

A GEOID IDŐBELI VÁLTOZÁSA A TENGERSZINT-VÁLTOZÁSOK ALAPJÁN

DR. VÖLGYESI LAJOS
egyetemi docens
BME Felsőgeodézia tanszék

Napjainkban várhatóan megnő a jelentősége a földi nehézségi erőtér, illetve a geoid nem árapály jellegű időbeli változásaival kapcsolatos kutatásoknak. Rámutatunk, hogy az időbeli változásokra olyan geofizikai, földtani bizonyítékok találhatók, amelyek az időben visszafelé haladva az eddigi elképzeléseinket felülmúló pontosságú és részletességű geoid-rekonstrukciót képesek szolgáltatni. A tanulmányban ismertetjük a geoid-alak időbeli változása szempontjából lényeges eusztatikus vizsgálati módszer lényegét, a transzgressziós és a regressziós rétegsorok főbb ismertető jegyeit, a globális tengerszint-változások lehetséges okait, és ezek jelentőségét.

BEVEZETÉS

Az elkövetkező időkben a gravimetriai mérések pontosságának növekedésével várhatóan felértékelődik a geoid, illetve a földi nehézségi erőtér nem árapály jellegű szekuláris és paleoszekuláris változásaival kapcsolatos vizsgálatok és kutatások jelentősége. A földtudományokon belül a szeizmikus sztratigráfia egyre pontosabb eredményei (*HAQ, HARDENBOL, VAIL* 1987) felcsillantották a lehetőséget a geoid, illetve a nehézségi erőtér szekuláris, vagy a földtörténeti korokra kiterjedő ún. paleoszekuláris változásainak meghatározására a világtengerek eusztatikus változásainak vizsgálatán keresztül. (Az *eusztatikus tengerszint-változás*, röviden az *eusztázia* fogalma alatt a világóceánok felszínének regionális illetve globális állapotváltozásait értjük.)

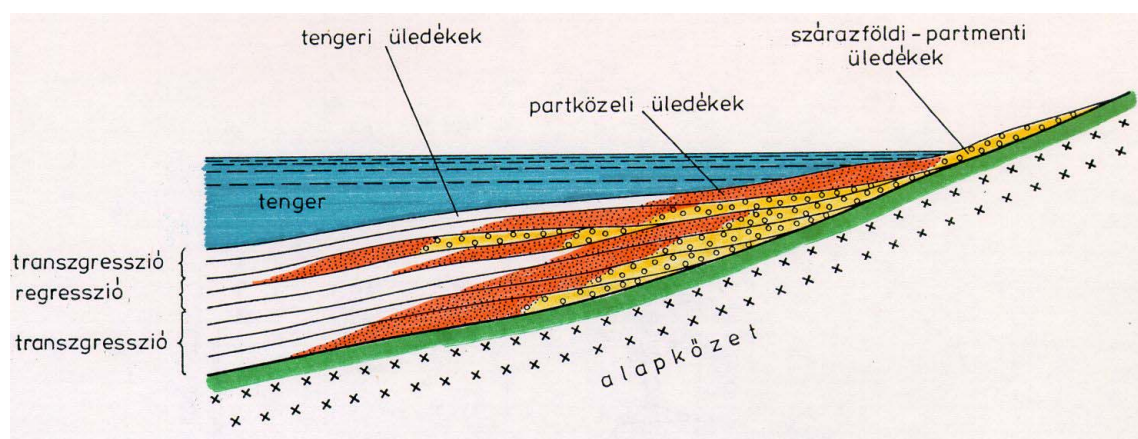
Az eusztatikus tengerszint-változások legfőbb okozója a földi klíma geológiai idők során bekövetkező megváltozása (*HORVÁTH* 1988), emellett azonban tektonikai okok és a nehézségi erőtér megváltozása, vagyis a geoid-alak módosulása is szerepet játszik a tengerszint-ingadozásokban (*MÖRNER* 1980, 1984).

A geodézia egyik fontos megválaszolandó kérdése, hogy hogyan változik a geoid-alak, illetve a földi nehézségi erőtér. Változáson most a nem árapály jellegű szekuláris és a földtörténeti korokra kiterjedő paleoszekuláris változásokat értjük. Maga a változás ténye nyilvánvaló, hiszen egyrészt változik a Föld forgási szögsebessége, másrészt – pl. a lemeztektonikai mozgásoknak megfelelően – jelentős

tömegátrendeződések is történnek a Föld belsejében. Kérdéses viszont a változás mértéke és sebessége.

GLOBALIS TENGERSZINT-VÁLTOZÁSOK

Az egykori tengerszint-változások dokumentumait a tengeri üledékes rétegek rögzítik. A Földön bizonyos helyszíneken megfigyelhető, hogy a geológiai rétegsorok ugyanazon helyen váltakozó sorrendben tartalmazzák a tengeri (sósvízi) és a szárazföldi (édesvízi) élőlények maradványait. Ilyen rétegsorok csak úgy keletkezhetnek, hogy a tengerek szintje az időben jelentősen változik, időnként hatalmas területek kerülnek víz alá, majd válnak ismét szárazulattá.



1. ábra. Transzgressziós – regressziós rétegsorok keletkezése

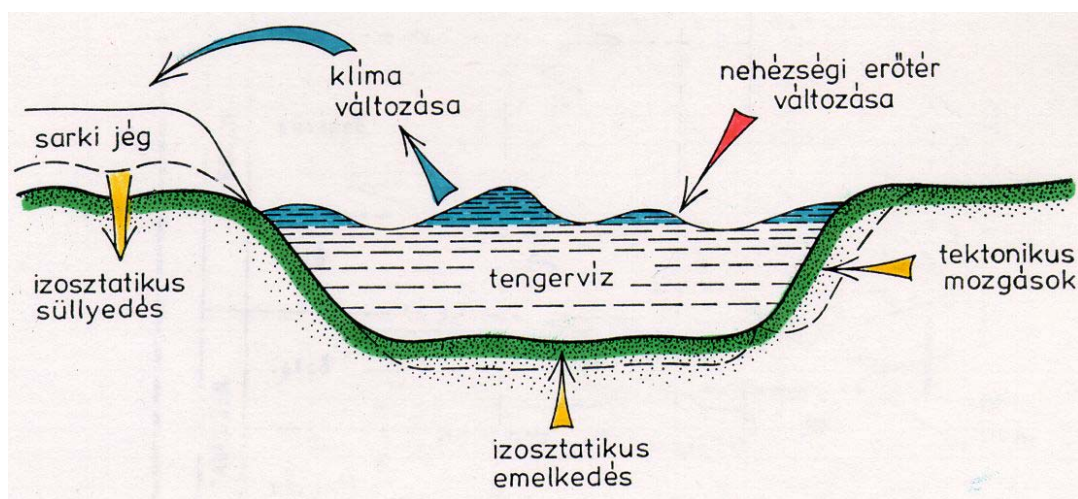
Valamely kéregrész lassú süllyedésének vagy emelkedésének a legjobb mércéje a tengerszint változása. Süllyedéskor a tenger fokozatosan előnti a szárazföldet – ez a *transzgresszió*, míg kiemelkedéskor visszahúzódik róla – ez a *regresszió*. A megfigyelések szerint a tenger előnyomulások (transzgressziók) és visszahúzódások (regressziók) részben lokális jelenségek, részben pedig az egész Földre kiterjedő hatalmas méretű, egyidejű változások. Az *1. ábrán* olyan elvi transzgressziós-regressziós rétegsort mutatunk be, amely tengerszint emelkedés – esés – emelkedés ciklus során képződik. Az üledékképződés a hely függvénye, mivel más típusú üledékek képződnek a tengerszint alatt vízzel fedett területeken, mások a partközelen és megint más típusúak a szárazföldi partmenti területeken. A tengerszint-változás időbeli lefolyását végiggondolva az *1. ábrán* látható, hogy a tengerszint emelkedése során a transzgressziós fázisban, a mélyebb-tengeri – partközeli – szárazföldi-partmenti üledékek sora az egymásra település során egyre inkább a szárazföld felé tolódik. A

regressziós fázisban a tengerszint süllyedésével az üledékképződés helye is megváltozik és visszafelé, a tenger irányába tolódik el, majd újabb emelkedéssel ismét a szárazföld felé helyeződnek az egymásra települő üledékrétegek.

A tengerszint-változások kimutatása tehát a transzgressziós és a regressziós rétegsorok felderítésén és vizsgálatán alapul. A transzgressziós és regressziós rétegsorok jelenlétéből azonban még nem következik az, hogy egy kontinentális perem valamely részén kimutatott tengerszint-változás eusztatikus jelenség lenne, hiszen bizonyítani kell azt, hogy az észlelt változás regionális, vagy globális jellegű. Ehhez nagy mennyiségű mérési anyagra és pontos kormeghatározásokra van szükség.

A vizsgálati módszerek pontosságának jelentős növekedésében az utóbbi időkben áttörést hozott a szeizmikus sztratigráfia alkalmazása (MESKÓ 1989). Ennek az a lényege, hogy néhány kutatófúrás alapján szeizmikus módszerek alkalmazásával meghatározzák a rétegsorok pontos helyzetét és kőzetanyagát, majd radioaktív kormeghatározással az egyes rétegek korát. Az utóbbi néhány ezer éves korok meghatározására legpontosabb a *C14* (radiokarbon) módszer; a régebbi korok meghatározására pedig más, hosszabb felezésiidejű radioaktív anyagokat használnak.

Valamely tetszőleges tengerparti pontban a parthoz viszonyított relatív tengerszint-változás a 2. ábrán szemléltetett módon, a tengerfelszín és a tengerpart igen bonyolult relatív elmozdulásaként értelmezhető. Egyrészt megváltozhat a kérdéses szárazföldi pont abszolút magassága pl. a helyi üledékes kőzetek tömörödése (kőzetkompakció) következtében, vagy pl. a helyi (vagy a globális) vertikális kéregmozgás miatt; de ugyanakkor megváltozhat a tengerszint abszolút magassága is helyi meteorológiai, hidrológiai, vagy oceanográfiai okok következtében. Mindezek mellett, megváltozhat a tengerfelszín magassága eusztatikus okok miatt is.

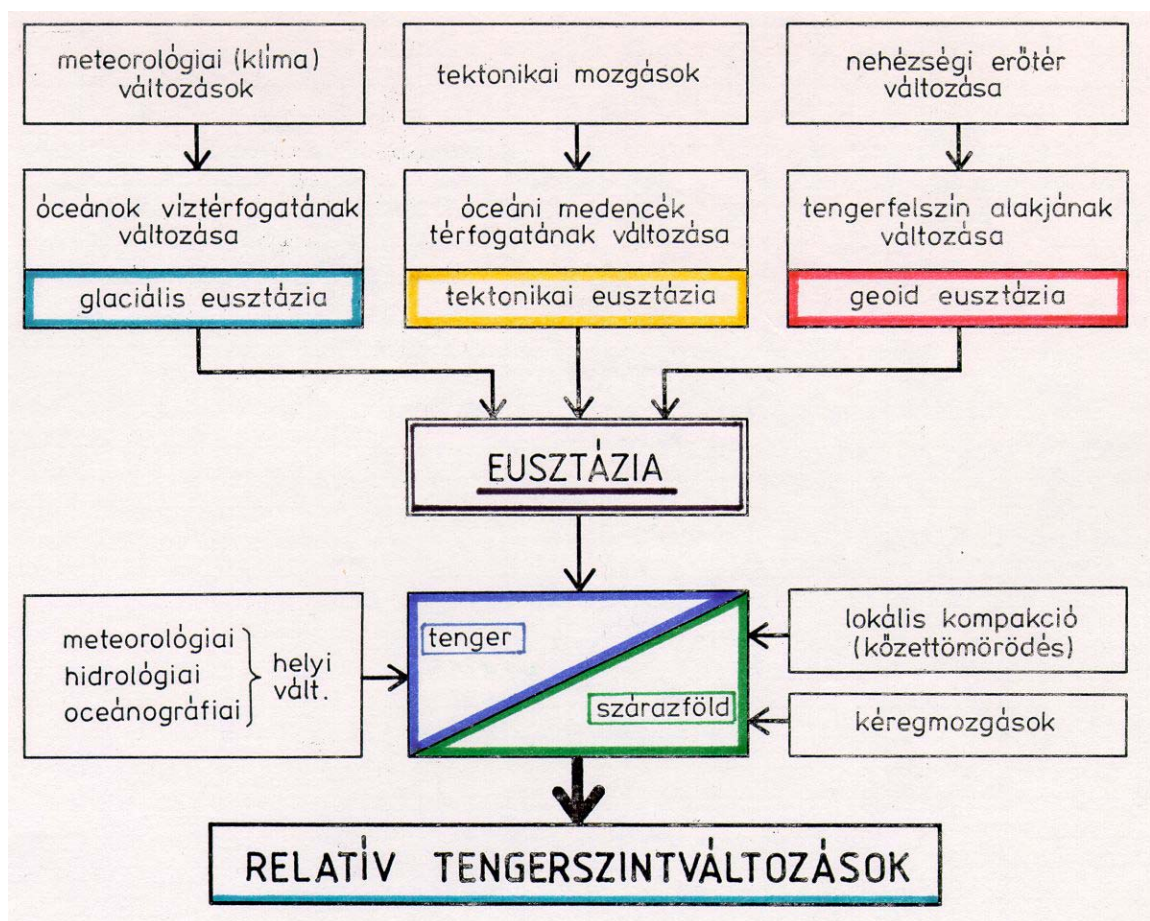


2. ábra. Az eusztázia és a relatív tengerszint-változások összetevői

Az eusztatikus változások kiterjedésüket tekintve lokálisak, regionálisak és globálisak lehetnek. Az egész Földre kiterjedő vagyis globális tengerszint-változások egyidejűleg következnek be.

A globális tengerszint-változások lehetséges okait a 3. ábrán látható modellen szemléltetjük összefoglalva. A relatív tengerszint-változások modelljében a világtengereket egységesen olyan rugalmas falú, nyitott edényben elhelyezkedő folyadéknak tekinthetjük, amelynek a felszíne jó közelítéssel szabad folyadékfelszín. (A szabad folyadékfelszín a nehézségi erőter potenciáljának szintfelülete.)

Az eusztatikus tengerszint-változásoknak három különböző összetevője lehetséges: a glaciális-, a tektonikai- és a geoid-euszta.



3. ábra. A világtengerek felszín-változásának modellje

A *glaciális euszta* oka a Föld klímájának markáns megváltozása, aminek következtében a Földön a tengervíz, és a sarki területeken felhalmozódott jég aránya lényegesen megváltozhat. Hideg klímaviszonyok, jégkorszakok esetén a sarki jég mennyisége növekedik meg a tengervíz rovására; meleg klímaviszonyok mellett viszont

a sarki jégsapkák elolvadásával a tengervíz mennyisége növekedik meg számottevően. Ezek a hatások a rugalmas falú edény esetében úgy szemléltethetők, hogy az edényből víz kivétellel vagy víz hozzátöltéssel változtatjuk meg a vízszint magasságát. Egyes számítások szerint a mai jégsapkák elolvadása legalább 40-50 méterrel megemelné a világtengerek szintjét. A jégkorszakok és az ezeket követő meleg időszakok váltakozása magyarázza pl. az eocén-oligocén határán vagy pl. a miocén végén tapasztalt tengerszint-süllyedéseket és emelkedéseket (HORVÁTH 1988).

A *tektonikai eusztázia* oka a tektonikai folyamatokban, a Föld hatalmas tektonikai mozgásaiban rejlik. A Föld tektonikai fejlődése során megváltozhat az óceáni medencék térfogata és alakja, de ugyanez történik a jégképződés során is, mivel az izosztikus egyensúlyi állapot elérésére irányuló mozgás is megváltoztatja az óceáni medencék térfogatát. Egyszerű modell esetében a tektonikai eusztázia úgy szemléltethető, hogy az "edény" falának deformációja okozza a tengerszint-változásokat. Ez a hatás a legmarkánsabban a júra és a kréta időszak során jelentkezik. A júra elején kezdődött meg a korábban meglévő egyetlen szuperkontinens a *Pangea* feldarabolódása. Ez a kontinensperemek hosszának gyors növekedésével, valamint az óceáni hátságok kialakulásával járt. Mindkét hatás csökkentette az óceánok térfogatát és ezáltal a júra kezdetétől a kréta végéig tartó fokozatos tengerszint-emelkedést hozott létre. Mivel a világtengerek egyetlen hatalmas "edényt" alkotnak, így a regionális tektonikai hatások globális változásokat eredményeznek.

A *geoid-eusztázia* oka a földi nehézségi erőter időbeli változása. Mivel a geoid az árapályhatástól megfosztott nehézségi erőter potenciáljának egy bizonyos szintfelülete (a tengerek és az óceánok területén jó közelítéssel a közepes vízfelszín alakja), ezért a nehézségi erőter bármilyen megváltozása a geoid megváltozását, vagyis a tengerfelszín kisebb-nagyobb mértékű torzulását, változását eredményezik. A geoid-eusztáziának megfelelő tengerszint-változások a Föld különböző helyszínein különböző nagyságúak, sőt nem is egyforma előjelűek.

A glaciális-, a tektonikai- és a geoid-eusztázia természetesen együtt nyilvánul meg, a megfigyelt tengerszint-változások ezen hatások szuperpozíciójának eredményei. Most geodéziai szempontból minket csupán a geoid-eusztázia érdekel, tehát alapvető célunk a különböző hatások szétválasztása, a nehézségi erőter időbeli változása és a tengerszint-mozgások kapcsolatának megismerése.

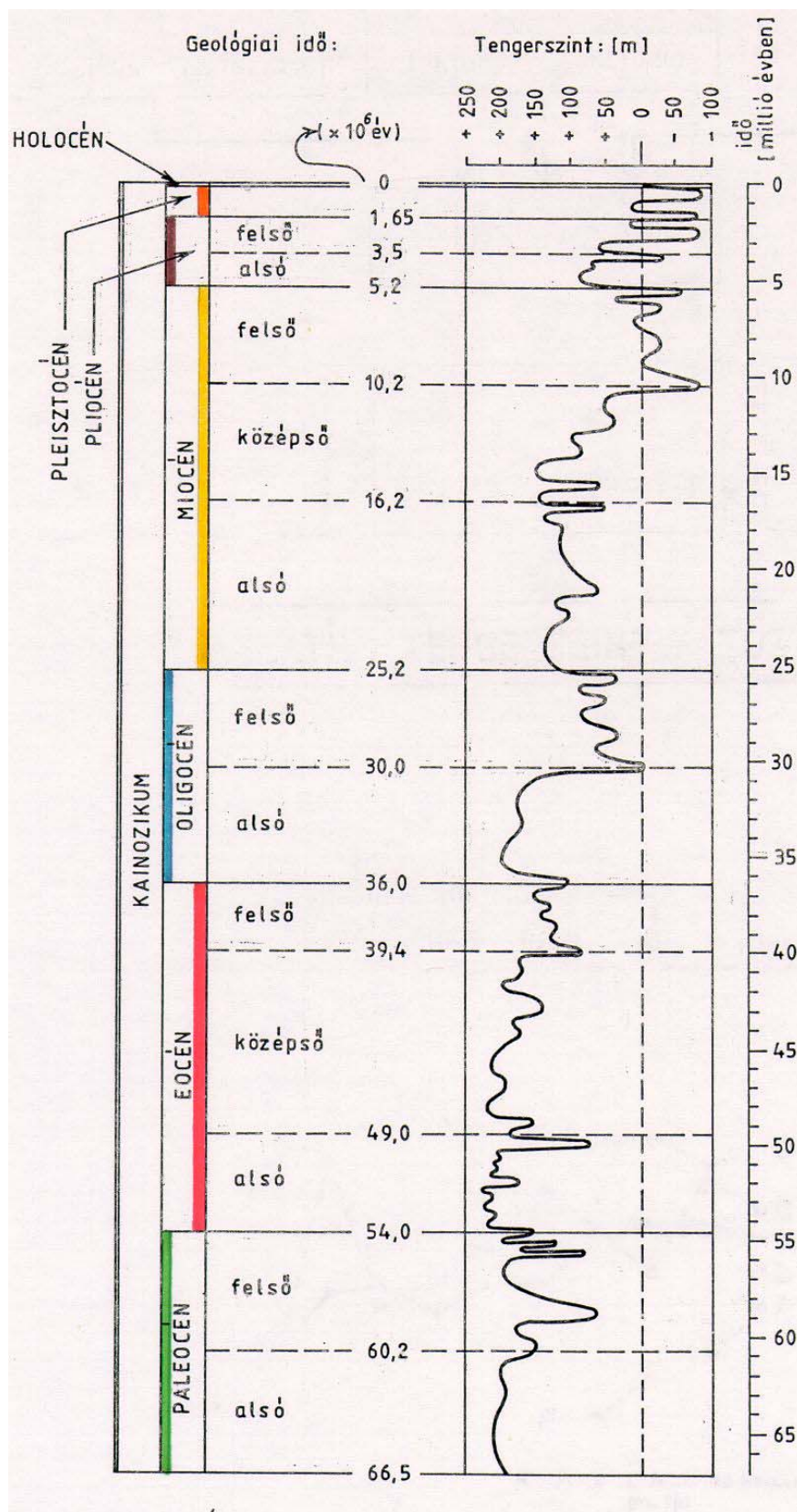
Sajnos a különböző hatások egyetlen helyen elvégzett vizsgálatok alapján elvileg sem választhatók külön (BIRÓ 1983, 1986), viszont az egész Földön elvégzett vizsgálati eredményeket figyelembe véve és ezeket megfelelőképpen csoportosítva hozzájuthatunk a kívánt információhoz.

A VAIL-GÖRBÉK

Az eusztatikus jelenségek vizsgálatához legfontosabb adatforrás az egyik amerikai kőolajkutató vállalat földtani kutatásainak eredménye. A földtani vizsgálatok során tengeri szeizmikus szelvényeket készítettek, amelyek értelmezése során figyelembe vették a fúrási anyag feldolgozásakor meghatározott koradatokat is. Üzleti okok miatt azonban a kutatóknak nem volt engedélyük a következtetéseiket alátámasztó szeizmikus anyag publikálására, mindössze az ezek alapján meghatározott globális tengerszint-változási görbét, az ún. *Vail-görbét* közölték, amelyek emiatt korábban heves szakmai viták keresztjébe kerültek.

A triásztól a jelenig terjedő időszakra vonatkozó újabb tengerszint-változási görbét 1987-ben publikálták (*HAQ, HARDENBOL, VAIL* 1987), és a világ különböző részein lévő olyan feltárásokat használták fel hitelesítésre, melyek mindenki számára hozzáférhetők. Ezek a globális eusztatikus tengerszint-változási görbék napjainkban már többé-kevésbé elfogadott adatrendszer alkotnak, és rendelkezésre állnak egészen a felső perm korig visszamenően; – tehát a teljes mezozoikumra és a kainozoikumra. A görbék szerkesztéséhez a világ valamennyi óceáni partvidékén végzett mérések adataiból képzett átlagértékeket vették figyelembe. A bemutatott eusztatikus változások megbízhatósága meglepően jó, a hiba mindössze néhány méter nagyságrendű. A 4. ábrán példaként a kainozoikumra vonatkozó görbét mutatjuk be. Az ábráról látható, hogy a jelenlegi tengerszint az átlagosnál lényegesen alacsonyabb. A mai tengerszinthez viszonyítva az eddigi maximális tengerszint csaknem 250 méterrel magasabban, míg a minimális mintegy 100 méterrel alacsonyabban volt. Az összegyűjtött földtani bizonyítékok azt mutatják, hogy a világtengerek felszíne hosszabb ideig egy bizonyos magasságban van, és a változások (a tengerszint-emelkedések és süllyedések) ehhez mérten gyorsan zajlanak le.

A rendelkezésre álló adatokból kitűnik, hogy a Vail-görbék szerkesztéséhez felhasznált tengerszint magassági adatok meglehetősen kis szórást mutatnak. Mivel a Vail-görbékről egy bizonyos időpontra leolvasható érték (az átlagos tengerszint magassága) és ugyanezen időpontban a Föld különböző helyeiről származó tengerszint magasságok legfeljebb 10 méteres nagyságrendben térnek el egymástól, ezért feltételezhető, hogy az eusztatikus változások két fő oka a glaciális és a tektonikai eusztázia, míg a geoid-eusztázia ezekhez viszonyítva kevésbé markáns összetevő. Ez azért valószínű, mert a klimatikus okokból bekövetkező víztérfogat változás és az óceánok térfogatának tektonikai eredetű változása a világtengerek felszínének egyidejű mozgását okozza, ugyanakkor a nehézségi erőter változása a tengerfelszín helyi változásait eredményezi, hiszen a nehézségi erőter változása alapvetően a Föld tömegeinek átrendeződéséből származik.



4. ábra. Euszatikus tengerszint-változási görbe a kainozoikumban VAIL és munkatársai nyomán

GEOID-EUSZTÁZIA

Az alábbiakban csupán az utóbbi néhány ezer év eseményeivel foglalkozunk, ehhez (NEWMAN, CINQUEMANI, PARDI, MARCUS 1980; SUGUIO, MARTIN, FLEXOR 1980; BLOOM 1980; NEWMAN, MARCUS, PARDI, PACCIONE, TOMECEK 1980) tengerszint-változási adatait használtuk fel. Ezen adatok döntő többsége az utóbbi 10-12 ezer évre vonatkozik, és megbízhatóságuk igen jónak mondható, hiszen a meghatározott tengerszint-magasságok középhibái csupán néhány *dm*, esetleg ritkán *m* értékűek. A kormeghatározások minden esetben *C14* (radiokarbon) módszerrel történtek, ezek középhibái 100 év körüli értékek.

A geoid-változások vizsgálatához felhasznált tengerszint-változási adatok az *I. táblázatban* négy különböző helyszínre, 500 éves időintervallumokban vannak csoportosítva. A helyszínek: Észak-Amerika keleti partvidéke, a Földközi-tenger és az Atlanti-óceán nyugat-európai partvidéke, Dél-Amerika egyenlítői vidéke és végül az Indiai-óceán partvidéke. A táblázatban a különböző helyszínek első oszlopában a mai tengerszinthez viszonyított tengerszint-magasságok átlagértékei láthatók [*m*]-ben, a következő oszlopban ezek középhibája, majd az átlagértékek számításához felhasznált adatok száma szerepel.

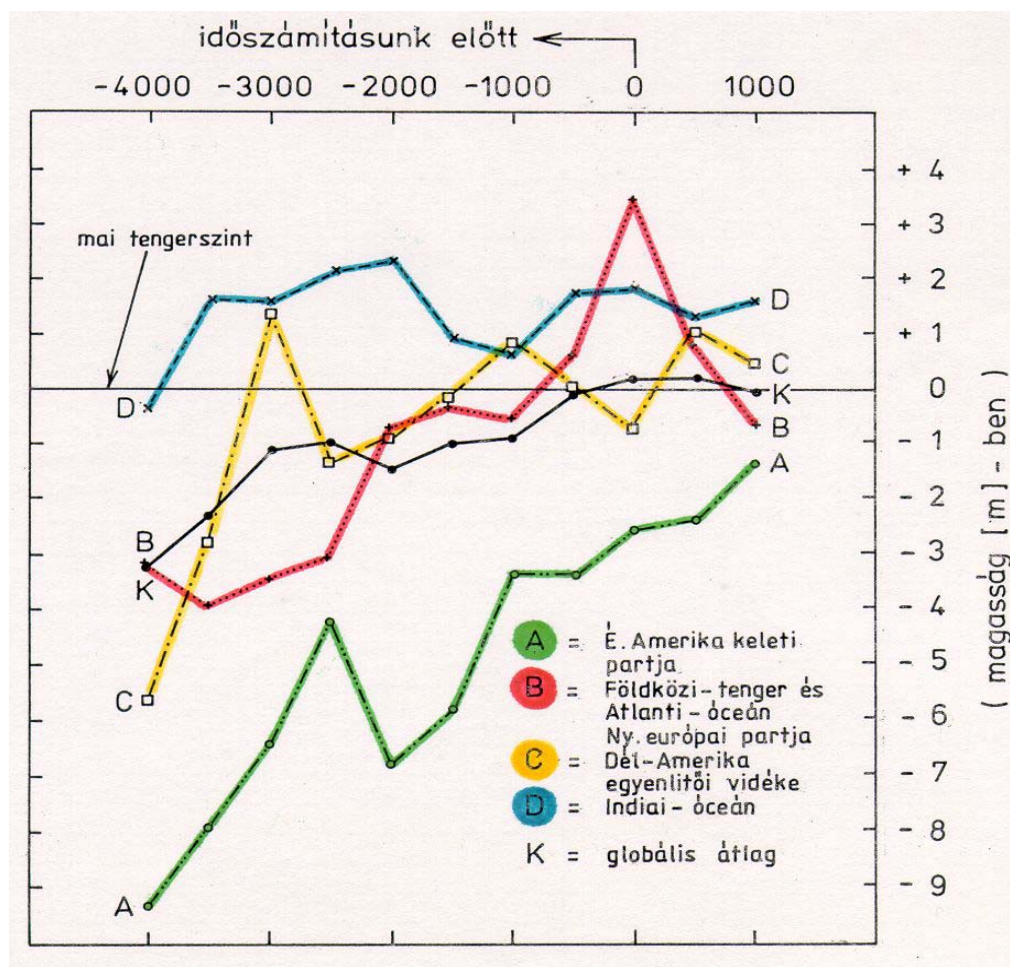
I. táblázat

időtartam években (a jelentől visszafelé)	É.Amerika K.-i partja			Atlanti-óceán NY.Európai partja			Indiai-óceán partvidéke			D.Amerika egyenlítői vidéke		
	átlag	hiba	szám	átlag	hiba	szám	átlag	hiba	szám	átlag	hiba	szám
750-1250	-1.4	±0.2	18	-0.7	±0.4	5	+1.6	±0.7	13	+0.4	±0.9	6
1250-1750	-2.4	±0.5	11	+0.8	±0.8	7	+1.3	±0.7	16	+1.0	±0.5	10
1750-2250	-2.6	±0.4	19	+3.4	±1.0	10	+1.8	±0.4	21	-0.8	±0.4	10
2250-2750	-3.4	±0.4	11	+0.6	±1.1	11	+1.7	±0.7	16	0.0	±0.4	20
2750-3250	-3.4	±0.6	21	-0.6	±0.4	12	+0.6	±0.8	12	+0.8	±0.7	15
3250-3750	-5.8	±0.6	17	-0.3	±0.6	17	+0.9	±0.9	23	-0.2	±0.8	18
3750-4250	-6.8	±0.7	20	-0.8	±0.6	17	+2.3	±0.9	23	-0.9	±0.6	10
4250-4750	-4.2	±2.2	8	-3.1	±0.9	4	+2.1	±0.6	13	-1.4	±2.5	6
4750-5250	-6.4	±0.9	7	-3.5	±0.5	14	+1.5	±0.8	21	+1.4	±1.8	5
5250-5750	-7.9	±2.4	7	-4.0	±0.8	10	+1.6	±0.9	15	-2.8	±1.9	3
5750-6250	-9.3	±2.1	4	-3.2	±1.5	10	-0.4	±1.3	13	-5.6	±1.4	6

Az *5. ábrán* összefoglalva láthatjuk az *I. táblázatban* feltüntetett adatokat. A vízszintes tengelyen az idő látható, amely napjainktól időszámításunk előtt 4000-ig terjed, a függőleges tengelyen pedig a tengerszint-magasságok vannak feltüntetve a jelenlegi tengerszinthez viszonyítva.

Az ábrán folytonos vonal szemlélteti az egész Földre vonatkozó átlagos tengerszint-változási görbét a vonatkozó időszakra. Látható, hogy az utóbbi 6000 évben átlagosan mintegy három méterrel megemelkedett a világtengerek szintje, tehát globális transzgresszió volt. Ez az euszatikus változás feltehetően elsősorban a globális felmelegedés, a sarki jégsapkák olvadásának következménye, de esetleg globális tektonikai változások, az óceáni medencék térfogatának csökkenése is szerepet játszhatott benne.

Az 5. ábráról további érdekes információk olvashatók ki az A, B, C és a D jelű görbék menetéből. Mivel ezek az egyes görbék nem is egyetlen tengerparti helyszínre és nem is a teljes Földre, hanem egyes nagyobb területekre vonatkozó átlagértékek, ezért feltételezhetően a geoid-eusztaázia jelzői. Mivel a nagyobb területekre vonatkozó átlagértékek képzésekor a lokális hatások (helyi felszínmozgások, kőzetkompakció, helyi meteorológiai, hidrológiai, oceanográfiai hatások, stb.) kiesnek, ezért elképzelhető, hogy az A, B, C és a D görbék a nehézségi erőter, illetve a geoid időbeli változásait tükrözik a kérdéses területekre vonatkozóan.



5. ábra. A geoid változását mutató tengerszint-változási görbék

Az *A* jelű görbe Észak-Amerika keleti, atlanti-óceáni partvidékén mutatkozó átlagos tengerszint-mozgást mutatja az utóbbi 6000 évben. Meglepő a tengerszint-változás mértéke; hiszen ezen a területen időszámításunk előtt 4000-ben a tengerszint a jelenleginél mintegy 9.3 méterrel, és még 1000 évvel ezelőtt is kb. 1.4 méterrel alacsonyabb volt. Érdekes, hogy a *B* jelű görbe, amely részben szintén az Atlanti-óceán területére vonatkozik (de most a nyugat-európai oldalon) egészen más jellegű változást mutat, mint az *A* jelű görbe. Az Indiai-óceán partvidékére vonatkozó *D* jelű görbe a többitől annyiban tér el, hogy nem mutat olyan mértékű transzgressziós változást, mint az előzőek. Ez esetleg abból származhat, hogy jelenleg erre a területre esik a geoid legnagyobb negatív anomáliája, és elképzelhető, hogy az erre vezető tengerszint-csökkenés kompenzálta a globális glaciális eusztatikus hatás miatti emelkedést.

AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEGEZÉSE

Ma már a világtengerek felszínének eusztatikus változása a földtudományokkal foglalkozó szakemberek számára nyilvánvaló tény; az 5. ábrán bemutatott eredmények pedig feltételezésünk szerint a geoid-eusztázia hatását tükrözik. A kevés megfigyelési adat birtokában viszont gondot okoz a különféle hatások egyértelmű, biztonságos szétválasztása, vagyis a geoid-eusztázia egyértelmű elkülönítése. A pontos geoid "rekonstrukció" és a nehézségi erőtér időbeli változásának meghatározása a különböző történelmi, illetve a földtörténeti korokra visszamenően további alapos vizsgálatokat igényel. A kutatásokhoz további nagy mennyiségű geológiai (eusztatikus) vizsgálati anyagra, valamint a feladathoz a legjobban alkalmazható matematikai statisztikai módszer kialakítására lenne szükség, hogy a geoid-felület változásának jellegére és a változások szabályszerűségére vonatkozóan pontos képet tudjunk kialakítani.

IRODALOMJEGYZÉK

- BIRÓ, P., 1983: Time variation of Height and Gravity. Akadémiai Kiadó, Budapest and Herbert Wichmann Verlag, Sammlung Wichmann Bd. 14, Karlsruhe, 1-160.
- BIRÓ, P., 1986: A nehézségi erőtér időbeli változásának geodéziai hatása. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1-83.
- BLOOM, A.L., 1980: Late quaternary sea level change on South Pacific coast: A study in tectonic diversity. In Earth rheology, isostasy and eustasy (ed. Mörner, N.-A.). John Willey & Sons, Chichester, 505-516.
- HAQ, B.U., HARDENBOL, J., VAIL, P.R., 1987: Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. Science 235, 1156-1167.
- HORVÁTH, F., 1988: A tengerszint globális változásai. Időjárás, 92, 69-74.

- MESKÓ, A., 1989: Bevezetés a Geofizikába. Tankönyvkiadó, Budapest, 447-478.
- MÖRNER, N.-A., 1980: Eustasy and Geoid Changes as a Function of Core/Mantle Changes. In Earth rheology, isostasy and eustasy (ed.. Mörner, N.-A.). John Willey & Sons, Chichester, 535-553.
- MÖRNER, N.-A., 1984: Low sea levels, droughts, and mammalian extinctions. In Catastrophes and Earth history (eds.. Berggren, W.A. and Van Conning, J.A.). Princeton Univ. Press, Princeton, 387-393.
- MÖRNER, N.-A., 1984: Eustasy, geoid changes, and multiple geophysical interaction. In Catastrophes and Earth history (eds.. Berggren, W.A. and Van Conning, J.A.). Princeton Univ. Press, Princeton, 395-415.
- NEWMAN, W.S., CINQUEMANI, L.J., PARDI, R.R., MARCUS, L.F., 1980: Holocene delevelling of the United States' East Coast. In Earth rheology, isostasy and eustasy (ed.. Mörner, N.-A.). John Willey & Sons, Chichester, 449-463.
- NEWMAN, W.S., MARCUS, L.F., PARDI, R.R., PACCIONE, J.A., TOMECEK, S.M., 1980: Eustasy and deformation of the geoid: 1000-6000 radiocarbon years BP. In Earth rheology, isostasy and eustasy (ed.. Mörner, N.-A.). John Willey & Sons, Chichester, 555-587.
- SUGUIO, K., MARTIN, L., FLEXOR, J.-M., 1980: Sea level fluctuations during the past 6000 years along the coast of the state of Sao Paulo, Brazil. In Earth rheology, isostasy and eustasy (ed.. Mörner, N.-A.). John Willey & Sons, Chichester, 471-486.

Time variations of geoid based on eustatic sea level changes

Dr. Lajos VÖLGYESI

Summary

Importance of researches of secular and paleosecular variations of geoid and non tidal variations of gravity may be increasing nowadays. There are geological and geophysical evidences, which may give us a possibility to make very precise geoid reconstruction in the geological past. First the base principle of eustatic examinations and the main features of transgression and regression successive layers are summarised, and then the possible reasons of sea level changes and its importance are discussed, which is important for determination of time variations of geoid.

* * *

Völgyesi L (1996): [A geoid időbeli változása a tengerszintváltozások alapján](#). Geodézia és Kartográfia, Vol. 48, Nr. 6, pp. 26-33.

Dr. Lajos VÖLGYESI, Department of Geodesy and Surveying, Budapest University of Technology and Economics, H-1521 Budapest, Hungary, Műegyetem rkp. 3.
Web: <http://sci.fgt.bme.hu/volgyesi> E-mail: volgyesi@eik.bme.hu