

A litoszféra rendszerben lejátszódó kőzetképző folyamatok

A metamorf rendszer

A metamorfózis szakaszai és határai

Metamorfózis: a kőzetszövet és ásványos összetétel megváltozása nagy nyomás és/vagy hőmérséklet-növekedés hatására, szilárd halmazállapotban, a kémiai összetétel változása nélkül

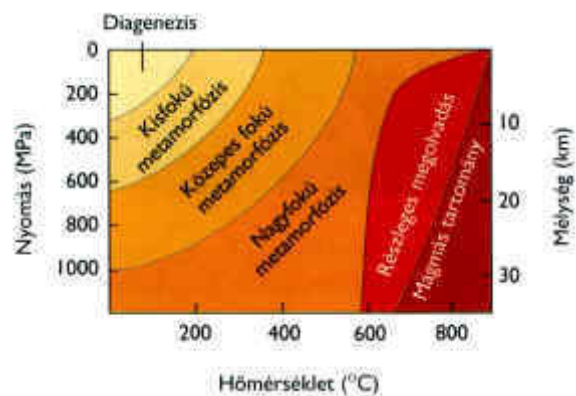
A metamorfózis alsó határa: 200 °C, 300 MPa

Felső határa: a kőzetek megolvadása (600 °C-tól)

Migmatit: részleges megolvadással keletkezett ultrametamorf kőzet

A metamorfózis szakaszai:

- Igen kismértékű metamorfózis
- Kismértékű metamorfózis
- Közepes mértékű metamorfózis
- Nagymértékű metamorfózis



A regionális metamorfózis fokozatai a nyomás és a hőmérséklet függvényében. 600°C felett a metamorfózis és a magmatizmus átfedi egymást, a rendszer víztartalmától függően. A víztartalom növekedése a kőzetek olvadáspontjának csökkenésével jár.

A metamorfózist befolyásoló tényezők

A fluidumok szerepe

Fluidum: gőz állapotú vizes oldat (gázok, sók, ásványi alkotók) a kőzetek pórusaiban és repedéseiben.

- A metamorfózis során felgyorsítja a kémiai reakciókat, mint szállító tényező.
- A nyomás növekedésével kiperéselődik: az oldott kőanyag kvarckitöltésű ereket hoz létre.



A fluidumokban oldott kovaanyag kiválása kvarcerek formájában. Erősen gyűrt, majd töredezett gneisz, Ny-Norvégia

Progresszív metamorfózis: növekvő nyomás és hőmérséklet mellett, fluidumok jelenlétében zajlik.

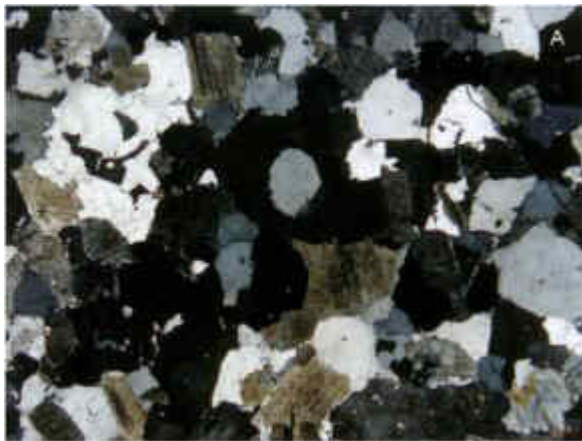
Retrográd metamorfózis: csökkenő nyomás és hőmérséklet, a fluidumok hiányoznak: igen lassú folyamat. A metamorf ásványok visszaalakulnak olyanokká, amelyek alacsonyabb p, T értékek mellett stabilak.

A hőmérséklet, nyomás és idő szerepe

Hőmérséklet: emelkedését a mélyebb helyzetbe kerülés vagy magmás intrúzió okozza.

Nyomás (szöveti változás vizsgálatánál feszültség): szöveti irányítottságot okoz.

Idő: hosszabb idő, nagy nyomás, hőmérséklet -> nagyobb kristályok, durvább szemcsés kőzetek



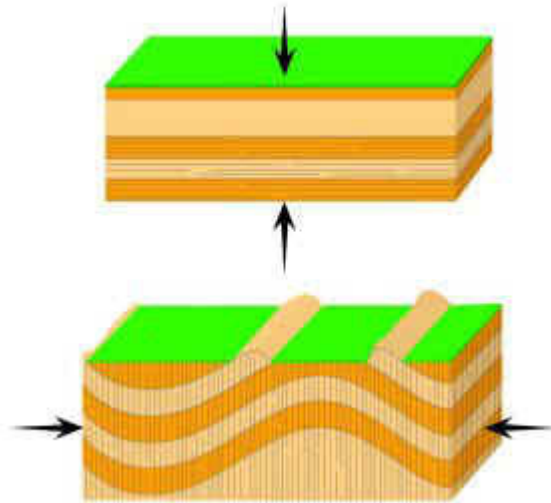
Olvadékból a feszültség minden irányban azonos, ezért az ásványok rendezetlenül helyezkednek el (gránit). Szilárd állapotú átalakulásnál orientáció alakul ki (gneisz). A két kőzet ásványos összetétele hasonló. Képszélesség: 8 mm

A kőzetszövet változása a metamorfózis során

Metamorf foliáció v. palásság: olyan kőzetekben alakul ki, ahol a metamorfózis során rétegszilikátok jönnek létre.

Harántpalásság v. keresztpalásság: a rétegzettség és a palásság iránya eltérő.

A palásság a kis és közepes fokú metamorf kőzeteknél síkszerűbb és határozottabb.



Paláság kialakulása metamorf kőzetekben. Felső kép: a legnagyobb főfeszültség merőleges a rétegzettségre, ezért a paláság párhuzamos a rétegzéssel. Alsó kép: A legnagyobb főfeszültség irányát nyilak jelzik, a rétegek meggyűrődtek. A metamorf foliáció keresztezi a rétegzettségét (harántpaláság)



Harántpalás aleurolitpala a Bükk hegységi Lök-völgyben. A kőzet a szembenéző síkfelület szerint mutat palás elválást. A felületen látható sávok az eredeti rétegzettség irányát jelzik

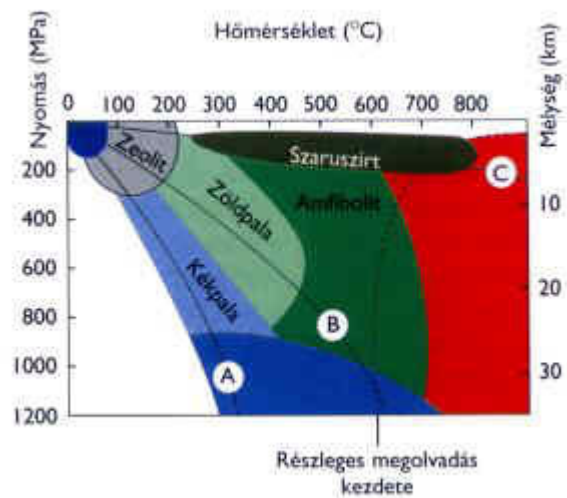
Az ásványos összetétel változása a metamorfózis során

Ásványok kialakulását meghatározza: nyomás, hőmérséklet, kémiai összetétel

A metamorfózis során a kőzetek átlagos kémiai összetétele nem változik

Metamorf fácies (P. Eskola): metamorf ásványegyüttes, amely adott p-T mellett stabil, és jellemző a metamorfózis fokára

Index ásvány: jelenléte jellemző a metamorfózis adott fokára



Metamorf fáciesek a nyomás-hőmérséklet viszonyoktól függően. Az A görbe egy mélységi magmás test környezetében jellemző geotermikus gradiens jelöl. A B görbe egy átlagos kontinentális geotermikus gradiens. A C görbe szubdukciós zónában jellemző geotermikus gradiens

Ásvány neve	Idealizált kémiai összetétel	Metamorf fokozat
laumontit (zeolit)	$\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	igen kiséfű
prehnit (zeolit)	$\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot (\text{OH})_2$	igen kiséfű
szericit (muszkovit-változat)	$\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	kiséfű
klorit csoport	$(\text{Mg, Fe, Al})_6(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	kiséfű
epidot csoport	$\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$	kiséfű
szerpentin csoport	$\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})_2(\text{OH})_2$	kiséfű
talk (csillám)	$\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	kiséfű
pirofillit (csillám)	$\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	kiséfű
gránát csoport	$\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	közepes- és nagyfű
sztaurolit	Al_2SiO_5	közepes- és nagyfű
andaluzit	Al_2SiO_5	közepes- és nagyfű
szillimanit	Al_2SiO_5	nagyfű

A leggyakoribb metamorf keletkezésű ásványok összetétele. A sztaurolit, andaluzit és szillimanit polimorf ásványok, azaz azonos összetételűek, de a kristályszerkezetük eltérő

Agyagos kőzetek metamorfózisa

Igen kistokú metamorfózis (betemetődéses metamorfózisnál):

- Agyagásványok, laumontit, prehnit
- A kőzet finomszemcsés, palás-leveles: agyagpala

Kistokú metamorfózis:

- Szericit, pirofillit, klorit
- A kőzet finomszemcsés, selymes fényű, palás-lemezes: fillit, kloritpala, szericitpala

Közepes fokú metamorfózis:

- Csillám, kvarc, plagioklász, gránát, andaluzit
- A kőzet durvábbszemcsés -> a palássági felület egyenetlen: csillámpala

Nagyfokú metamorfózis:

- Kvarc, muszkovit, biotit, plagioklász, kálföldpát, sillimanit, sztaurolit
- A kőzet durvaszemcsés, a palásság nem jellemző: gneisz



Agyagpala, fillit, csillámpala és gneisz (felülről lefelé), mint a növekvő metamorfózist reprezentáló kőzetek

Bazalt metamorfózisa

A bazalt fő ásványai: olivin, piroxén, plagioklász. A metamorfizált kőzetek általában nem palásak a keletkezett ásványok alakjainak miatt.

- Kistokú metamorfózis: klorit, epidot, kalcit, plagioklász (zöldpala)
- Közepes fokú metamorfózis: amfibol (amfibolit)
- Nagyfokú metamorfózis: piroxén, gránátok, (plagioklász): granulit, eklogit

Mésző és homokkő metamorfózisa

Ásványos összetétel: kalcit, illetve kvarc -> nem orientálhatók -> a kőzet nem palás

- Mésző -> márvány (nagyobb, egymásba fogazódott kristályok)
- Homokkő -> kvarcit (fogaskerek-szerűen illeszkedő kristályok)

Metamorf környezetek

Kataklasztos metamorfózis

Nyíró igénybevétel hatására, mozgási felületek mentén jön létre.

Kőzettípusai:

Dörzsbreccsa: összetöredezett, átrendeződött alkotóelemek
Milonit: finomszemcsésre porlódott, lineációsan rendeződött alkotók
Gneisz: gránit kataklasztos metamorfózisával is keletkezhet.



A Bükk hegységi fennsíki mészkőben kialakult dörzsbreccsa

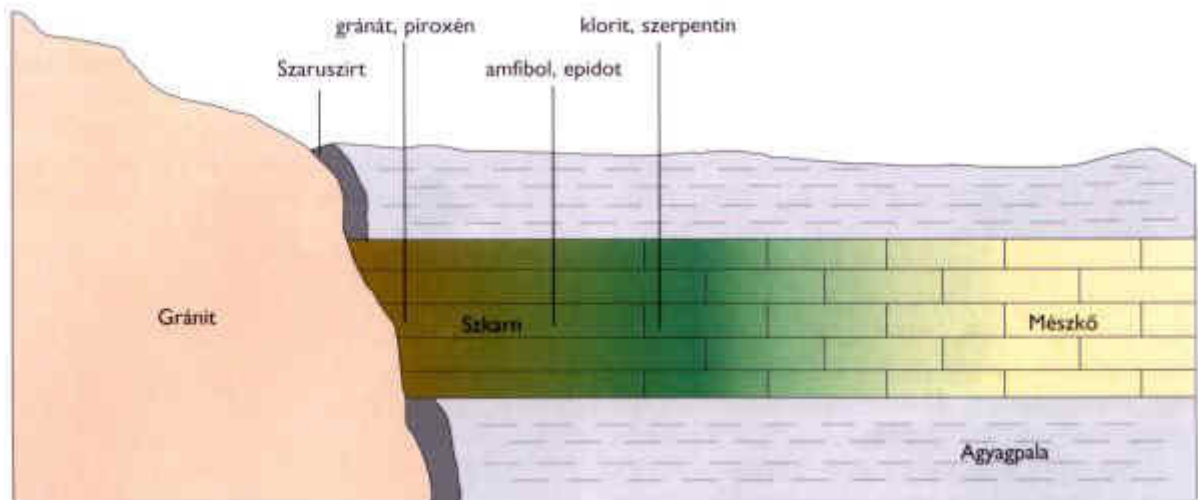
Kontakt metamorfózis

Magmás intrúzió környezetében jön létre, főleg a hőmérsékletnövekedés hatására.

Az elválás cm-100 m, kontakt burok a magmatest környezetében.

Szaruszirt: kontakt metamorfózissal keletkezett, kemény, finomszemcsés, egymásba fogazódott ásványokból álló kőzet.

Kontakt metasomatózis (szkarn): mészkő és gránit vagy diorit magma érintkezésénél, Ca-szilikátok keletkezésével alakul ki, gyakran ércesedés kíséri.



Gránit intrúzió érintkezése különböző mellékkőzetekkel. Az agyagos kőzetek kontakt metamorfózist szenvednek, szaruszirtté alakulnak, a mészkőben kontakt metasomatózis jön létre.

Betemetődéses (rétegterheléses) metamorfózis

Nagy vastagságú üledéktömegek mélyebb zónáiban (kb. 15 km) jön létre.

Igen kismértékű metamorfózis alakul ki.

Magas pórusvíz-tartalom -> homogén feszültségeloszlás -> metamorf foliáció nem jellemző.

Regionális (dinamotermális) metamorfózis

Nagy kiterjedésű kőzettömegeket érint.

Hegységképződési övekben, kollíziós zónákban, főleg horizontális kompresszió hatására alakul ki.

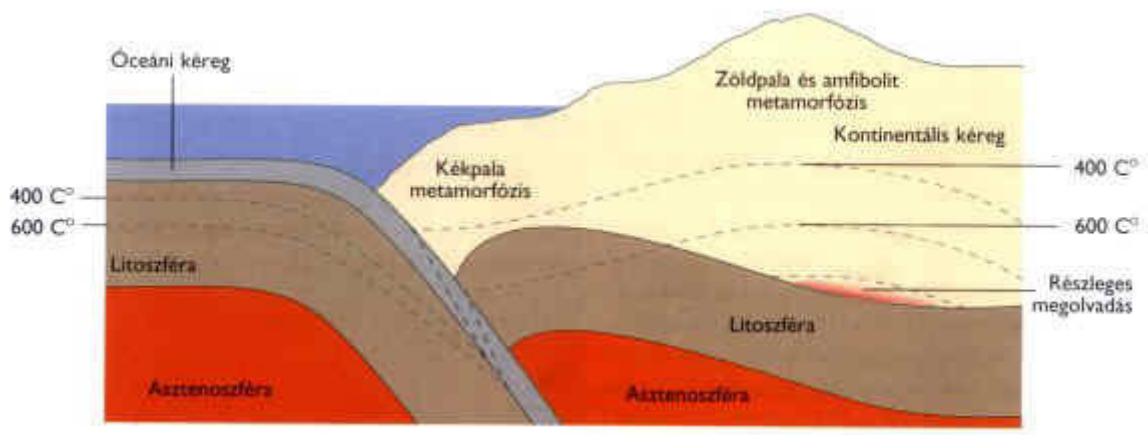
Erősen gyűrt, kivastagodott kőzettestek jönnek létre.

Nagyfokú metamorfózis, migmatit, gránit jellemző.

Kékpala fáciesű metamorfózis

Szubdukciós övekben alakul ki -> nagy nyomás, viszonylag alacsony hőmérséklet

Ilyen viszonyok mellett a kék színű glaukofán keletkezik -> kékpala

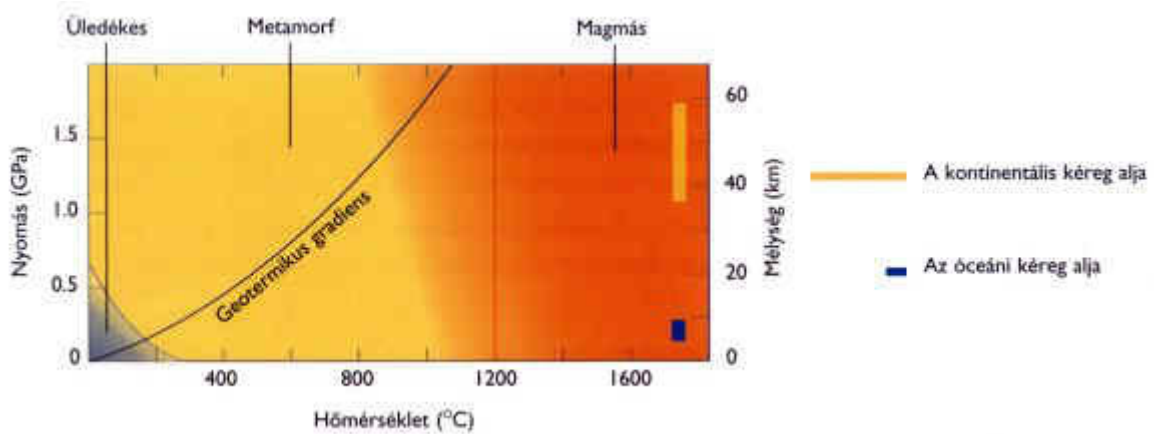
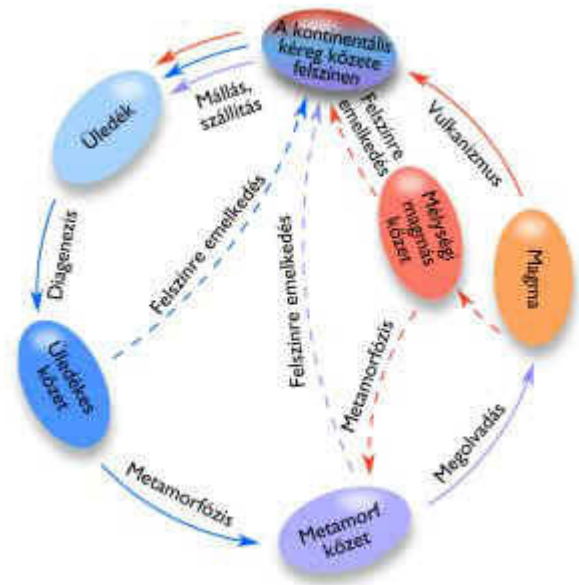


A metamorfózis típusai konvergens lemezszegélyeknél. A hideg, szubdukálódó lemez környezetét is lehűti. Az alábukás helyén a nagy nyomás és alacsony hőmérséklet miatt kékpala metamorfózis jön létre. A felgyűrt, kivastagodott tömegekben regionális metamorfózis következik be.

A litoszféra rendszerek kölcsönhatásai

A kőzetek körforgása

A kőzetek körforgásának sematikus ábrázolása. A három kőzetrendszer egymással állandó kapcsolatban áll a külső és belső folyamatok által.



A magmás, üledékes és metamorf rendszerek nyomás-hőmérséklet viszonyai. A rendszerek határai nem élesek, az átmenet fokozatos.

Lemeztektonika és kőzetciklus

A kőzetciklus működése energiát igényel.

Napsugárzás: a kőzetciklus felszíni szakaszait működteti.

A Föld belső hője: a litoszférolemezeket mozgásban tartja -> a kőzetciklus mélyebb szakaszait működteti.

A lemeztektonika és a kőzetciklus kapcsolata:

- Az asztenoszféra felső részében bazaltos magma keletkezik, a szétnyíló lemezszegélyeknél felszínre jut.
- Óceáni medencék jönnek létre, azokban üledékképződés zajlik.
- Szubdukcióval az óceáni litoszféra mélybe kerül, részleges megolvadás következik be, különböző magmatípusok jönnek létre.
- Kollízió, hegységképződés: metamorf kőzetek keletkezésével jár.