

A földi árapály és a vele kapcsolatos geodinamikai jelenségek mérési módszereinek továbbfejlesztése, a Pannon-medencében regisztrált adatok feldolgozása és komplex értelmezése

A K046264 számú OTKA kutatás zárójelentése

1. A kutatás legfontosabb eredményei

A projekt célkitűzéseit a tervnek megfelelően sikerült megvalósítani. Folyamatosan korszerűsítettük a mérési módszereket. Sikerült az extenzométerek obszervatóriumi, in-situ kalibrálását tovább pontosítani. Ezt korábban is az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet oldotta meg a legpontosabban. Folyamatos, gondos műszerfejlesztéseinknek köszönhetően – tudomásunk szerint – a Sopronbánfalvi Geodinamikai Obszervatóriumban sikerült mérni a világon az eddigi leghosszabb, folyamatos, extenzométeres adatsort.

Fontos eredményeket értünk el a környezeti paraméterek hatásának elemzése területén. Sikerült a környezeti paraméterek (hőmérséklet, légnyomás) hatását jelentősen csökkenteni. Kutatásunk során rájöttünk, hogy a probléma jobb megoldására gyökeresen új szemlélet, ill. módszerek alkalmazására van szükség. Ezt a kutatást nemzetközi munkacsoport, ill. újabb pályázat keretében szeretnénk tovább folytatni.

Jelentős eredményeket értünk el az extenzométeres adatok feldolgozása és értelmezése területén. A pécsi és a sopronbánfalvi extenzométeres állomások adataiból kimutattuk, hogy a tektonikai mozgások sebessége nem állandó. A vizsgált állomások esetében ez valószínűleg a hegységképző (Mecsek, Alpok) erők és a tektonikai lemezmozgások kölcsönhatásából adódik.

Mikrobarográfos mérőállomást létesítettünk a sashegyi földrengés regisztráló obszervatóriumban és a légnyomásadatokat szinkron regisztráljuk a sopronbánfalvi geodinamikai állomáson már korábban installált mikrobarográfval. Ezeket az adatokkal azt vizsgáltuk, hogy a közeli és távoli légnyomásváltozások milyen hatással vannak a sopronbánfalvi extenzométer által regisztrált deformációra.

Terven felül foglalkoztunk rétegvíz-megfigyelő kutakban, valamint nagy objektumokon és azok közvetlen környezetében árapály-megfigyeléssel. A Bátaapáti térségében elhelyezkedő kutak esetében a MÁFI-val közösen azt vizsgáltuk, hogy miként lehet az árapály mérések eredményeiből a környező közet paramétereire következtetni. Nagy építményeken és azok környezetében az objektum „egészségi állapotának”, ill. földrengéskockázatának becslése céljából végeztünk árapály-megfigyeléseket. Ezzel sikerült elérni, hogy az eddig tisztán elméleti árapály-kutatásnak olyan alkalmazást keressünk, amelynek közvetlen gyakorlati haszna van. Ez egybeesik az MTA hasonló törekvésével, valamint a XV. Nemzetközi Árapály Szimpózium határozatával is.

Kutatási program megvalósítása során elért eredményeinket az alábbiakban részletesen ismertetjük.

2. Mérési módszerek fejlesztése, műszervizsgálatok, obszervatóriumi hálózat továbbfejlesztése

A projekt célkitűzéseinek megfelelően a projekt teljes időtartama alatt fokozott figyelmet fordítottunk a műszerek jó működésére, a műszerek továbbfejlesztésére a mérési pontosság növelése céljából.

A Pannon-medence tektonikai mozgásainak vizsgálatához a hazai – sopronbánfalvi, budapesti, pécsi, bakonyai – obszervatóriumok mellett támaszkodtunk a szomszédos vyhnei (Szlovákia) és beregszászi (Ukrajna) obszervatóriumok mérési adataira is. A vizsgálatokba bevont extenzométeres állomások adatait az 1. táblázat tartalmazza.

A hazai obszervatóriumok extenzométereit mind az MTA GGKI-ban kifejlesztett érzékelővel működnek, ezért a vyhnei műszert – MTA szlovák - magyar tudományos együttműködés keretében – már korábban ilyen érzékelővel láttuk el, és az adatokért cserébe a jelenlegi projekt ideje alatt közreműködtünk a digitális regisztrálás megoldásában is. Ezzel elértük, hogy Szlovákiából is a hazaihoz azonos minőségű adatokat kapjunk.

Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) együttműködve felújítottuk a budapesti (Mátyáshegyi Geodinamikai Obszervatórium) extenzométereit is. A műszerekhez teljesen új érzékelőket készítettünk, mivel a régi érzékelők az 1980-as években készültek és a mostoha (magas, közel 100% páratartalom) obszervatóriumi körülmények között annyira tönkrementek, hogy nem volt érdemes azokat felújítani. Az ELGI új digitális adatgyűjtőt installált az obszervatóriumban, amelynek segítségével az adatok interneten keresztül Sopronban is lekérdezhethők.

1. táblázat. A Pannon-medence extenzométereinek adatai

Extenzométer	Állomáskoordináták			A műszer azimutja	A műszer hossza [m]
	Hosszúság	Tengerszint feletti magasság [m]			
Bakonya E1.	46° 5' 43"	18° 4' 25"	346	0°	20
Bakonya E2.	46° 5' 43"	18° 4' 25"	346	0°	1.7
Bakonya E3.	46° 5' 43"	18° 4' 25"	346	90°	1.7
Bakonya E4.	46° 5' 43"	18° 4' 25"	346	Vertikális	1.7
Beregovo E1.	48° 13' 12"	22° 42'	-	73°	27.5
Beregovo E2.	48° 13' 12"	22° 42'	-	37°	11.4
Budapest E1.	47° 33' 11"	19° 20' 24"	240	114°	21.3
Budapest E2.	47° 33' 11"	19° 20' 24"	240	38°	13.8
Pécs	46° 6' 52"	18° 7' 49"	-694	19°	20.5
Sopronbánfalva	47° 40' 55"	16° 33' 32"	220	116°	22
Vyhne	48° 29' 52"	18° 49' 48"	420	55°	20.5

A beregszászi műszerek kivételével valamennyi műszert a mi módszerünkkel kalibráltuk. Az obszervatóriumi kalibrálást 2 évente végeztük el. Ehhez egy új elven működő kalibráló berendezést fejlesztettünk ki, amely már nem tartalmaz mozgó mechanikai alkatrészt az érzékenységi növelés céljából. Az új kalibráló berendezés érzékelője megegyezik az extenzométerek kapacitív érzékelőjével és azzal párhuzamosan kell az extenzométerre szerelni. A különbség csak annyi, hogy a kalibráló berendezés kapacitív érzékelőjének álló lemezei egy magnetostriktív átalakító segítségével mozgathatók. A kalibráló berendezés kapacitív érzékelőjét és magnetostriktív átalakítóját előzetesen laboratóriumban lézinterferométerrel lehet nagy léptékben kalibrálni. Az extenzométer érzékenysége az extenzométerbe és a kalibráló berendezésbe épített magnetostriktív átalakítók által adott – néhányszor 10 nm nagyságrendű – elmozdulásokból, valamint a két mérőátalakítóval regisztrált görbék arányából az előző módszernél pontosabban határozható meg. A kalibrálás bizonytalanságát ezzel a korábbi 5 %-ról 1-2 %-ra lehetett csökkenteni. Az eredményeket a XVI. Nemzetközi Árapály Szimpóziumon szeretnénk előadni 2008 szeptemberében, valamint a műszerek még egy újrakalibrálása után a Review of Scientific Instruments című folyóiratban szeretnénk publikálni.

Különös hangsúlyt helyeztünk a műszerdrift műszeres vizsgálatára. Ebből a célból két elektronikus érzékelőt helyeztünk el a sopronbánfalvi extenzométeren, hogy meggyőződjünk arról, hogy a mért, változó sebességű tágulás nem műszeres eredetű-e? A párhuzamos

regisztrálásból megállapítottuk, hogy a soproni műszernek nincs kimutatható műszerjárása. A műszerdriftet sikerült más módon tanulmányozni a bakonyai 3D állomáson elhelyezett két párhuzamos (egy 20 m hosszú és egy vele párhuzamos 1,7 m hosszúságú rövid extenzométer) extenzométerrel is. Itt nemcsak az elektronikus érzékelőket, hanem két teljes extenzométert lehetett drift szempontjából összehasonlítani. A párhuzamos mérésekből, valamint a rendszeres kalibrálásokból arra a következtetésre jutottunk, hogy a műszerek driftje elhanyagolható. A pécsi uránbányában és annak közelében a felszíni, bakonyai obszervatóriumban mért adatok trendje azonos, mivel feltehetően mindegyik műszer ugyanazt a tektonikai mozgást méri. Ez szintén azt jelenti, hogy a műszerdrift elhanyagolható.

2004-ben a budapesti sashegyi obszervatóriumban is elhelyeztünk – a sopronbánfalvi obszervatóriumban üzemelő műszerrel azonos – egy mikrobarográfot (MTA GGKI fejlesztés) és egy nagy méréshatárú 24 bites A/D konvertert. A két műszerrel szinkron regisztráltuk a légnyomást a két obszervatóriumban. A szinkron regisztrálás megvalósításához új adatgyűjtő programot fejlesztettünk ki és áttértünk az adatgyűjtés internet óráról való szinkronizálására. A regisztrálás célja a különböző geodinamikai folyamatok és a légnyomásváltozások közötti kapcsolatok detektálása, valamint a barometrikus árapály tanulmányozása.

Az obszervatóriumi műszerek ellenőrzéséhez és kalibrálásához egy note book-ot vásároltunk. A műszerek fejlesztését és az obszervatóriumok felügyeletét 2 fő villamosmérnök és 1 fő mechanikai műszerész segítségével végeztük

3. Adatok előfeldolgozása, módszerek fejlesztése a környezeti paraméterek hatásának kiszűrésére

A sopronbánfalvi obszervatóriumban bevezettük az adatok perces sűrűségű regisztrálását, ugyancsak perces mintavételezéssel történt a mikrobarográf adatok gyűjtése a sashegyi obszervatóriumban. A nagymennyiségű adat kiválogatása, rendszerezése, előfeldolgozása, a korábbinál nagyobb feladatot jelentett. A regisztrált adatok (extenzométer, légnyomás, hőmérséklet) folyamatos rendezéséhez, előfeldolgozásához (ugrások, szakaszok, stb. korrekciója, hitelesítő jelek leválasztása és külön feldolgozása) Visual Basic programcsomagot fejlesztettünk ki.

A környezeti, szezonális hatások (hőmérséklet, légnyomás) ismerete az árapály-paraméterek meghatározása mellett különösen fontos a tektonikai mozgásvizsgálatok szempontjából. E hatások csökkentésére különösen nagy hangsúlyt fektettünk, hogy a mérési adatokból minél pontosabban tudjuk kimutatni az igen lassú tektonikai mozgásokat ill. meghatározni az árapály paramétereket. A problémát az okozza, hogy a környezeti hatások (hőmérséklet, légnyomás) igen hosszú periódusú összetevőket is tartalmaznak. Ezeknek a lassú változásoknak a kőzetfeszültségre gyakorolt hatása (amplitúdó és periódusidő) összemérhető az igen lassú és kis sebességű tektonikai mozgások által okozott kőzetfeszültség változásokkal.

Nemzetközi együttműködésben az IAG WG7 "Környezeti adatok analízise graviméteres mérések interpretálása céljából" elnevezésű munkacsoporton belül foglalkoztunk a szezonális hatások leválasztásával. E projekt keretében összehasonlítottuk egy mély (pécsi uránbánya) és egy földfelszíni (Sopron) obszervatóriumban mért adatokat regressziós, korrelációs és koherencia-analízis segítségével. Részletesen elemeztük a szezonális hatásokat a két obszervatóriumban és megállapítottuk, hogy a mély obszervatórium kevésbé érzékeny a közeli és távoli légnyomásváltozásokra, mint a földfelszíni. A hőmérséklet hatásában nem tudtunk lényeges különbséget kimutatni, amelynek oka valószínűleg a bányászati tevékenység (vágat szellőztetés, stb.) volt. Az eredményeket a Journal of Geodynamics folyóiratban közzétettük. Ez a vizsgálat jelentősen hozzájárult a szezonális hatások természetének megértéséhez. A környezeti paraméterek hatásának tanulmányozása során megállapítottuk,

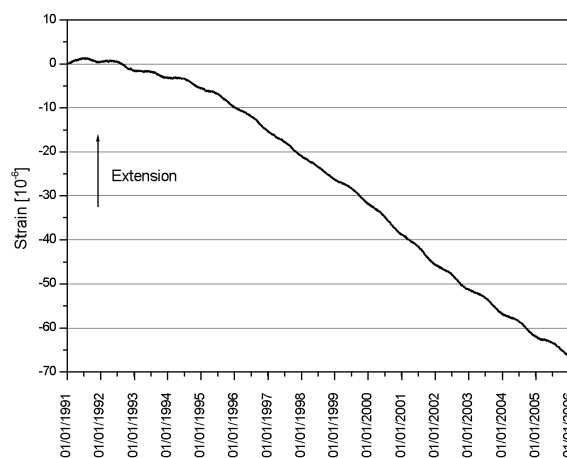
hogy e hatások figyelembevételéhez ill. kiszűréséhez az eddigiektől gyökeresen eltérő módszerekre van szükség, mivel a légnyomásnak és a hőmérsékletnek van direkt és indirekt hatása, és az utóbbi lehet közeli és távoli. Ezekhez a vizsgálatokhoz használtuk az egymástól több mint 200 km-re elhelyezkedő sopronbánfalvi és budapesti mikrobarográfok adatait is. Ehhez kellett a szinkronregisztrálást is megoldani. A jövőben a hőmérsékleti és barometrikus hatások vizsgálatára a Kálmán szűrést, ill. neurális hálózattal kombinált Kálmán szűrést szeretnénk kipróbálni. Ezek a módszerek bonyolultságuk miatt e projekt keretében nem lettek gyakorlatilag kipróbálva.

2007-től a jénai Friedrich-Schiller Egyetem Alkalmazott Geodinamikai Tanszékével együttműködve a sopronbánfalvi és a moxai obszervatóriumok esetében a topológiai és az üreghatást tanulmányozzuk. Az eredményeket előreláthatóan a XVI. Árapály Szimpóziumon ismertetjük 2008. szeptemberében. A topológiai és üreghatás ismerete jelentősen hozzájárulhat a szezonális hatások pontosabb korrekciójához is.

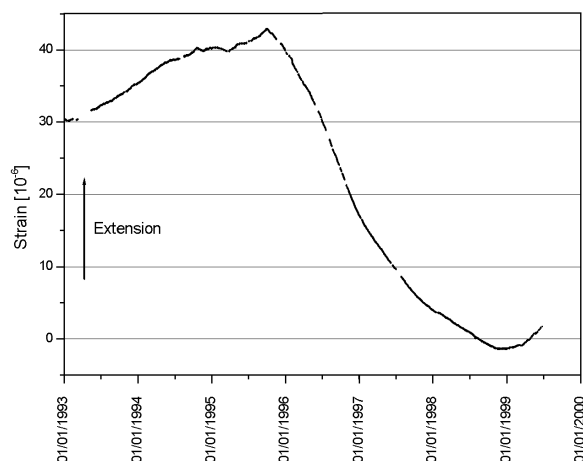
4. Árapály-paraméterek meghatározása, tektonikai mozgásvizsgálatok eredményei

Rendszeresen elvégeztük az obszervatóriumi hálózatban mért extenzométeres adatok árapály-kiértékelését az ETERNA 3.34 programmal. A kiértékelést kétféle módon végeztük. Egyrészt kihasználtuk azt a lehetőséget, hogy az ETERNA program képes automatikus hőmérséklet és légnyomás korrekcióra, másrészt a program segítségével az általunk korrigált adatokat értékeltük ki. Ezáltal teszteltük a kifejlesztett módszereinket is (ld. előző fejezet). Az árapály-kiértékelést az árapály-paraméterek meghatározása mellett a műszerek és az obszervatórium jószágának tesztelésére is felhasználtuk. Ennek alapja az a feltételezés volt, hogy ha a műszer jó árapály paramétereket szolgáltat, akkor nemcsak a műszer, hanem az obszervatórium is jó. Ez azt jelenti, hogy az alapkőzetbe épített obszervatóriumban és annak környezetében a kőzet folytonos (nincsenek repedések, törések, stb.), homogén, és ennek alapján a mért elmozdulás hosszú, vagy végtelen periódusú komponensei a tektonikai mozgások következményei.

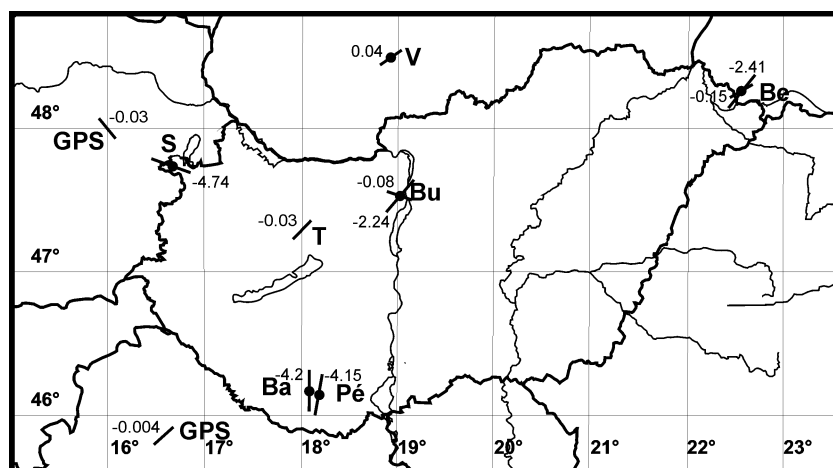
Az obszervatóriumi hálózatban regisztrált adatok alapján elvégeztük a Pannon-medence tektonikai mozgásvizsgálatát. Ebből a szempontból a Sopronbánfalvi Geodinamikai Obszervatóriumban mért 16 éves extenzométeres adatsor egyedülálló a világon (1. ábra). A 2. ábra Pécsen, az uránbányában regisztrált 9 éves folyamatos adatsort mutatja. A mért deformáció-görbék különböző meredekségű szakaszaihoz tartozó árapály-paraméterek összehasonlításából megállapítottuk, hogy azok nem változtak, ami szintén azt jelenti, hogy a kapott görbék változása nem mérési hiba eredménye, hanem tektonikai mozgás.



1. ábra. A Sopronbánfalvi Geodinamikai Obszervatóriumban mért extenzométer adatok



2. ábra. A pécsi uránbányában mért extenzométer adatok



3. ábra. A Pannon-medencében mért tektonikai mozgássebességek 10^{-6} /év egységben (Az ábra jelölései: Ba=Bakonya, Be=Beregóvó, Bu=Budapest, Pé= Pécs, S=Sopronbánfalva, V=Vyhne, GPS=GPS mérésekből meghatározott sebesség, T=geodéziai (háromszögelési) hálózatok kiegyenlítéséből kapott sebesség.

A diagramokból jól látható, hogy a deformáció sebessége nem állandó, sőt a pécsi extenzométer esetében az iránya is megváltozik. A görbe trendje adja az átlagos tektonikai sebességet, amelynek értéke a változó sebesség miatt a vizsgált periódus függvénye is. Az átlagos sebesség annál pontosabban adható meg, minél hosszabb a mérés időtartama. A pécsi (9 éves) és a sopronbánfalvi (16 éves) hosszú adatsorok és az obszervatóriumok környezetének geológiai, tektonikai viszonyainak együttes elemzéséből megállapítottuk, hogy a változó tektonikai sebességek e két obszervatórium esetében a Mecsek-hegység és az Alpok emelkedése, valamint a Pannon-medence tektonikai mozgásainak eredménye.

Az extenzométeres méréseket összehasonlítottuk a geodéziai és a GPS mérésekkel is (3. ábra). A GPS mérésekkel kapott mozgási sebességek kb. egy nagyságrenddel kisebbek, mint az extenzométerrel kapott értékek. Ennek egyik oka, hogy a GPS adatsorok kb. 4-5 év hosszúságúak. Másik oka, hogy a GPS állomások egymástól több száz kilométer távolságra vannak, így azok egy „globális” sebességértéket határoznak meg, szemben az extenzométerekkel, amelyek lokális deformációt mérnek. Ugyanez mondható el a geodéziai

mérésekről is. Vizsgálataink eredményeit, amelyek jelentősen hozzájárultak a Pannon-medencében lezajló recens tektonikai folyamatok jobb megértéséhez a Journal of Geodynamics folyóiratban jelentettük meg.

2. táblázat. A Kárpát-balkán régióban extenzométerrel mért átlagos deformáció-sebességek

Extenzométer	Átlagos deformáció sebesség [10 ⁻⁶ /év]	Deformáció iránya	Deformáció típusa	Mérések időtartama
Bakonya E1.	-4.20	D-É	összenyomódás	2004-2005
Beregovo E1.	-0.15	NyDNy-ÉKK	összenyomódás	1986-1991
Beregovo E2.	-2.41	DNy-ÉK	összenyomódás	1986-1991
Budapest E1.	-0.08	ÉNyNy-DKK	összenyomódás	1990-1992
Budapest E2.	-2.24	DNy-ÉK	összenyomódás	1990-1992
Pécs	-4.15	DNyD-ÉKK	összenyomódás	1993-1999
Sopronbánfalva	-4.74	NyÉNy-DKK	összenyomódás	1991-2006
Vyhne	0.04	NyDNy-ÉKK	tágulás	1985-1993

5. Árapály-kutatásaink eredményeinek gyakorlati hasznosíthatósága

A projekt időtartama alatt terven felül két olyan probléma megoldására került sor, amely az árapály mérés technika alkalmazása gyakorlati problémák megoldására. Ez két szempontból is nagy jelentőségű. Egyrészt a XV. Árapály Szimpózium határozatában szerepel, hogy próbáljuk meg az árapálykutatást más közeleső szakterületeken népszerűsíteni, másrészt hazánkban az MTA is előnyben részesíti az olyan elméleti kutatásokat, amelyeknek közvetlen gyakorlati haszna van.

5.1. Árapályvizsgálat rétegvíz-megfigyelő kutakban

A MÁFI-val együttműködve vizsgáltuk az árapály által indukált vízszintváltozásokat rétegvíz szint megfigyelő kutakban Bábaapáti térségében. A zárt rétegvizekkel kapcsolatban álló megfigyelő kutakban az árapályhatásra adott vízszintváltozás függ a zárt rétegvíz környezetének geológiai, hidrológiai paramétereitől. Ezáltal árapályvizsgálatok segítségével ezek környezetében kimutathatók a törési zónák vagy egyéb geológiai rendellenességek. Továbbá ezek a vizsgálatok felhasználhatók a kőzetparaméterek becslésére is. A kidolgozott vizsgálati módszerünket és kutatásaink eredményeit a Journal of Geodynamics-ban adtuk közre.

5.1. Nagy objektumok, veszélyes létesítmények „egészségi állapotának” és földrengés veszélyeztetettségének vizsgálata árapály mérések alapján.

E projekt vezetője 2002 és 2006 között nemzeti koordinátora volt az EU5 SAMCO projektnek is, amelynek keretében olyan módszereket dolgoztak ki, amelyek segítségével épületek, hidak, egyéb létesítmények szerkezeti állapota az objektum működésének zavarása nélkül ellenőrizhető, becsülhető. Ehhez jelenleg az adott objektumot mesterséges jelekkel gerjesztik és mérik a rá adott választ. Ez adta az ötletet, hogy a földi árapály jól használható lenne, mint periodikus gerjesztés. Az árapály, mint gerjesztőjel csillagászati adatokból nagy pontossággal számítható. Nagy objektumok, magas építmények, úgy viselkednek, mint egy „fordított”

vertikális inga és az árapály erők hatására jelentősen kitérnek. Mozgásukat átadják a környező talajnak is. Az objektum által felerősített mozgás teszi lehetővé, hogy az árapály hullámokat, mind az objektumon, mind pedig annak környezetében 0.1 µradián felbontóképességű (ez kb. az árapály amplitúdójának felel meg) dőlésmérőkkel mérni lehessen. E projekt keretében elvégeztük a soproni TV-toronymnál, valamint a Kecse templomnál végzett épület- és talajdőlés mérések során kapott adatok árapály-kiértékelését. Az analízis eredményeképpen megállapítottuk, hogy a lunáris, árapályhullámok mind az épületen, mind pedig a talajban jól detektálhatók. Ez pl. lehetőséget ad arra, hogy a talaj átviteli tényezőjét meghatározzuk. Ez felhasználható az objektum földrengés veszélyeztetettségének becsléséhez. Az eredményeket több nemzetközi konferencián is ismertettük és a Journal of Applied Geodesy folyóiratban is közzöltük. Ez a téma 2005-ben az MTA kiemelt kutatási eredményei között is szerepel. Természetesen a módszer gyakorlati alkalmazásához még további – nemcsak az árapály témakörébe tartozó – kutatásokra van szükség.

A projekt keretében megjelent publikációk jegyzéke:

1. Mentés Gy.: Measurement and Analysis of Cyclic Deformations and Movements of the TV Tower in Sopron. 1st FIG International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering. Workshop on Measurements and Analysis of Cyclic Deformations and Structural Vibrations. University of Nottingham, Nottingham, United Kingdom, 28 June – 1 July 2004. CD, www.fig.net/nottingham/technical_programme.htm TS8.2 pp. 1-13.
2. Mentés Gy.: Health Monitoring of structures Using Natural Effects as Excitation Signal. Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Surveying and FIG Regional Conference for Central and Eastern Europe INGENEO 2004. November 11-13, 2004. Bratislava, Slovakia, CD, International Federation of Surveyors, Frederiksberg, Denmark (ISBN 87-90907-34-5), www.fig.net/pub/bratislava TS5. pp. 1-9.
3. Mentés Gy.: Investigation of the deformations and movements of the TV tower in Sopron influenced by weather variations and ground motions. In. Eds.: R. Flesch, H. Irschik, M. Krommer: Proceedings of the Third European Conference on Structural Control. Vienna, Austria, July 2004, Schriftenreihe der Technischen Universität Wien, (ISBN-3-901167-90-0), Volume II. 2005. pp. S6-72-75.
4. Mentés Gy.: Role of Tidal Phenomenon in Measurements for Structural Control of Objects. Proceedings of the SAMCO Summer Academy on Structural Assessment, Monitoring and Control. CD. VCE Holding GmbH. Vienna, Austria, 2005. pp. 1-10.
5. Mentés Gy.: Results of Tidal Research. Acta Geod. Geoph. Hung., Vol. 40(3-4), 2005, pp. 293-305.
6. Mentés Gy.: Investigation of the Possibility of Using Tidal Signals for Health Monitoring of Objects. Acta Geod. Geoph. Hung., Vol. 40(3-4), 2005, pp. 367-378.
7. Eperné Pápai I.: MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet extenzométerekkel végzett vizsgálatai. Geomatikai Közlemények VIII. MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, Sopron, 2005, pp. 151-158.
8. Rotár-Szalkai Á. Eper-Pápai I. Mentés Gy.: Well level data analysis in Hungary near a fault region. Journal of Geodynamics, 2006, 41/1-3, pp. 183-189.
9. Mentés Gy. I. Eper-Pápai I.: Investigation of meteorological effects on strain measurements at two stations in Hungary. Journal of Geodynamics, 2006, 41/1-3, pp. 259-267.

10. Mentés Gy.: Extensometric measurements in Hungary. Abstracts of the Workshop on International Gravity Field Research 2006, Smolenice, Slovakia, May 8-9, 2006. CD, Szlovák Tudományos Akadémia, Geofizikai Intézet, Pozsony, pp. 69-78.
11. Mentés Gy.: Investigation of the deformation and movements of objects caused by Earth tides. In: Kahmen H. Chrzanowski A. (Eds.): Proceedings of the 3rd IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, 12th FIG Symposium on Deformation Measurement May 22-24, 2006 Baden, Austria, CD, (ISBN: 3-9501 492-3-6), Engineering Geodesy, Vienna University of Technology. 2006, pp. 1-10.
12. Mentés Gy. Eper-Pápai I. Kis M. Újvári G.: New results of the extensometric measurements at Budapest observatory. *Marées Terrestres Bulletin d'Information*, Bruxelles, (2006), No. 141, pp. 11263-11269.
13. Mentés Gy. Berta Zs. Eper-Pápai I.: Stability investigation of the new three-dimensional extensometric observatory in Bakonya, Hungary. *Marées Terrestres Bulletin d'Information*, Bruxelles, (2006), No. 141, pp. 11253-11262.
14. Varga P. Mentés Gy.: Strain data and seismicity. *Marées Terrestres Bulletin d'Information*, Bruxelles, (2006), No. 141, pp. 11287-11292.
15. Mentés Gy.: Detection of tidal signals on large objects and in their surroundings. *Journal of Applied Geodesy* 1 (2007), 45-52. (de Gruyter 2007 DOI 10.1515/JAG.2007.006).
16. Mentés, G.: Observation of recent tectonic movements in the Pannonian Basin, *J. Geodyn.* (2007), doi:10.1016/jog.2007.10.001.