zrnskih kontaktih, ki so pravokotni na smer maksimalnega krčenja (S_3), pa tudi migracija raztopljenega materiala je pogojena predvsem z lokalnimi napetostrnimi razmerami.

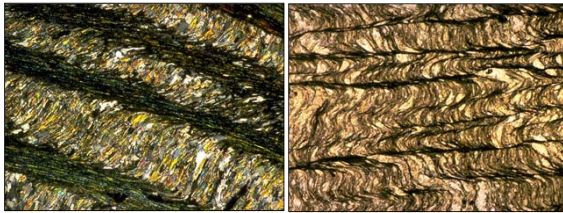
- klivažne domene nastanejo vzdolž kril mikrogub v starejšem kontinuiranem klivažu (conarni krenulacijski klivaž)
- če je krčenje večje, kot ga more absorbirati gubanje, pride vzdolž kril gub do raztapljanja pod pritiskom, raztopljen material pa se odlaga v temenih mikrogub (diskretni krenulacijski klivaž)



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

34

Krenulacijski klivaž



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

35

Klivaž in deformacija

Skrilavi klivaž je gotovo odziv kamnine na ekstremno krčenje:

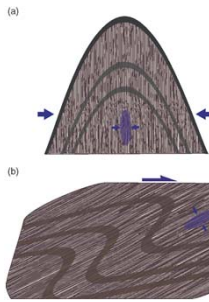
- geometrijska koordinacija gub in klivaža nedvomno kaže na sinhron nastanek
- fosili in druge strukture v skrilavcih so praviloma sploščene v ravnini klivaža (distorcija do 75%); klivaž nastaja pravokotno na os maksimalnega krčenja



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

36

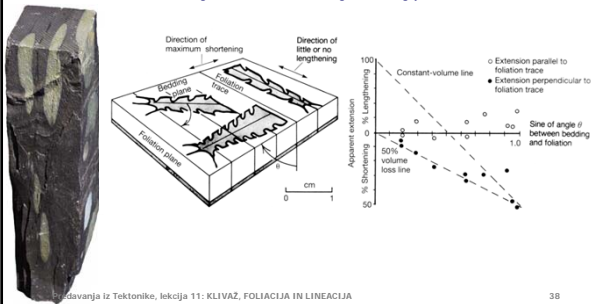
Klivaž in deformacija



V splošnem vse ne- do nizko- metamorfne oblike klivaža (skrilavi klivaž, pa tudi krenulacijski in filitski klivaž) nastajajo v ravnini pravokotno na smer maksimalnega krčenja kamnine. Klivaž lahko nastaja tako pri koaksialni kot nekoaksialni deformaciji. **Naloga:** napovej orientacijo klivažnih ploskev v režimu enostavnega striga. Ali bo le-ta med deformacijo ostala konstantna ali ne?

Klivaž in deformacija

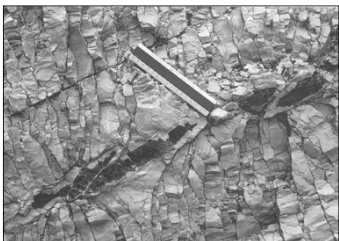
Skrček in izgubo volumna kamnine lahko ocenimo s pomočjo objektov z znano velikostjo in obliko (npr. fosili). Primer: graptoliti v Martinsburškem skrilavcu v Apalačih kažejo da je bil pravokotno na klivaž skrček (in s tem izguba volumna) **okoli 50%**! Dokumentirane izgube volumna v skrilavih glinavcih segajo **od 20% do 80%**.



Klivaž in deformacija

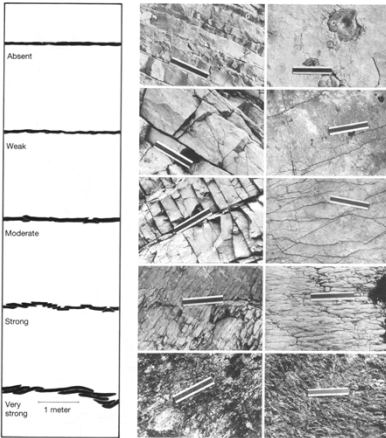
Disjunktivni klivaža v apnencih

Alvarez et al. so pokazali, da sta značaj in gostota disjunktivnega klivaža odvisna od skrčka kamnine; skrček kamnine so določili z analizo strukture netopnih vložkov roženca v apnencu.



Različne faze so poimenovali kot **šibek** (0-4%), **srednje močen** (4-25%), **močen** (25-35%) in **zelo močen klivaž** (35% in več).

Z večanjem intenzivnosti postaja klivaž vse gostejši, klivažne ploskve pa praviloma vse bolj gladke (pri šibkem klivažu so stiloilitske, nato postanejo anastomozne in potem ravne).



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLI

Klivaž in deformacija

- ⇒ kadar nastane klivaž, nikakor ne moremo več smatrati, da gre za deformacijo s konstantnim volumnom! Ločiti moramo torej **dilatacijske** in **nedilatacijske** deformacije.
- ⇒ raztapljanje je eden glavnih mehanizmov pri nizkotemperturnih deformacijah in nastajanju skrilavega klivaža.

Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

41

Pomen klivaža za kinematiko gubanja

Za palinspastično rekonstrukcijo nagubanih plasti z razvitim klivažem ni dovolj le razviti nagubanih plasti, ampak je potrebno upoštevati tudi dilatacijske spremembe zaradi raztapljanja pod pritiskom!

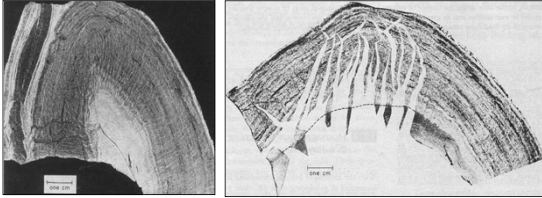


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

42

Pomen klivaža za kinematiko gubanja

Gubo je tako potrebno najprej "raztegniti" kot harmoniko, s čimer izenačimo izgubo mase zaradi raztapljanja, šele nato lahko rotiramo plasti, s čimer odstranimo deformacijo zaradi fleksivnega gubanja.

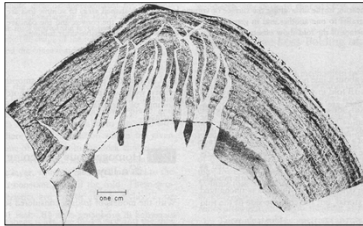


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

43

Pomen klivaža za kinematiko gubanja

Izgube volumna pri gubanju lahko znašajo več kot 50%!
 Celo v zelo šibko nagubanih plasteh je lahko skupna deformacija zaradi raztapljanja pod pritiskom precej velika (primer iz Apaločev, kjer v gubah z maksimalno 4° nagljenimi plastmi skrček znaša 15%; večino skrčka je absorbiral nastanek disjunktivnega klivaža).

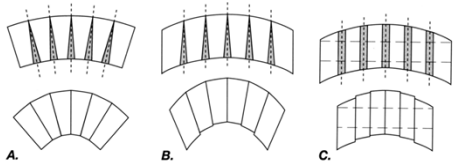


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

44

Pasivno gubanje z raztapljanjem pod pritiskom

Kamnina se v začetnem stadiju guba fleksivno.
 Nadaljnje krčenje, ki ga zgolj z aktivnim gubanjem plasti ni mogoče absorbirati, sproži začetek raztapljanja pod pritiskom in s tem pasivnega gubanja.
 Z drugimi besedami, za rešitev prostorskega problema (npr. v jedru gube) je potrebno **sploščenje** gube, ki se lahko izvrši z odstranjevanjem materiala z raztapljanjem.
 Raztapljanje se vrši vzdolž ploskev, vzporednih z osno ravnino gube (klivaž osne ravnine). Z napredujočim raztapljanjem in krčenjem nastanejo iz paralelnih gub podobne gube (torej, iz tipa 1B tipi 1C, 2 in 3), krila gub pa postajajo vse bolj strma.

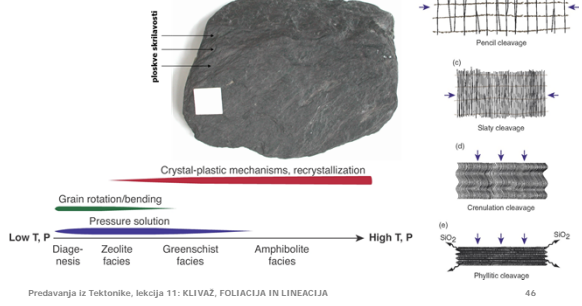


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

45

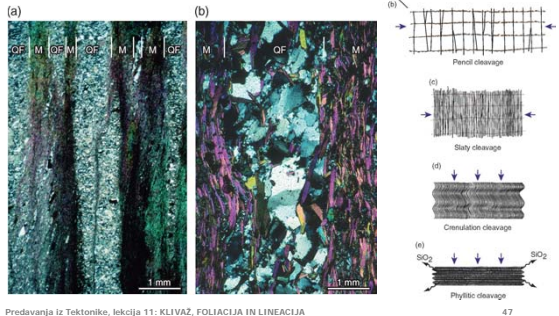
Filitski klivaž

V območju faciesa zelenih skrilavcev začnejo iz glinenih mineralov v glinavih/skrilavih glinavcih z rekristalizacijo nastajati filosilikati, ki rastejo pravokotno na smer krčenja oz. σ_1 . Nastane **filit s filitskim klivažem**.



Filitski klivaž

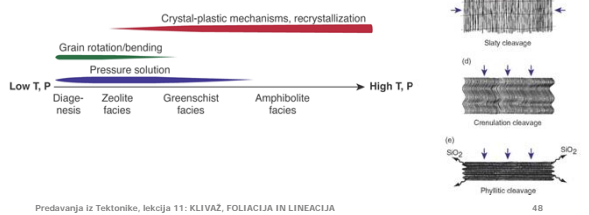
Filitski klivaž je kontinuiran, QF domene so še ostreje ločene od M domen kot pri skrilavem klivažu (učinkovitejša mokra difuzija pri temperaturah faciesa zelenih skrilavcev).



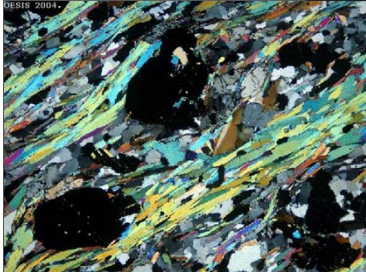
Skrilavci

Blizu prehoda v amfibolitni facies zrna sljude postanejo tako velika, da so vidna s prostim očesom. Foliacija ni več planarna, ampak valovita in se ovija okoli kremenovo-glinenčevih agregatov in trdnih metamorfnih mineralov kot so granat, kyanit in amfibol.

Tako foliacijo imenujemo **skrilavost** („schistosity“), kamnine pa **skrilavec**. **Blestnik** („*micashist*“) je skrilavec z veliko sljude. Dominanten deformacijski mehanizem je rekristalizacija.



Skrilavci



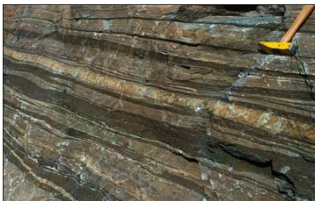
Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

49

Foliacije v kvarcitech in gnajsih

V kamninah z zelo malo filosilikati, kot so kvarciti in gnajsi, se skrilavost ne razvije, ali pa je zelo šibka. Strukturiranost (foliacija) v takih kvarcitech je pretežno posledica sploščenja kremenovih zrn.

Pri velikih deformacijah v granitih nastane foliacija zaradi reorientacije in sploščanja mineralnih zrn in njihovih agregatov. Take kamnine z izjemno razvlečenimi mineralnimi domenami imajo **trakasto/protasto foliacijo** (npr. protasti gnajsi).



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

50

Milonitska struktura



Miloniti so močno deformirane kamnine, ki nastajajo s strižnimi deformacijami v duktilnih ali lomno-duktilnih razmerah. Nastanek milonitov je vezan na duktilne strižne cone (nekakšen ekvivalent prelomnim conam v duktilnih razmerah). "*Milonit*" je strukturni termin, neodvisen od mineralne sestave in ga ne smemo uporabljati kot samostojno litološko oznako.

Miloniti imajo praviloma dobro razvito foliacijo. Ta je izražena s planarno razporeditvijo sploščenih mineralnih zrn, razlomljenih zrn in manjših internih strižnih ploskev. Značilni so razpotegnjeni kristali lečaste ali trakaste oblike. Foliacija je ponavadi anastomozna ali lečasta.

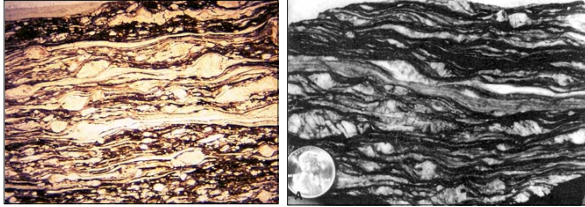
Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

51

Milonitska struktura

V poliminerlnih milonitih duktilno deformacijo ponavadi absorbira najšibkejši mineral. Tako nastanejo značilni trakovi šibkejšega minerala, oviti okoli trdnejših mineralov, ki se v enakih razmerah morda deformirajo še lomno.

Primer: v granitnem milonitu se kremen obnaša popolnoma duktilno, glinenci pa lomijo na koščke, ki se sčasoma orientirajo vzporedno foliaciji. Fragmente protolita v milonitu imenujemo **porfiroklasti** ali **očesa**.



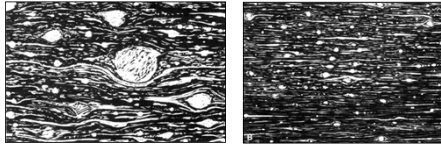
Predavanja iz Tektonike, Ilekija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

52

Milonitska struktura

Pri procesu milonitizacije iz debelozrnatih izvornih kamnin (protolitov) polagoma nastajajo drobnozrnate in laminirane metamorfne kamnine. Milonite poimenujemo glede na velikost zrn in na razmerje med drobnozrnato osnovo in reliktnimi zrni:

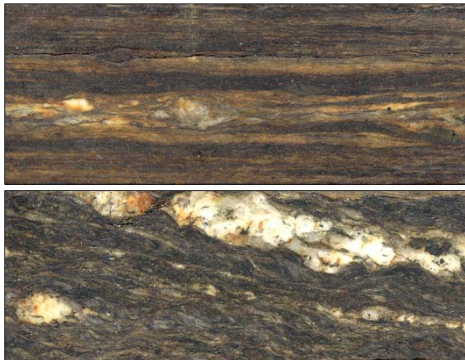
- protomilonit (manj kot 50% osnove, ostalo reliktna zrna)
- milonit (50-90% osnove, močno izražena foliacija)
- ultramilonit (nad 90% osnove)



Predavanja iz Tektonike, Ilekija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

53

Milonitska struktura

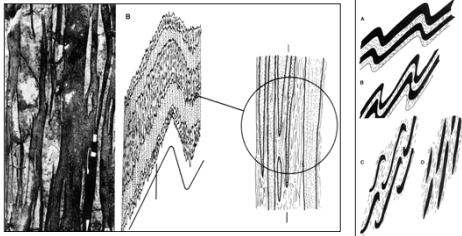


Predavanja iz Tektonike, Ilekija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

54

Transpozicija

V metamorfnih kamninah z močno razvitim klivažem je pogosto plastnatost navidezno vzporedna klivažu. Ponavadi gre v takih primerih za "psevdostratigrafijo", ki nastane zaradi transpozicije plastnatosti in klivaža ob ekstremnem gubanju ter spremljajočem "trganju" in rotaciji plasti in posamezne leče, ki so vzporedne s klivažem.



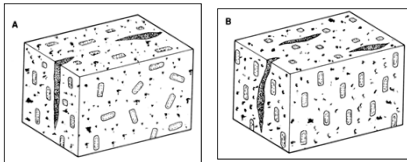
Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

55

Lineacija

Lineacija je homogeno porazdeljena linearna struktura v kamnini. Lahko je **površinska**, če je omejena le na diskretne ploskve v kamnini (npr. tektonske drse) ali **penetrativna**, če prepreza celoten volumen kamnine (npr. linearna razporeditev igličastih mineralov).

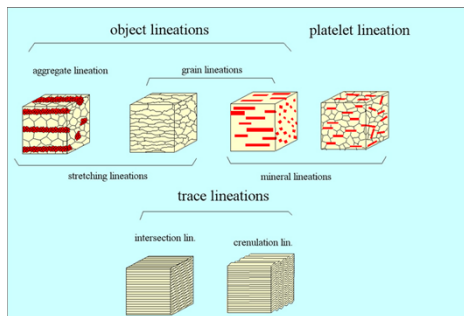
Nekatere lineacije so **primarne** (npr. tokovni odlitki v sedimentni kamnini, površina vrvičaste lave), **sekundarne lineacije** pa so povezane z deformacijami kamnin.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

56

Lineacija



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

57

Lineacija

Presečna lineacija je definirana s presečnicami dveh (ali več) foliacij v kamnini (npr. kivaž in plastnatost; kivaž in površina izdanka, foliacija in litaž, itd.).



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

58

Lineacija

Krenulacijska lineacija je izražena s pregibnicami mikrogub; tipično se pojavlja v lističastih kamninah (filiti, skrilavci).



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

59

Lineacija

Mineralna lineacija je ponavadi izražena v obliki vlaknasto razpotegjenih kristalov ali kristalnih agregatov.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

60

Linearne strukture

Razpotegnjeni klasti so linearno deformirani prodniki v metakonglomeratu.
Paličaste strukture so linearne mineralne ali polimineralne tvorbe paličaste oblike, ponavadi iz kremenca, ki lahko nastanejo na različne načine, na primer z razpadom (budinaž) kremenovih žil zaradi raztezanja ali z zapolnitvijo temen penetrativnih gub s kremenom.

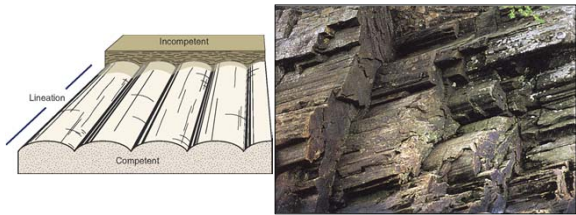


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

61

Linearne strukture

Mullion je žlebičasta struktura, ki nastane na stiku kompetentnih in nekompetentnih kamnin pri gubanju.

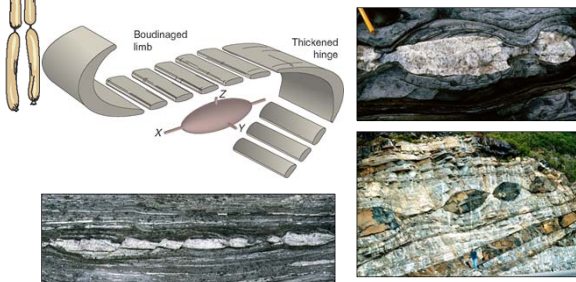


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

62

Linearne strukture

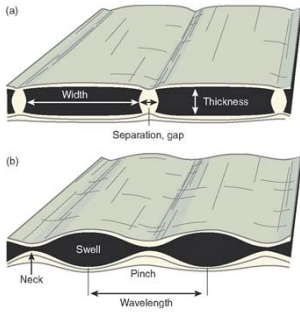
Budinaž ("boudin", klobasa) nastane pri raztezanju vzdolž plastnatosti, kadar so plasti toge kamnine vložene med mehke plasti.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

63

Linearne strukture



Če je razlika v duktilnosti velika, se razpad na budine vrši vzdolž nateznih ali strižnih razpok, budine pa so v preseku pravokotne oblike.

Pri manj izraziti razliki v duktilnosti se tudi budine pri nastanku deloma duktilno deformirajo in so v preseku sodčkaste ali lečaste oblike. Tudi pri nadaljni deformaciji kamnine se budine obnašajo deloma duktilno in se lahko še nadaljnje deformirajo.

Vzdolžna dolžina budin je do štirikrat večja od njihove širine; daljše budine razpadejo zaradi strižnih napetosti pri duktilnem toku nekompetente osnove.

Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAZ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

64



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAZ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

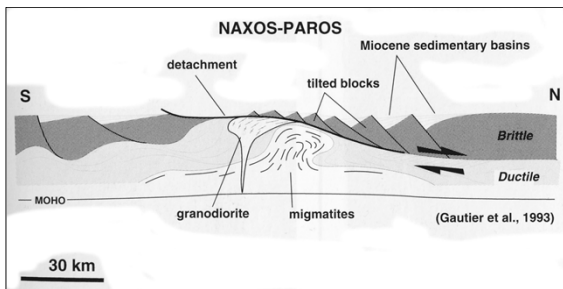
65



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAZ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

66

los: razvoj foliacij in lineacij



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

67

los: razvoj foliacij in lineacij



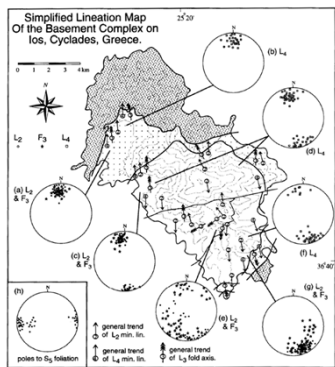
los: razvoj foliacij in lineacij



los: razvoj foliacij in lineacij



los: razvoj foliacij in lineacij



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

Deskriptivna analiza foliacij in lineacij

Pri kartiranju naletimo na veliko foliacij in lineacij, ki so različne starosti, različnega tipa in seveda različno orientirane. Najbolj zapleteno je raziskovati odnose med strukturami, ki se prekrivajo.

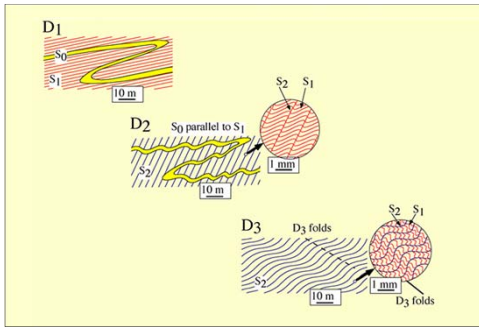
Po standardni metodologiji označujemo ploskve foliacije s črko S, lineacije pa s črko L. Vsaki strukturi dodamo tudi indeks, ki označuje relativno zaporedje nastanka struktur:

- foliacija S_0 je primarna foliacija, običajno plastnatost
- če je v kamnini prisoten denimo klivaž, ga označimo z S_1 .
- če je klivaž krenulacijski, označimo starejši klivaž z S_1 , mlajši pa z S_2
- itd.

Podobno kot foliacije in lineacije lahko tudi penetrativne družine gub označimo s črko F in z ustreznim indeksom.

Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

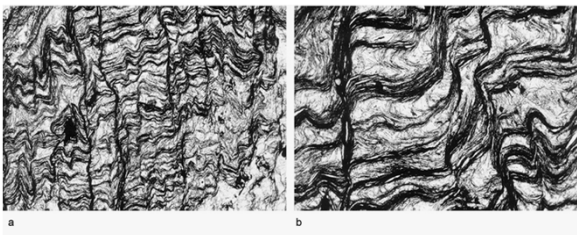
Deskriptivna analiza foliacij in lineacij



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

73

Deskriptivna analiza foliacij in lineacij



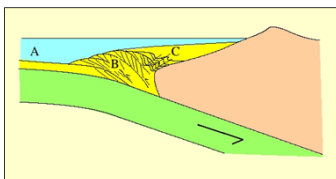
Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

74

Deskriptivna analiza foliacij in lineacij

V kasnejši fazi strukturne analize počasi postaja jasno, katere strukture so nastale sočasno; tistim priredimo enak indeks (npr. S_2 , L_1). Strukturni razvoj lahko razdelimo na faze, ki so bodisi diskretni dogodki ali stopnje v progresivni deformaciji, in jih označimo z D_1 , D_2 , itd.

V končni fazi je potrebno strukture in faze uskladiti v regionalnem in časovnem smislu.

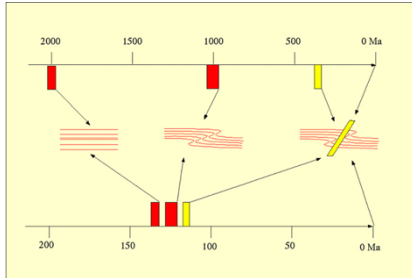


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

75

Deskriptivna analiza foliacij in lineacij

V končni fazi je potrebno strukture in faze uskladiti v regionalnem in časovnem smislu.

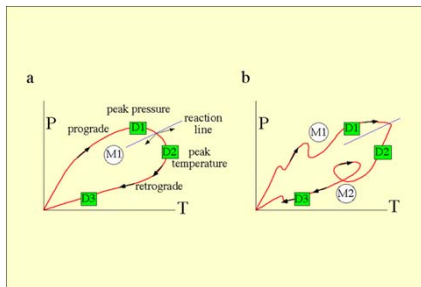


Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

76

Deskriptivna analiza foliacij in lineacij

V končni fazi je potrebno strukture in faze uskladiti v regionalnem in časovnem smislu.



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

77

O izvoru klivaža



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

78

O izvoru klivaža



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

79

O izvoru klivaža



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

80

O izvoru klivaža



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

81

O izvoru klivaža



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

82

O izvoru klivaža



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

83

O izvoru klivaža



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

84

O izvoru klivaža



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

85

O izvoru klivaža



Predavanja iz Tektonike, lekcija 11: KLIVAŽ, FOLIACIJA IN LINEACIJA

86
