

Szerkezeti földtan és lemeztektika

Globális tektonika

Globális tektonika: az egész litoszférára kiható szerkezeti mozgásokat és jelenségeket foglalja össze, például óceáni medencék keletkezése, hegységek felgyűrődése. Szokás a lemeztektika fogalmával azonosítani.

A lemeztektikai elmélet előzményei

Korai elképzelések

Magyarázatok a kontinensek partvonalainak egybeilleszthetőségére:

- Korai térképek értelmezése: bibliai özönvíz vágat szét a kontinenseket
- XIX. sz.: A Föld hűl és zsugorodik
- XX. sz. kezdete: radioaktivitás felismerése: a Föld melegszik és tágul

A kontinensvándorlás elmélete

Wegener elképzelése

A. Wegener, 1912: kontinensvándorlás elmélete

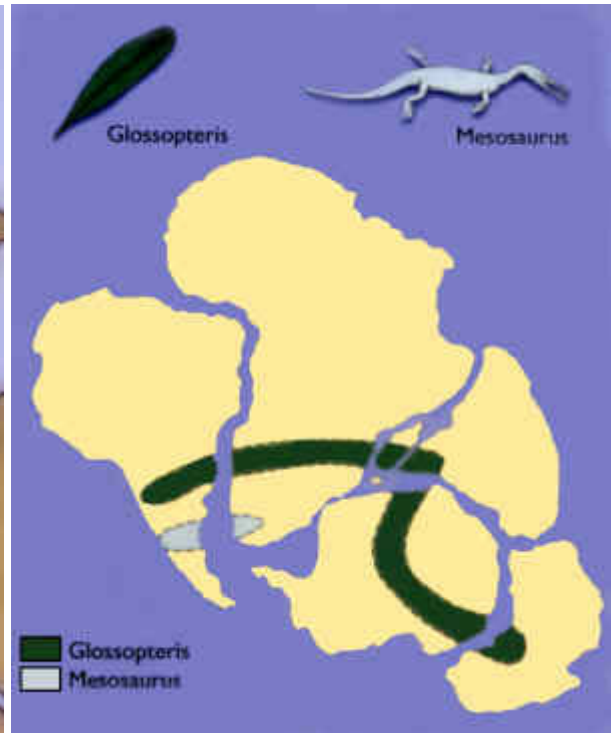
Lényege: a kontinensek folyamatosan változtatják helyüket.

Kiindulópontja: a kontinensek illeszthetősége és a karbon végi-perm eleji eljegesedés kiterjedése.

Elméletét elvetették, mert nem volt értelmezhető a mozgás mechanizmusa.



A karbon időszak végén bekövetkezett eljegesedés kiterjedése a glaciális üledékek elterjedése alapján. A nyilak a jégtakarónak a jégkarcok alapján rekonstruálható mozgását jelzik.



A *Glossopteris* (A) és a *Mesosaurus* (B) fossziliák elterjedése is a déli kontinensek egybefüggésére utal.

A kontinensek összeillesztésével a jégtakaró kiterjedése behatárolhatóvá vált.

A kontinensvándorlás későbbi bizonyítékai

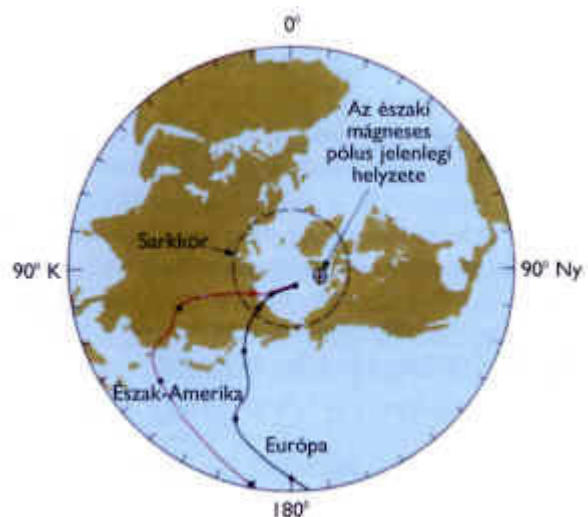
1. A látszólagos pólusvándorlás

1950-es évek: paleomágneses mérések

Lényege: vulkáni és üledékes kőzetek mágnesezhető ásványai megmutatják a kőzet keletkezésekor aktuális mágneses tér jellemzőit:

- A mágneses polaritást
- A mágneses pólusok helyét
- Az adott kőzet távolságát a mágneses pólustól

A pólusvándorlási görbék a különböző kontinenseken eltértek, ami csak a kontinensek vándorlásával volt értelmezhető.



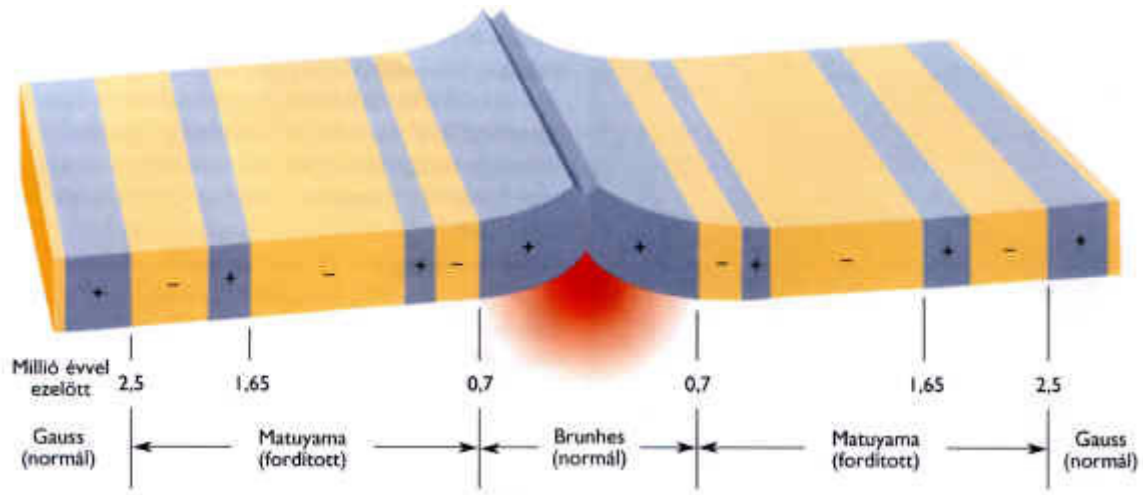
Az Észak-Amerikában (piros) és Európában (fekete) elvégzett paleomágneses mérések alapján rajzolt pólusvándorlási görbék. A számadatok azt jelzik, hogy a mérések szerint a mágneses északi pólus hány millió évvel ezelőtt volt az adott ponton. Nyilvánvalóan nem a pólusok, hanem a kontinensek vándoroltak

2. Az óceáni aljzat szétterülése

H. Hess (1962): az óceáni lemezek az óceánközépi hátságok mentén folyamatosan gyarapodnak -> a kontinensek emiatt távolodnak.

Nem tudta megmagyarázni a szétnyílás okát.

Elméletét a paleomágneses mérések igazolták.



Az óceáni hátságoktól távolodva a mágneses polaritás szimmetrikusan változik. A zölddel jelölt sávok a mai polaritással megegyező, a barnával jelöltek az azzal ellentétes polaritást mutatják. Az elnevezések a mágneses időskála egységei

3. Új geofizikai eredmények

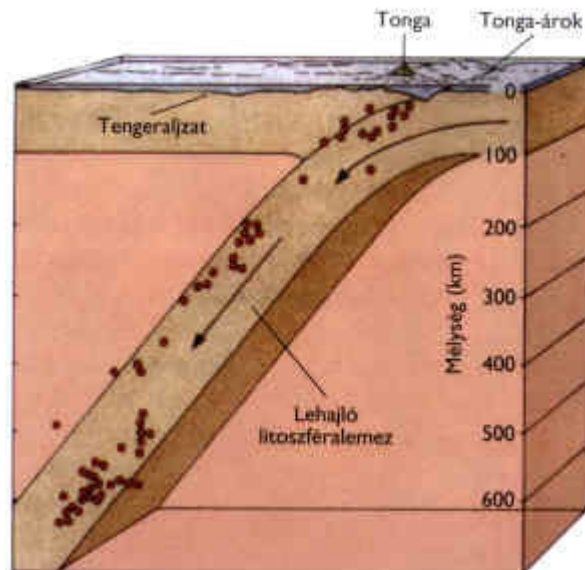
100-350 km között alacsony szeizmikus sebességű zóna -> "lágý" asztenoszféra

Következtetések:

- A rideg litosféra elmozdulhat a képlékeny asztenoszféra felszínén.
- A kontinensek nem önállóan mozognak, csak szállítódnak a litoszféralemezen

H. Benioff, 1954: a földrengések hipocentrumai a mélytengeri árkok környezetében egy fokozatosan mélyülő sávhoz köthetők

1960-as évek vége: ez a sáv a lehajló óceáni litoszféralemez



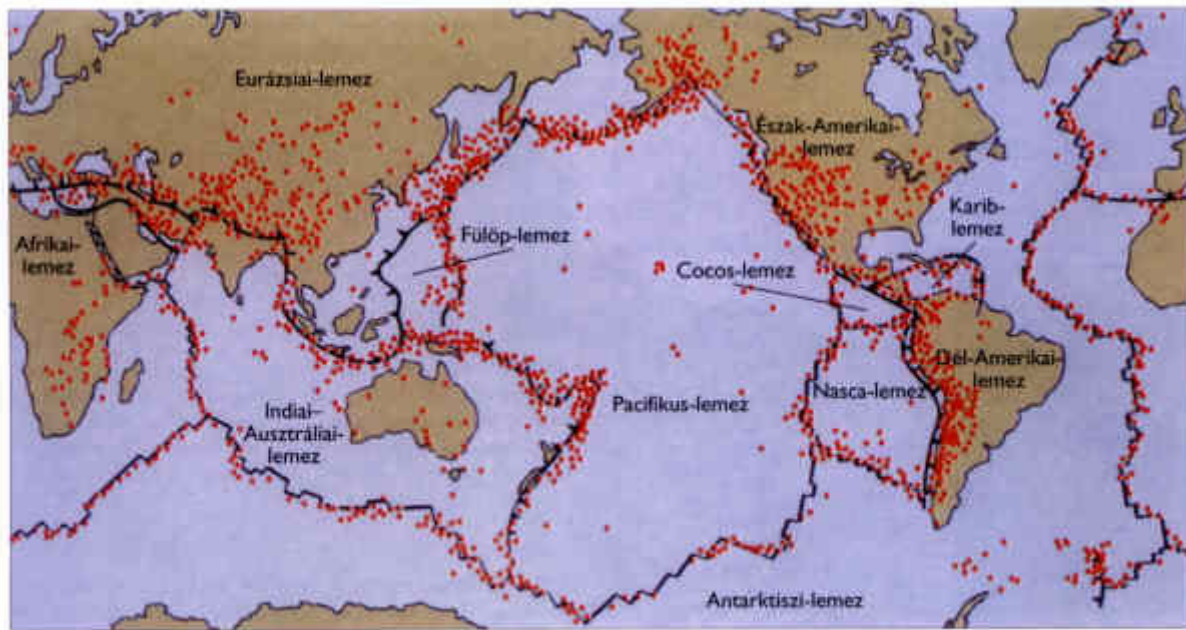
A Tonga-árok környezetében 1965-ben mért földrengések hipocentrumai, melyek jól kivehetően a Benioff-zónához kötöttek

A lemeztectonikai elmélet

1960-as évek vége: a lemeztectonikai elmélet elfogadottá válik.

Fő megállapításai:

- A litoszféra átlagosan 100 km vastag, 7 nagyobb és számos kisebb lemezből áll.
- A lemezek állandóan mozgásban vannak, a mozgás okai a köpenybeli konvekciós áramokra vezethetők vissza.
- A lemezek távolodnak (divergens lemezszegélyek), egymás alá lebuknak (konvergens lemezszegélyek), egymás mellett elcsúsznak (transzform vetős lemezszegélyek).
- A távolodó lemezek között új óceáni kéreg és litoszféra képződik.
- A lemezbelső nyugodt területek, az aktív geológiai jelenségek a lemezhatárokra korlátozódnak.



▲▲▲ Konvergens lemezségély - - - - - Divergens lemezségély - - - - - Transzform vetős lemezségély

A földrengések epicentrumainak eloszlása követi a lemezhatárokat. A földrengések kb. 80 %-a a Csendes-óceánt körülfogó cirkumpacifikus övhöz kötött. Körülbelül 15 % az alpi-himalájai övben, a maradék a szétnyíló lemezszegélyeknél (óceáni hátságok, rift-övek) mentén jelenik meg

Globális földtani jelenségek lemezbelsőkön és lemezszegélyeken

Lemezbelső területek jellemzői

Lemezbelső óceáni területek egységei:

- Abisszális síkságok
- Óceáni platók
- Pajzsvulkán-szigetek

Lemezbelső kontinentális területek egységei:

- Kratonok (pajzsok): gneisz, gránit, zöldkő-övek
- Régi orogén övek
- Geosinklinálisok



Hawaii szigete, egy szigetlánc utolsó tagjaként, óceáni lemezbelső területen, forró pont feletti vulkanizmus révén alakult ki

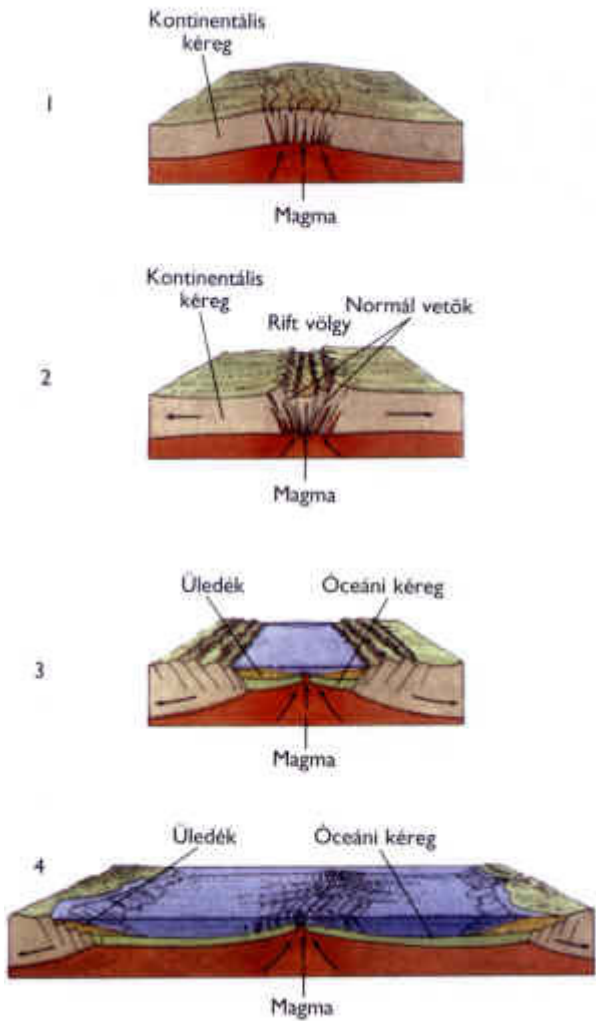
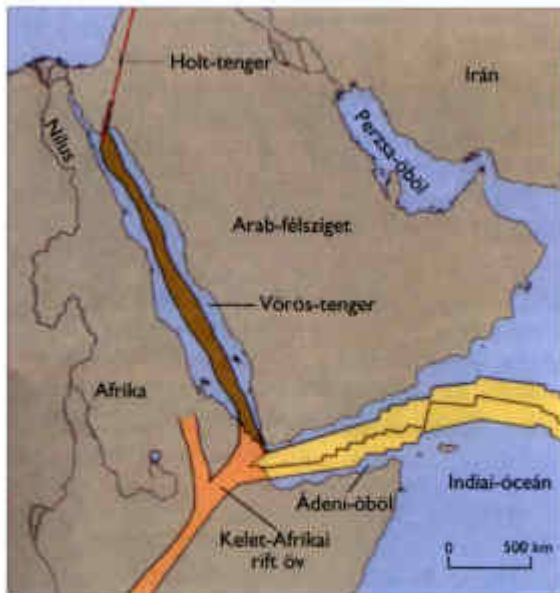


A régi orogén övek ma erősen lepusztult, rögösen feldarabolódott hegységekben tanulmányozhatók. Nyugat-Norvégia

Divergens lemezszegélyek jellemzői

A divergens lemezszegélyek fejlődése

Divergens lemezszegély: a távolodó lemezek határa

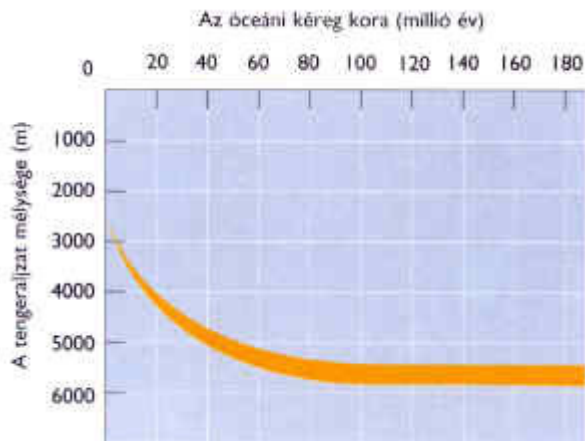


Három szétnyíló hasadék találkozása egy hármascsomópontban.
A Vörös-tenger és az Adeni-öböl valószínűleg óceánná fog szélesedni, a Kelet-Afrikai rift öv viszont feltehetően megmarad a riftesedés stádiumában

Szétnyíló lemezszegélyek alakulása. A riftesedés bármelyik állapotban abbamaradhat. Példák: 1: Colorado-plató, 2: Kelet-Afrikai rift öv, 3: Vörös-tenger, 4: Atlanti-óceán



A kontinensek és az óceáni aljzat topográfiája. A transzform vetőkkel tagolt óceáni hátságok vonulatának ívét - főleg az Atlanti óceánnál - nagyjából követik a kontinensek szegélyei

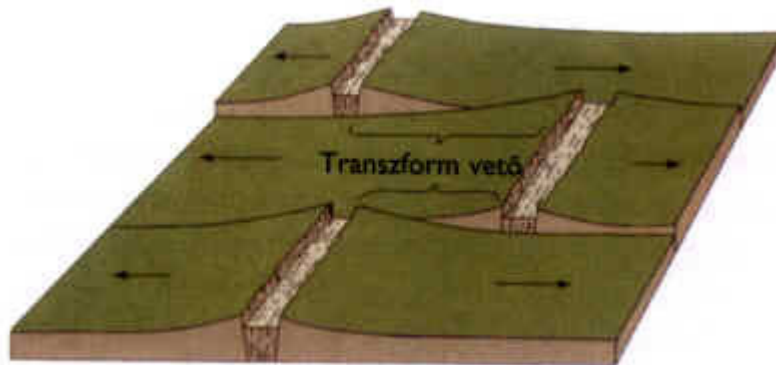


Az óceánok mélységének alakulása az óceáni hátságtól távolodva. A felfelé ható konvekciós hőáram kitágítja és megemeli a fölötté lévő kéregrészt (legfiatalabb óceáni kéreg). Ettől távolodva a litosféra lehül, összehúzódik, mélyebb helyzetbe kerül (idősebb óceáni kéreg)

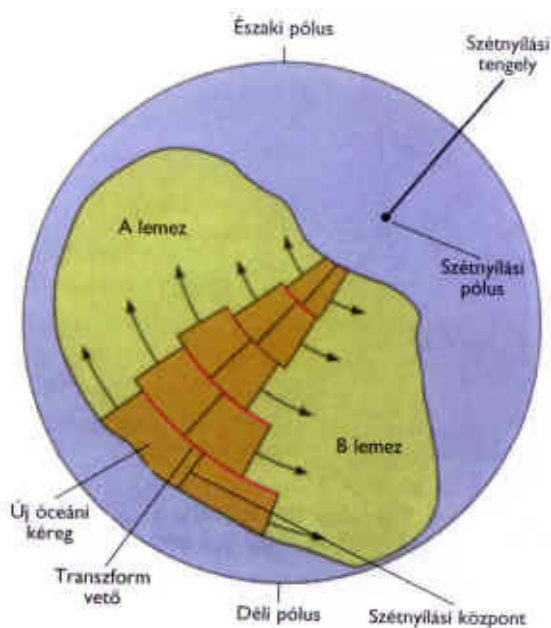
Transzform vetők és keletkezésük

Transzform vetők: a szétválási központra közel merőlegesen kialakult, a szétválás vonalát feldaraboló felületek

Létrejöttük oka: a gömbfelületre illeszkedő lemez különböző pontjai szétváláskor eltérő sebességgel mozognak.



A transzform vetők az óceáni hátsággal egyidejűleg képződnek. A transzform vető aktív szakasza két egymással ellentétes irányba mozgó lemezdarab között jön létre

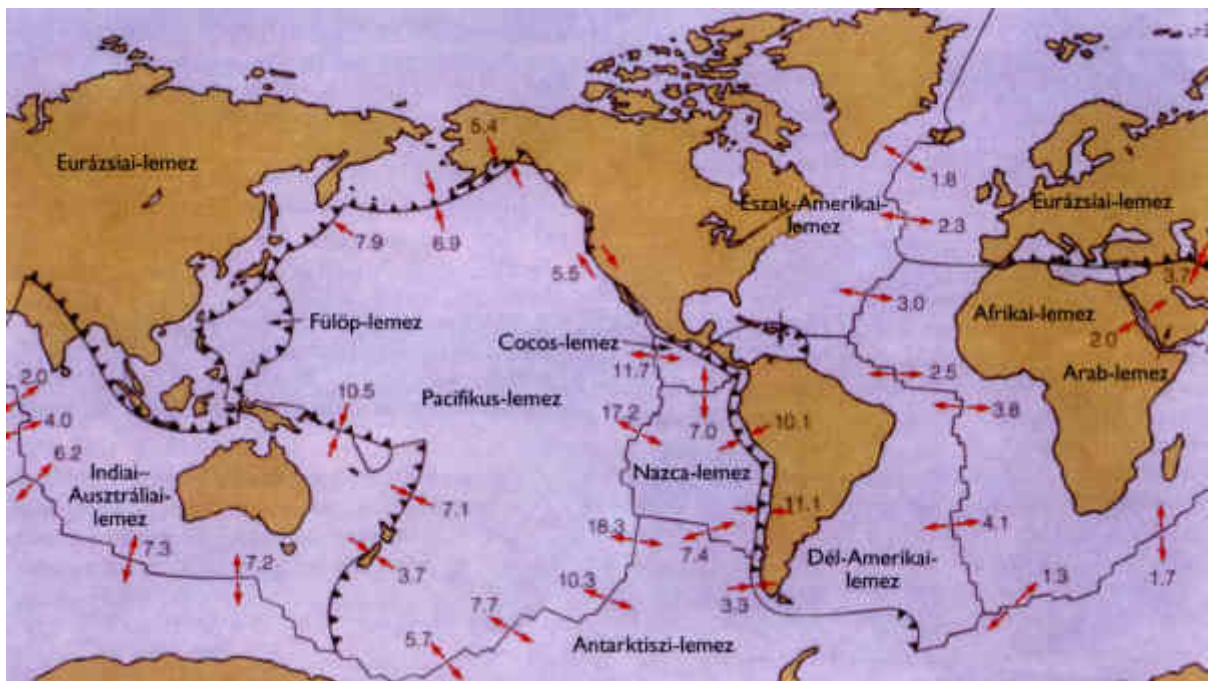


A szétválási központot transzform vetők feldarabolják, és részeit egymáshoz képest elmozdítják. A központ minden szakasza egy olyan hosszúsági kör mentén fekszik, amelyik átmegy a rotációs póluson. Minden transzform vető egy olyan szélességi körön van, amely a rotációs pólusára vonatkoztatott. Az új óceáni kéreg területe a rotációs pólustól távolodva növekszik

A szétsodródás relatív sebessége



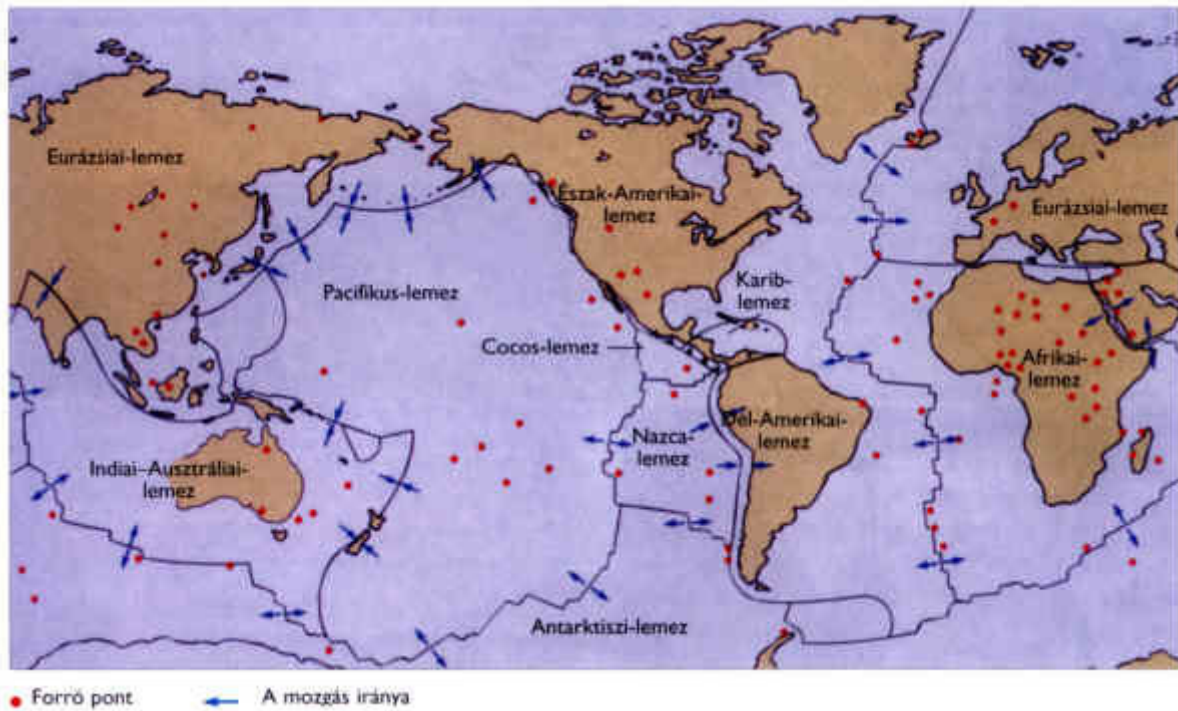
A mágneses pólusváltások alapján az óceánok aljzatának kora, és így a szétnyílás relatív sebessége kiszámolható. A legidősebb óceáni lemezrészek a kontinensek szegélyeinél, a legfiatalabbak a szétnyílás mentén találhatók



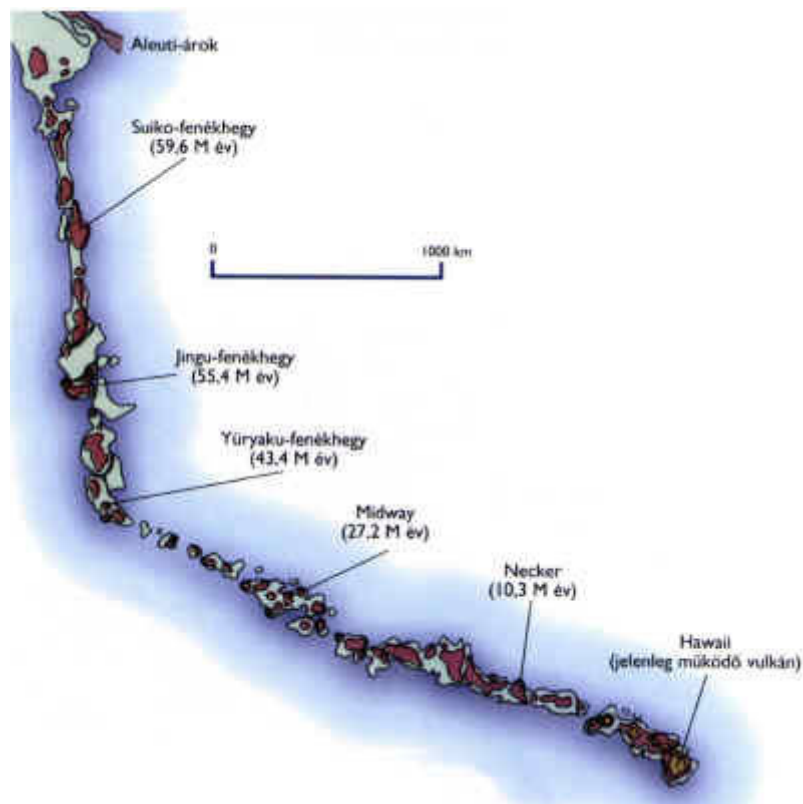
A jelentősebb lemezek mozgási sebessége. A mozgás irányát a piros nyilak jelzik. A konvergens lemezszegélyeknél a kis háromszögek csúcsai a szubdukció irányát mutatják

A forró pontok és a lemezmozgás abszolút sebessége

Forró pontok: a köpeny mélyebb részeiben lévő hőcentrumokból eredő anyagfeláramlások (hőfeláramlások) felszíni vetületei. Helyüket vulkanizmus jelöli.



Az ismert forró pontok eloszlása. A körülbelül 120 forró pont egyharmada napjainkban aktív. A nyilak a lemezmozgások irányát jelölik



A Hawaii-Emperor szigetlánc az óceáni lemez forró pont feletti elmozdulásával jött létre. A szigetlánc ivének lefutása mutatja a lemez mozgási irányát. A jelenleg aktív ponttól legtávolabbi vulkán kőzeteinek kora 60 millió év, a forró pont azóta aktív. A kor- és távolságadatok felhasználásával az óceáni lemez mozgási sebessége kiszámolható

Konvergens lemezszegélyek jellemzői

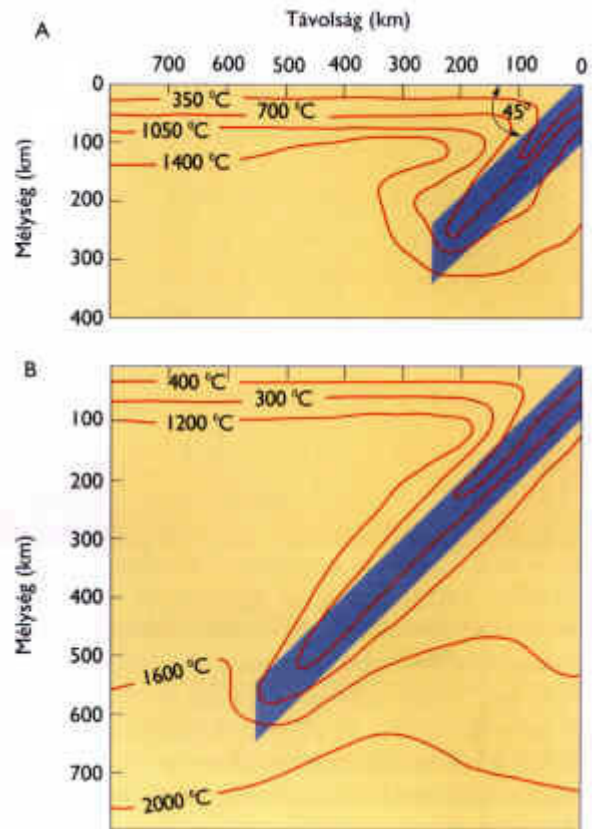
Konvergens lemezszegély: az egymás felé tartó lemezek határa. Egyik lemez a másik alá hajlik: szubdukció.

Kollízió: a szubdukció előrehaladtával kontinensek (szigetívek) érkezik egymáshoz.

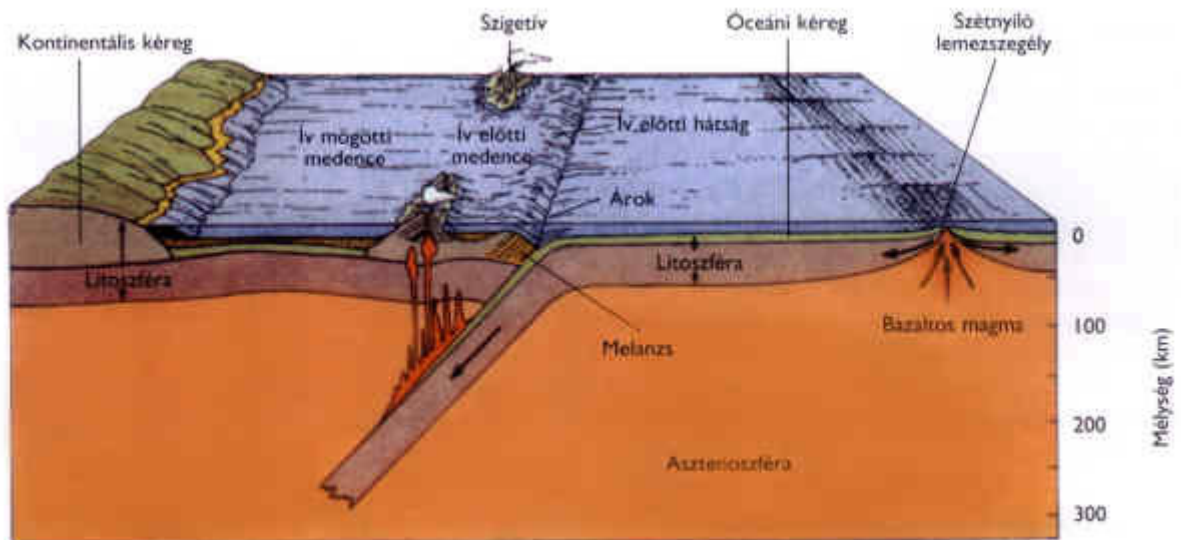
A szubdukciós zóna fizikai jellemzői

- Információforrás: földrengések és vulkanizmus
- A szubdukálódó lemez mindig óceáni kéreggel fedett.
- A lehajlás szöge 40° - 60° .
- A lehajló lemez kb. 600 km mélységig környezetét lehűti.

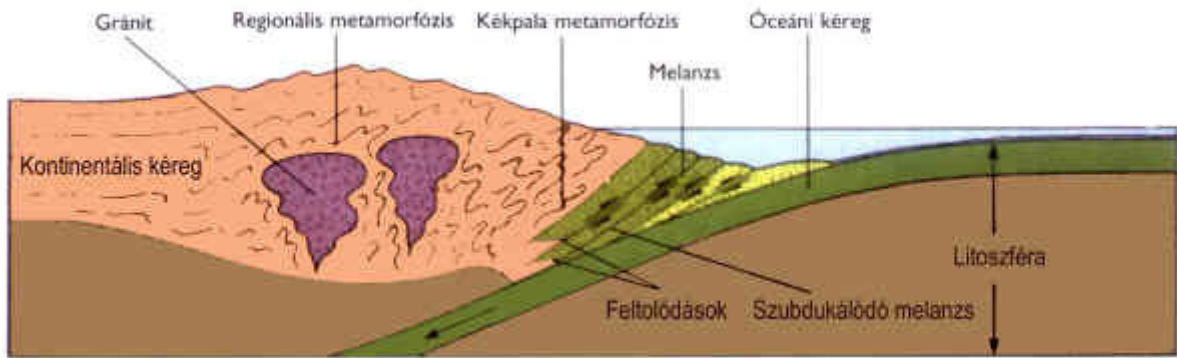
A hőmérséklet feltételezhető alakulása az alábukó litoszférolemezben és környezetében, a mélység függvényében, a szubdukció kezdetétől számított 5 (A), illetve 10 (B) millió év után.



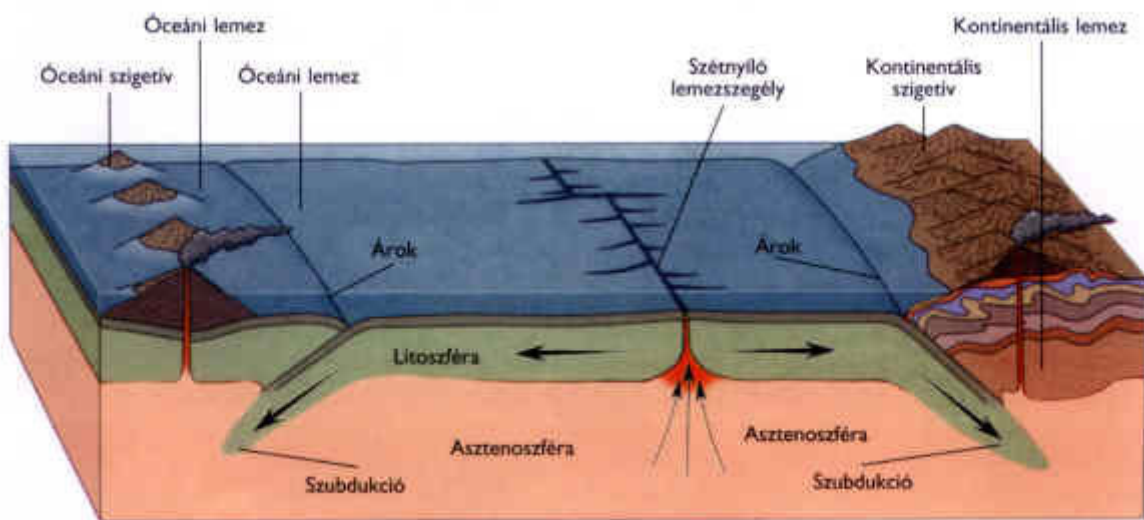
A konvergens lemezszegélyek morfológiai egységei



Konvergens óceáni lemezszegélyeknél kialakuló szerkezeti egységek



Melanzs jön létre, ha az alábukó lemez az alábukás helyén feltorlódtott üledékrétegeket összeűzza, elnyírja, és a másik lemezhez préseli. A környezetben a viszonylag alacsony hőmérséklet és a jelentős nyomás kékpala metamorfózist hoz létre



Ha a lehajló lemez kontinens alá bukik, kontinentális szigetív jön létre. Ha az alábukás másik óceáni lemez alá történik, óceáni szigetív alakul ki

Kollízió és hegységképződés

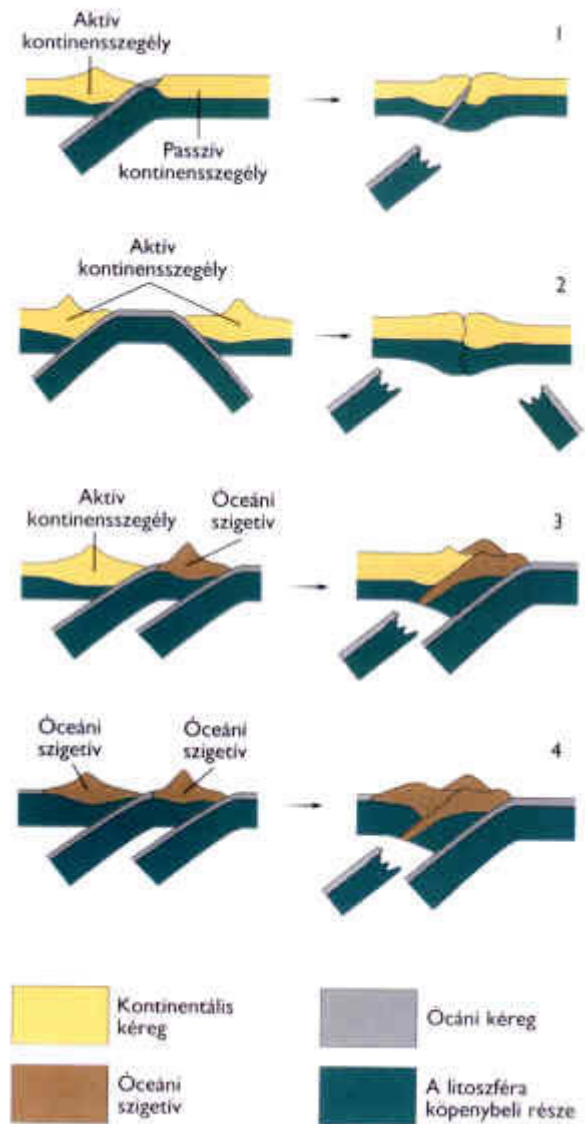
- A szubdukció az óceáni medence bezáródásával leáll.
- A kontinensszegélyek összeforrási vonala: szutúra
- Az ütközési zónában térrövidülés, gyűrődések, takarós áttolódások, metamorfózis, plutonizmus jön létre.
- Az ütközés aktív és passzív kontinensszegélyek, valamint szigetivek között is megvalósulhat.

Orogén területek jellemzői

Orogenézis: a hegyláncok kialakulásának folyamata

Orogén övek közei: vulkanitok, mélységi magmás kőzetek, metamorfitek, gránit, ofiolitok, mélytengeri üledékek, karbonátos üledékek, flis, molassz

A kollízió különböző típusai. 1: aktív kontinensszegély és passzív kontinensszegély között, 2: két aktív kontinensszegély között, 3: óceáni szigetív és aktív kontinensszegély között, 4: két óceáni szigetív között bekövetkező kollízió

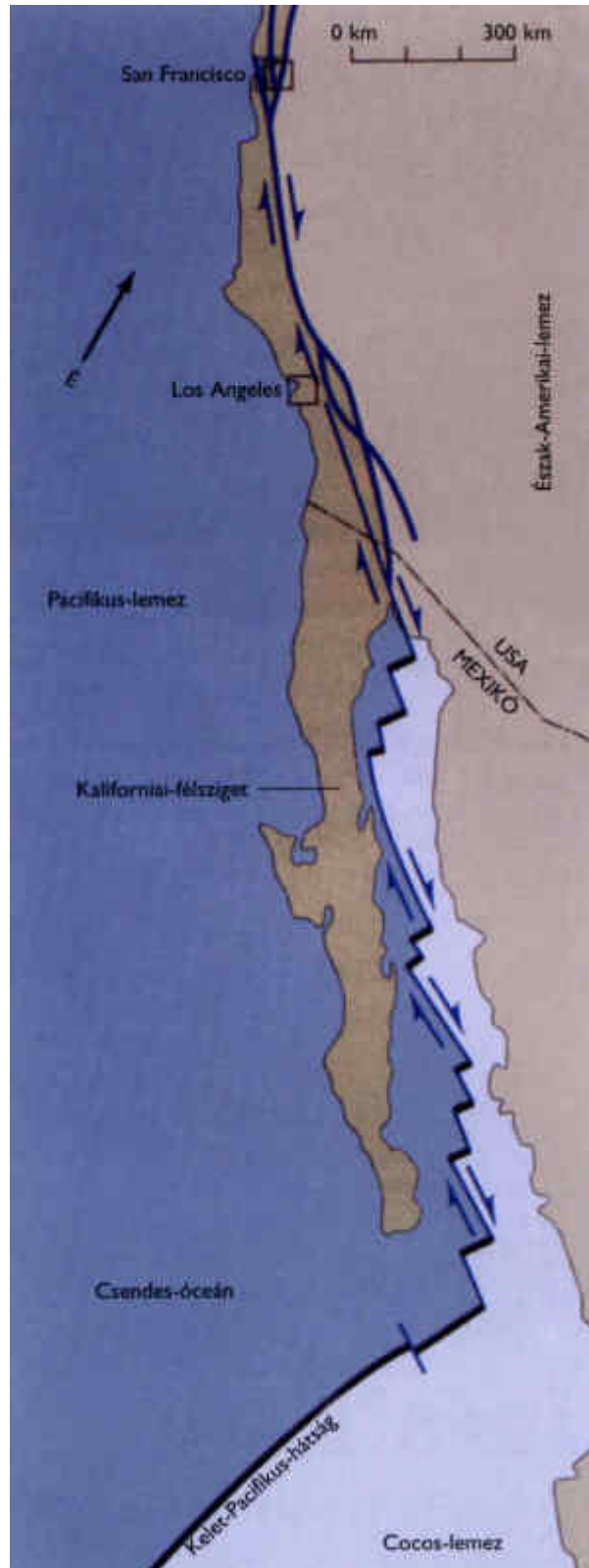


Gyűrt mezozóos karbonátos rétegek. Munteana, Al-Duna, Románia

Transzform vetős lemezszegélyek jellemzői

- Az elmozdulás függőleges sík mentén történik
- Jellemző a kőzetek erős breccsásodása
- Óceáni kérgen elnyúlt, szűk völgyeket hoznak létre
- Vulkanizmus nem jellemző
- Sekély fészktű, nagy magnitúdójú földrengések kísérik
- Legismertebb példája: Szent András vető

A Szent András vető a Kelet-Pacifikus hátság két szegmensét veti el, egyúttal lemezhatár a Pacifikus-lemez és az Észak-Amerikai-lemez között



Passzív és aktív kontinensszegélyek

Passzív kontinensszegély: ahol a kontinentális és óceáni kéreg határa nem lemezszegély

Jellemzői:

- Kezdetben riftesedés, szétnyílás, gyarapodó óceáni aljzattal
- Nagy vastagságú terrigén üledékek
- Elterjedtek a karbonátok, turbiditék
- Földrengés, vulkanizmus nem jellemző



Az Atlanti-óceán keleti és nyugati partjai lemezbelső területen lévő, passzív lemezszegélyek, általában enyhe morfológiai tagoltsággal. műholdfelvétel Portugália tengerparti területéről

- Aktív kontinensszegély:
 - Konvergens vagy transzform vetős lemezszegély lehet -> földrengések és vulkanizmus jellemző.
- Konvergens aktív kontinensszegély:
 - Intenzív deformáció, melanzs, regionális metamorfózis, kontinentális szigetív vulkanizmus jellemző (D-Amerika nyugati partjai).
- Transzform vetős aktív kontinensszegély:
 - Nincs jelentős deformáció, gyakoriak a dörzsbreccsák, vulkanizmus nem jellemző (Szent András vető).
- Akkréciós kontinensperem:
 - Különböző kéregdarabok nagy távolságról a szubdukciós környezethez szállítódnak, és a kontinensperemhez forrnak (É-Amerika nyugati partja).



Erősen tagolt, aktív kontinensszegély a Csendes-óceán keleti partvonalánál, ahol a Nazca-lemez szubdukálódik a Dél-Amerikai-lemez alá. A szubdukciót kísérő andezites sztratovulkanizmust a kép jobb oldalán látható kúpos formák jelzik

Észak-Amerika nyugati szegélyén olyan kéregtöredékek találhatók, amelyeket a szubdukáló lemezek nagy távolságokról szállítottak oda (zölddel jelzett területek)



A litoszférelmezek mozgásának okai

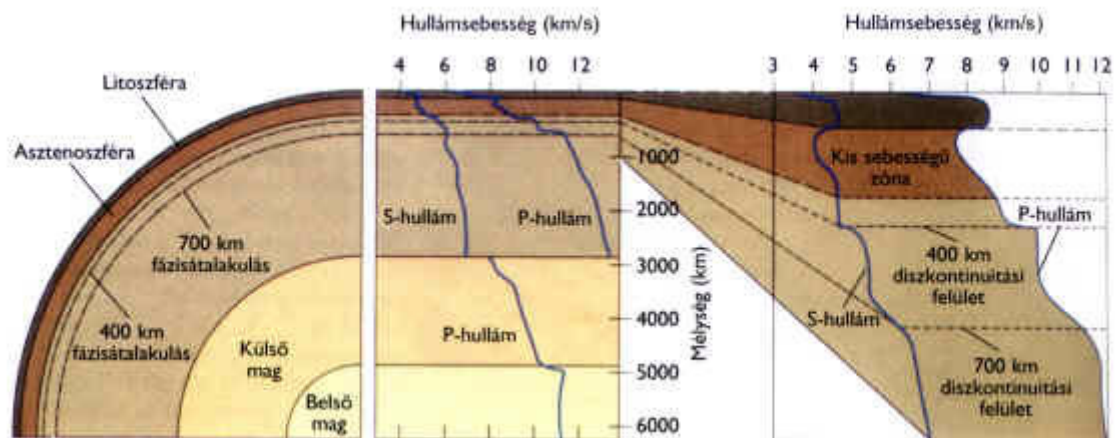
Konvekciós áramlások a köpenyben

A köpeny összetétele

Kőzettanilag peridotit (uralkodóan olivinből áll).

A mélységgel (növekvő nyomással) kristályszerkezeti átalakulások (fázisátalakulások) jönnek létre:

- 400 km mélységben olivin -> spinell,
- 700 km mélységben spinell -> perovszkit



A földrengéshullámok terjedési sebessége a mélység függvényében. A kéreg-köpeny határon az anyagi összetétel változása miatt ugrásszerű növekedés tapasztalható, az asztenoszférában alacsony hullámsebesség jellemző. 400 és 700 km mélységben a jelentősebb növekedések fázisátalakulásokhoz köthetők

A konvekciós áramlások oka

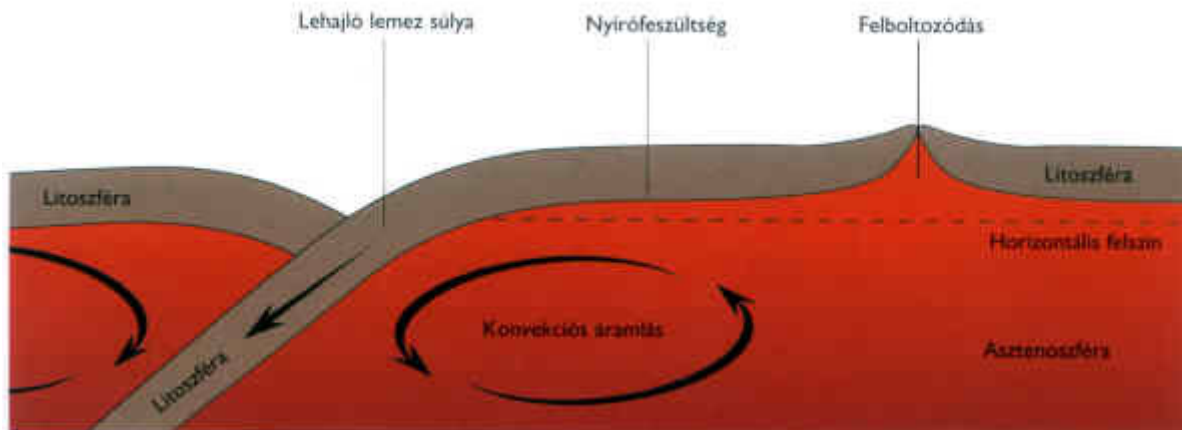
A konvekciós áramokat (hőfeláramlások) a köpenyben lévő hőcentrumok működtetik.

A belső hő eredete: radioaktív bomlás, fázisátalakulás, földi maradványhő.

A konvekciós áramlások mélysége

- A földrengések hipocentrumai alapján 700 km
- Újabb szeizmikus tomográfiai eredmények alapján valószínűleg a teljes köpenyt áthatják

A lemezmozgásokat előidéző erők eredete



A litoszférelamezek mozgásában valószínűsíthetően szerepet játszó hatások. A: a konvekciós áramlásból eredő nyirőfeszültség, B: a feláramlásnál létrejött felbontozódás miatti topográfiai különbség, C: a szubdukálódó lemez súlya

A lemeztectonikai mozgások kialakulásának okai még nem tisztázottak (a többi Föld-típusú bolygón nincs lemeztectonikai mozgás).

A litoszférolemezek anyagforgalma

Óceáni litoszféra:

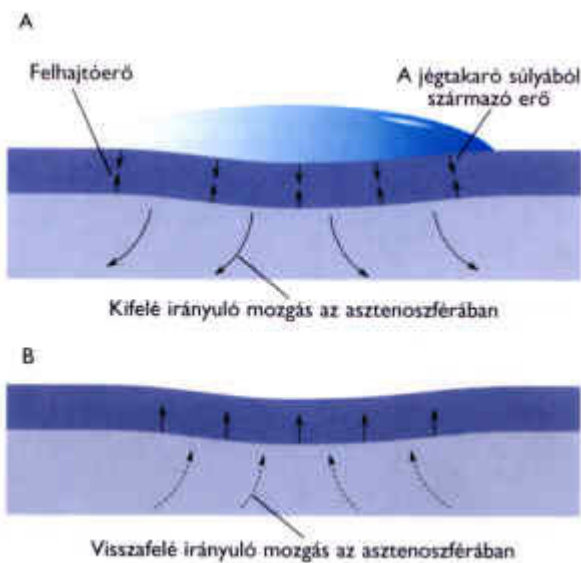
- Az asztenoszféra keveredve megsemmisül, annak anyagából keletkezik.
- Az óceáni litoszféra anyaga folyamatosan megújul.
- A legidősebb óceáni aljzat 180 millió éves.

Kontinentális litoszféra:

- Az anyagkicserélődés csak részleges (vulkanizmus, üledékképződés).
- A legidősebb kontinentális kőzet 4 milliárd éves
- A kontinensek a Föld korai differenciációjával keletkezett ősi kéreg darabjai

A litoszféra izosztikus mozgásai

- Izosztázia: a litoszféra-asztenoszféra egyensúly megbomlásának kiegyenlítése lassú, süllyedő vagy emelkedő mozgással (epirogenetikus mozgások).
- Az egyensúly megbomlás oka: hegységképződés, vastag jégtakaró kialakulása, riftesedés.
- Hegységképződés -> kontinentális kéreg kivastagszik -> emelkedik -> pusztul -> izosztikus egyensúly helyreáll



A Himalája felgyűrődése izosztikus emelkedést von maga után, ami viszont erős lepusztulást eredményez. Thuring La-hágó, Nepál

A litoszféra izosztikus süllyedése a jégkorszaki vastag jégtakaró miatt. Az asztenoszféra anyaga kifelé mozog, hogy helyet adjon a süllyedő litoszférának (A). A jégtakaró elolvadása után a felhajtóerő helyreállítja az eredeti litoszféraszintet (B)