

GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA

59. ÉVFOLYAM

2007

4. SZÁM



A Móri-árok, továbbá a Bakony és a Vértes magassági irányú mozgásainak tanulmányozása



Dr. Joó István – dr. Csepregi Szabolcs
(NYME Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár)

A geodéziai alaphálózatok szerepét a szakmai olvasók jól ismerik (a későbbi geodéziai és térképészeti munkálatok geometriai alapozása). Ugyanakkor az alaphálózatok ugyancsak fontos feladata a Föld alakjával, méretével és ezek időbeli változásaival kapcsolatos jellemzők feltárása is.

Az alaphálózatok klasszikus felosztásának megfelelően mi ebben a tanulmányban kifejezetten csak a magassági (másképpen szintezési) hálózatok nyújtotta lehetőségek kamatoztatását fogjuk bemutatni egy konkrét (saját méréseken alapuló) példán keresztül.

Az olvasók – a már eddig közölt publikációk révén – bizonyára ismerik azokat a „jelenkori felszínmozgási vizsgálatokat”, amelyek egy kiválasztott körzet (régió, vagy kontinens) vertikális irányú mozgásait vizsgálják. Ezek eredményei korábban grafikus formában jelentek meg (térképek), ma pedig digitalis állomány a végtermék és csak a későbbiekben történik meg ezeknek a szükséges formában való bemutatása (vizualizálása).

A mostani esetben a jól ismert Móri-árok magassági mozgásai területén az 1991 óta folyó vizsgálatainkat törekszünk bemutatni. Mielőtt azonban a vizsgálatok érdemi bemutatásához fogunk, néhány körülményre még szeretnénk külön is felhívni a figyelmet. Ezek közül az egyik, hogy ezekkel a kifejezetten geodéziai adatokra támaszkodó vizsgálatokkal mi magunk is hozzá tudunk járulni a földtudományok (földtan, geofizika, geodinamika) előtt álló célok eléréséhez.

A vizsgálatok másik oka azonban még ennél is fontosabb. Hiszen a geodéziai alaphálózatokkal kapcsolatban alapvető követelmény, hogy az így

meghatározott adatok (magasságok) időben változatlanok maradjanak. Az eddigi vizsgálatok pedig azt mutatják, hogy ez a magassági adatok vonatkozásában távolról sem igaz. Hiszen az eddigi hazai vizsgálatok eredményei (mind az emelkedések-, mind pedig a süllyedések) néhány mm/év mértékűek. (Lásd *Joó I.* nemzeti vertikális mozgástérképet, amelynél a maximális süllyedés 7,1 mm/év.) Ez utóbbi Debrecen körzete vonatkozik. Itt – ha figyelembe is vesszük, hogy a 0-ad rendű (ma EOMA I. r.) hálózati mérések az 1970-es évek közepe után fejeződtek be, ugyanakkor az akkor mért pontok magasságai (az azóta eltelt idő alatt: 32 év) több mint 22 cm-rel megváltoztak. További indokolás nélkül is megállapíthatjuk, hogy a felsőrendű magassági alaphálózatok önmagukban is indokolttá teszik, hogy ne csupán a hálózat újra mérését, de a mozgási tendenciák jobb megismerését elérjük.

1990 körül az eredeti cél a címben megadott Móri-árok vizsgálata volt. A vizsgálati vonal kiépítése, majd pedig az elvégzett vizsgálatok eredményei megértették velünk, hogy ezzel a „háromirányú” vizsgálati vonal-rendszerrel nem csupán a Móri-árok mozgására deríthetünk fényt, hanem mód nyílik arra is, hogy egyrészt a Bakony-, másrészt pedig a Vértes magassági irányú mozgásait is feltárjuk, sőt ezek ismeretében megismerhetjük a két hegységrendszer (egymáshoz viszonyított) magassági elmozdulását is.

Visszatérve magára a Móri-árokra (mint földtani képződményre), nem vállalkozhatunk annak részletes bemutatására, néhány jellemzőt azonban mégiscsak meg kell említeni. Ezek a következők.

A Móri-árok a Bakony és a Vértes között található. Az árok elhúzódo, hosszú szakaszos süllyedés révén alakult ki (paleogén-, és neogén süllyedések). A Móri-árok ma elválasztja egymástól a Dunántúli-középhegység két fontos tagját, a Bakonyt és a Vértest.

Az árok a Pannon-korban tenger volt. Ugyanaz az árok a Felső-pliocénben és a Pleisztocén elején ösfolyó volt. Az Ős-Vág és az Ős-Nyitra itt haladt délkeleti irányban. Az árok egyúttal kapuként szolgált a Kisalföld és az Alföld között. (Itt jegyezzük meg, hogy a korai pleisztocénben az Ős-Rába még dél felé folyt; az Ős-Duna és az Ős-Morva pedig a Tapolcai medencén keresztül haladt ugyancsak délnek.)

Később – a Dunántúli-középhegység emelkedése eredményeképpen – a Móri-árok kapu-szerpe megszűnt. A Győri-medence erős süllyedése révén a Rába pedig már északra folyt és a többi folyó folyásiránya is ennek megfelelően változott.

Ennyi bevezető után a továbbiakban áttekintjük a magyarországi vertikális mozgásvizsgálatokat. Majd ismertetjük a Móri-árkot harántoló vonalrendszer kialakítását, vázoljuk a mérések jellemzőit és bemutatjuk a vizsgálat eredményeit. Bemutatjuk a relatív sebességeket Bodajk kezdőponthoz viszonyítva, továbbá megkíséreljük az abszolút sebességek levezetését is. Végül összevetjük a 2005. évi (már negyedik) mérés-sorozat eredményeit az 1991–93 évek méréseinek adataival.

1. A vizsgálati vonalrendszer kialakítása és mérése

Az elmúlt évszázad utolsó két évtizedében szerzett tapasztalatok birtokában világossá vált, hogy a hazai vertikális mozgások vizsgálatát nem lehet csupán a mintegy 4000 km összhosszúságú hálózatra támaszkodva sikeresen elvégezni, hanem szükséges az is, hogy jól kiválasztott (és rövidebb) vizsgálati vonalak kiépítése és mérése révén részletesebb ismereteket kell szereznünk.

Törekvéseinknek megfelelően a kilencvenes évek elején a Móri-árkot harántoló vizsgálati vonalat alakítottuk ki először, majd pedig a Sárrétet átszelő vonalat és a Lovasberény–Csákvár közötti

vonalat. Az azóta eltelt idő alatt a Móri-árkot átszelő vonalat négyszer, a sárréti vonalat, továbbá a Lovasberény–Csákvár vonalat eddig két-két alkalommal mértük. (A továbbiakban csak a móri vonal vizsgálatával foglalkozunk.)

A móri vonal elhelyezkedését az 1. ábra szemlélteti. Az ábra bal felső végén a 701. sz. pont a vonal kezdőpontja, amely Bodajk település Kálvária kápolnája közelében, sziklára telepített acél szintezési pont.

A három vonal találkozásánál a 736. sz. pont a 81-es út északi oldalán, a csókakői bekötőútnál betonba rögzített csap; nem a legkedvezőbb állandósítással.

A 771. sz. pont Csókakő település felett, a vizsgálati vonal végén, a Vértes sziklafalában van rögzítve (csap).

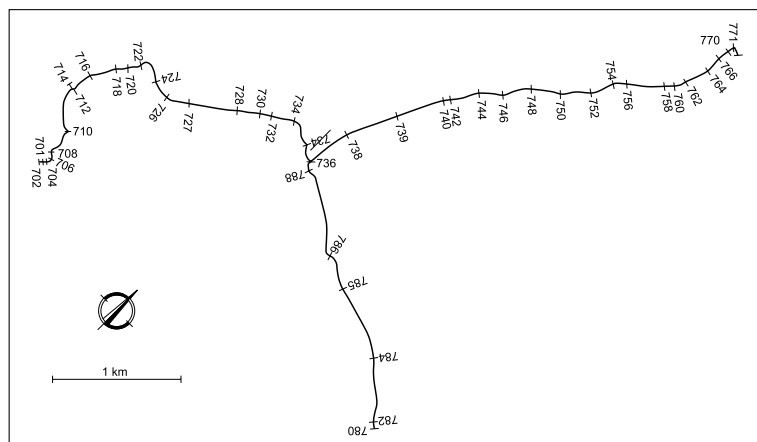
A vizsgálati vonal déli végpontjánál (Söréd) a vonal két utolsó pontja:

- 780. sz. K-pont, továbbá a
- 782. sz. csap, a római katolikus templom falában.

A három ágból álló vizsgálati vonal teljes hossza 9,9 km. Az ismételt szabatos szintezéseket (oda- és visszaméréssel, az I. r. szintezési munkák szabályzatának betartásával végeztük.

A vonal mentén létesített pontok EOV koordinátáit GPS-sel határoztuk meg. A mérésekhez használt lécek hosszát minden évben komparáltuk. A vizsgálatához használt műszerek a következők voltak: MOM Ni A31, Zeiss N_i 002A és Leica 3000.

A mérések során gravimetriai méréseket nem végeztünk. Így – a néhány kilométeres vonalhosszakra is tekintettel – az ismételten mért magasságkülönbségek összehasonlítása révén (és az ismételt



1. ábra Bodajk–Csókakő szintezési vonal

mérések között eltelt idő figyelembe vételével) számítottuk a mozgássebességeket (mm/év).

Az általunk kiépített vizsgálati vonal csupán rövid szakaszon esik össze az EOMA I. r. hálózat 1. sz. poligonjával (Söréd-től a 81-es út csókakői bejáratáig). Ez az összeesés azt mégis lehetővé tette, hogy megkíséreljük a saját hálózatunkat csatlakoztatni az eredeti EOMA I. r. hálózatával (Söréd, 780. sz. pont : 000 2010-1 KKP).

Vonalaink többi pontját megállapodott épületekben (és sziklában) helyeztük el (csapok, tárcsák). Ezek híján a vonal mentén lévő geodéziai (de nem szintezési célra készített) betonköveket használtunk. Ez utóbbiak, bár ugyancsak használhatók voltak a szintezésnél, de csak kötőpontként. A mért adatok számításánál, de különösen az azokból levezetett sebesség-értékek elemzésénél csupán a végpontok (K-pont, sziklába telepített acélgombok) adatait használtuk, továbbá a 726 és 736 sz. pontokat. Ez utóbbi a harmas elágazású vonalak találkozásánál van; a 726. sz. pont pedig a Móri-árok közepénél.

A mérések I. r. pontosságú megbízhatóságát a következők szerint támogattuk:

- csak invárbetétes léceket alkalmaztunk,
- a műszer-léc távolságot az előírást meghaladó mértékben csökkentettük (az átlagos távolság 19 m volt),
- a lécc bal-, illetve jobb oldali lécleolvasások különbségét minden esetben ellenőriztük, és ha az eltérés meghaladta a 0,25 mm-t, akkor a mérést és a leolvasást megismételtük,
- a szakaszok átlagos hossza 300 m volt.

A leírtak szem előtt tartása eredményeként az oda-, és visszamérésekből számított kilométeres középhiba 0,35 mm és 0,27 mm között volt, a teljes vizsgálati vonalra ez 0,31 mm volt.

Mint már említettük, a szabatos szintezésekből levezetett sebességek értelmezését bizonyos mértékig nehezítette az a körülmény, hogy a vizsgálati vonal kiépítésénél rendelkezésre álló anyagi források nem tették lehetővé a szakaszvégpontok mindegyikének nagyobb mélységű állandósítását. Így ezek a „gyengébb” alappontok elsősorban csak a mérések elvégzését szolgálták; a rájuk vonatkozó adatok a vertikális mozgások elemzésére kevésbé alkalmasak.

2. Az 1991–93-ban végzett mérések adatainak elemzése és mozgás-sebességek

Mint már említettük, a Móri-árok és környezetének első mérését még 1991-ben végeztük, majd

megismételtük 1992-ben és 1993-ban is. Természetesen a vonal terve már 1989-ben megfogalmazódott; a vonal kiépítése pedig 1990-ben történt.

Az eredmények mostani bemutatását két részben végezzük. Először bemutatjuk a 90-es évek eleji méréseket, majd ezek felhasználásával a vizsgálati vonal-hálózat jellemző pontjaira meghatározzuk a mozgássebességeket. De ennél is két változatot mutatunk be. Az első változatnál feltételezzük, hogy a Bodajk pont (701) magassági értelemben mozdulatlan és így számítottuk az összes többi pont magassági mozgását és sebességét (a 701. sz. ponthoz viszonyítva).

Ezt követően „aktualizáltuk” a Söréden lévő végpontnak (780 és 782 sz. pontok) 2002-re vonatkozó magasságát; hiszen a Söréd pont vertikális mozgássebessége már ismert volt: -0,6 mm/év.

Ennek felhasználásával lehetővé válhat a vizsgálati vonal mindegyik pontja mozgásának abszolút sebességét meghatározni. Megjegyezzük, hogy az így kapott abszolút sebességeket csak a jellegzetes pontokra adtuk meg. Ezek a következők:

- Söréd végpont,
- Bodajk kezdőpont,
- a 726. sz. pont (a Móri-árok közepe), továbbá
- a 736. sz. pont (a csókakői bekötő út és a 81. sz. út találkozási), végül
- a Vértes-hegységnél lévő 754. és 771. sz. pontok.

Az abszolút sebességek számításával összefüggésben még a következőkre is fel kell hívni a figyelmet.

A vizsgálati hálózat (ma EOMA I. r. hálózat) 1. sz. poligonja ezen szakaszának jelentős részét újra kellett mérni, éppen a bent maradt ellentmondások miatt. Továbbá az általunk kialakított Söréd–Bodajk–Csókakő (Vértes) vonalrendszer jelentős részénél (elsősorban a szerény pénzügyi források miatt) a felhasznált kövek (kötőpontok) állandósítása gyengébb minőségű, beleértve a sörédi templom falában elhelyezett jelet is.

Erre tekintettel ezek a hiányos alapozású pontok – bár kötőpontként felhasználhatók – de vitatható, hogy alkalmasak lennének az abszolút sebességek továbbvitelére (összekapcsolására). Ugyanakkor 2005-ben (a negyedik mérés idején) más lehetőség nem volt a magasságvizsgálati hálózatunk és az országos hálózat csatlakoztatására. Ezért e bizonytalanság ellenére – az abszolút sebességek levezethetősége érdekében – elvégeztük azt a csatlakoztatást.

A Zámolyi-medence mozgásainak megismerése céljából kiépítettünk egy újabb vizsgálati vonalat Lovasberény és Csákvár között. Ez ugyancsak része az 1. sz. poligonnak és amely mentén több közbenső (K) pont is rendelkezésre állt, továbbá mi magunk is létesítettünk több mélyebb alapozású pontot. Ezen újabb vizsgálati vonalak második mérését 2006-ban végeztük el. Így ez év elejétől megvan a lehetőség arra, hogy ezen vonal mentén elérjük Csákvárt és ebből is levezessük a Vértes mozgásának abszolút sebességét.

Visszatérve az eredeti témára, a kilencvenes évek elején a Móri-árok mentén végzett három mérés adatainak felhasználásával számított magasság-változások vonal menti alakulását a 2. ábra szemlélteti.

Az ábra jobb szélén található jelek arról tájékoztatnak bennünket, hogy melyik két mérés összevetéséből kapott magasság-változások tartoznak az egyes grafikonokhoz. Ugyanitt felhívjuk a figyelmet arra, hogy a (93–91) időszakból származó adatok két esztendő mozgásait mutatják. De a másik két grafikon egy-egy éves időszakra vonatkozik. Így az utóbbi grafikonok magasság-változásait egyúttal sebességként is értelmezhetjük [mm/év] egységben.

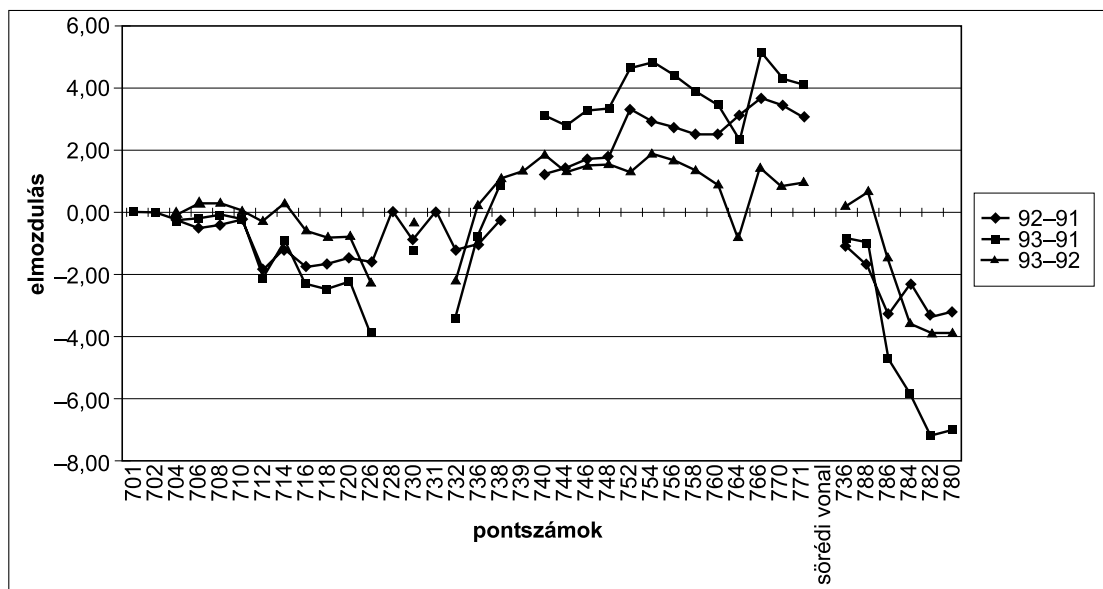
Ugyanakkor a (93–91) időszakhoz tartozó grafikon adatait előbb kettővel osztani kell és csak akkor kapunk [mm/év] dimenziójú sebességeket. De talán ennél is fontosabb, hogy a 2. ábrán látható három grafikon adatait szemlélve csak úgy

szabad azokat egymással összehasonlítani, ha előbb ezt a (93–91) grafikon képviselte értékeket előbb gondolatban is megfelezzük. Ha ezt meg tesszük, akkor azt fogjuk látni, ezen „két-éves” grafikon felezett értékei a másik két grafikon értékeihez közelítenek; sőt azok közé esnek.

Ennyi előzetes tájékoztatás után meg is fogalmazhatjuk az 1991–93 közötti mozgások lényegét. Eszerint:

- Bodajk (701. sz.) magassága változatlan, hiszen ezzel a feltevéssel fogtunk hozzá az értékeléshez;
- A Móri-árok (a Bakonyhoz képest) süllyed, a legnagyobb süllyedés a 726. sz. pontnál adódott (mintegy 2 mm/évvel), ettől kezdve (haladva Csókakő felé)
- a süllyedés mértéke egyre mérséklődik, majd
- kb. a 736. sz. pont után már emelkedést tapasztalunk egész a Vértesig, méghozzá
- két maximummal; egyrészt a 752. sz. pontnál, másrészt pedig a 766. számúnál, a végpont (771. sz.) relatív sebessége +2,2 mm/év;
- a Söréd felé haladó haladó vonal a 736. sz. pontnál válik el a másik ágtól. Ettől a süllyedés sebessége növekszik egészen a 780. sz. pontig (mintegy –3,3 mm/év-ig).

Összefoglalva az eddigieket a háromszori mérés egyértelműen azt mutatja, hogy „Bodajk mozdatlan” feltevés mellett



2. ábra Elmozdulás 92–91, 93–91, 93–92

- a Móri-árok (Bodajkhoz képest) süllyed, ugyanakkor
- a Vértes emelkedik, továbbá
- Söréd (a Zámolyi-medence széle) határozottan süllyed.

Annak érdekében, hogy feltevés-mentes mozgásjellemzőkhöz jussunk (az említett gondolatok ellenére), célszerű a magasság/mozgásadatokat (Sörédnél) összekapcsolni. Ehhez rendelkezésünkre áll Söréd magassági irányú sebessége, amely $-0,6$ mm/év értékkel jellemezhető. Erre azért van szükség, mert Bodajk abszolút sebességének meghatározása végett előbb a két pont magasságát ugyanarra az időpontra vonatkozóan kell ismerni; nevezetesen 1992 nyarára (azaz a három mérés idejének közepére), amikor a méréseket elvégeztük. Viszont Söréd magasságának meghatározása még a hetvenes években történt, magassága évente $-0,6$ mm-rel változott.

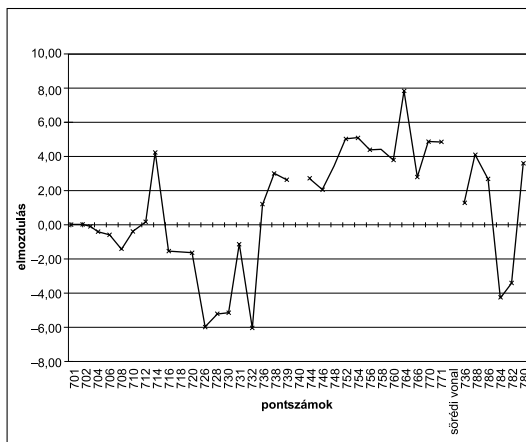
Figyelemmel arra, hogy 1975 nyara óta 1992-ig 17 év telt el, ezért Söréd magassága $17 \times 0,6$ mm-rel $= 10,2$ mm-rel csökkent. Ugyanakkor a két pont között (Bodajk–Söréd) mért magasság-különbség-változás $-3,3$ mm. Ebből következik, hogy a kilencvenes évek elején végzett mérések idején a Bakony (Bodajk) éves magasság-változása ugyancsak $3,3$ mm/év, de emelkedő jelleggel ($+3,3$ mm/év).

Ezt az adatot felhasználva most már a vizsgálati vonal többi pontjára is megismerhetjük az illető pont legalábbis előzetes abszolút sebességét. Ezt úgy kaphatjuk meg, hogy a „Bodajk mozdulatlan feltétel” mellett megismert relatív mozgássebességeket megjavítjuk még a Sörédet jellemző értékkel ($-0,6$ mm/év). Így a vizsgálati vonal jellemző pontjai mozgásának (legalábbis előzetes) abszolút sebességei sorra:

- Bodajk (701. sz. pont) $+3,3 - 0,6 = +2,7$ mm/év,
 - A Móri-árok közepe (726. sz. pont) $+2,7 - 2,0 = +0,7$ mm/év,
 - a Vértes mozgása: $+2,7 + 2,2 = +4,9$ mm/év.
- A kilencvenes évek eleji mérések alapján:
- Bodajk) emelkedik $2,7$ mm/év-vel,
 - a Móri-árok emelkedik $0,7$ mm/év-vel,
 - a Vértes emelkedik $4,9$ mm/év-vel és
 - Söréd süllyed $-0,6$ mm/év-vel.

3. A 2005. évi mérés eredményeinek értelmezése

Mint már említettük, 2005-ben egy alkalommal megtörtént a Mór-környéki vizsgálati vonal mérése. Az egyetlen mérésre tekintettel, sebes-



3. ábra Elmozdulás a 91–92–93 átlagától

segeket csak úgy tudunk levezetni, hogy „első mérésenként” a kilencvenes évek három mérés sorozatának átlagértékét tekintettük; az ehhez tartozó mérés ideje pedig 1992 nyara.

Az ezen felfogás szerinti sebességeket a 3. ábra mutatja. Eszerint

- a teljes vonalra kiterjedő grafikon erős hasonlóságot mutat a 90-es évek sebességeinek alakulásával, ugyanakkor
- a kilencvenes évekre kapott mozgás-sebességek mértékétől ez az újabb lényegesen kisebb (pedig itt 13 év összegezett eredményei szerepelnek),
- további gondot jelent, hogy a Sörédig tartó vonalra (lásd a 3. ábra jobb szélét) kapott értékek jelentős szabályos hibával terheltek (a vonal felénél emelkedés adódott).

*

A leírtakra tekintettel a 2005. évi mérés- és annak összekapcsolása a 90-es évek méréseivel nem volt eredményes. A megoldás csak az lehet, hogy sor kerül további mérésekre és (megint) nagyobb gyakorisággal.

Nem szabad megfélekedni arról sem, hogy mielőbb fel kell cserélni a gyengén állandósított pontokat nagyobb mélységű alapozásúakkal.

Ugyancsak nem szabad megfélekedni a Lovasberény–Csákvár vonal nyújtotta lehetőségekről és mielőbb le kell vezetni a Vértes függőleges irányú sebességét ezen újabb mérési kettős adatból.

A vizsgálatokat az OTKA támogatja; nyilvántartási szám: T 049.

IRODALOM

- Csepregi, Sz.:* Construction of a Movement Investigation line and its first Measurement in Bodajk-Csókakő Journal of Geodynamics, March 1995. 101–106 pp
- Csepregi Sz.:* Söréd – Csókakő szintezési vonal mérése 2004, kutatási beszámoló
- Csepregi Sz.:* Bodajk – Söréd szintezési vonal mérése 2005, kutatási beszámoló
- Frisnyák S. (szerk.):* Magyarország földrajza (Tankönyvkiadó, 1978, 443. old.)
- Jakucs L. (1993):* A földrajzi burok kozmogén és endogén dinamikája (JATEPress, 359 oldal)
- Joó, I. (1995) editor:* The National Map of Vertical Movements of Hungary (Székesfehérvár, scale 1:500 000)
- Joó I.:* Új kéregmozgás-vizsgálati vonalak (Geod. és Kart. 2001/12)
- Joó I.:* Magyarország felső rendű magassági alaphálózatának helyzete és jövőbeli szerepe (Geod. és Kart. 2006/1.)
- Mészáros E.–Schweitzer F. (szerkesztők):* Magyar Tudománytár, 1. kötet (Kossuth Kiadó, 2002, 511. old.)

Study on vertical movements of Mór Graben (Hungary)

Joó, I. – Csepregi, Sz.

Summary

The Mór Graben in Hungary is a special geologic structure at the Transdanubian Mountains between the two mountains of Bakony and Vértes. Using precise levelling instruments the two authors did research in vertical movements of Bakony and Vértes mountains and at the Mór Graben. The levelling has been made four times in the time interval of 1991–93 and 2005. The sum of the length of levelling lines was about 9,9 km. As a preliminary results of the study were as following. The Bakony Mountain uplifts with 2,7 mm/a, the Vértes also uplifts with 4,9 mm/a, the benchmark Söréd subsided with –0,6 mm/a but the vertical movements of Mór Graben was only 0,7 mm/a. The RMS error of levelling was 0,35 mm/km.