

T042900 Záró beszámoló

Regionális tektonikai sebességtérkép Közép-Európában

A projekt elhelyezése és a fontosabb munkafolyamatok összefoglalása.

A projekt része a hosszabb idő óta Magyarországon, valamint Közép-Európában nemzetközi együttműködésben folytatott GPS geodinamikai vizsgálatoknak. Ezek keretében 1991-ben illetve 1994-ben létrehozták a szélső pontosságú GPS mérésekre alkalmas magyar, valamint közép-európai geodinamikai alappont-hálózatokat (HGRN,CEGRN).

A projekt végrehajtása során a következő főbb feladatcsoportok elvégzésére került sor:

Terepi mérések. Két alkalommal, 2003-ban és 2005-ben megszerveztük és végrehajtottuk a HGRN és CEGRN pontokon esedékes monitorozó GPS mérési kampányokat. Ennek során a korábbi adatsorokat kiegészítő értékes új adatokhoz jutottunk.

Adatfeldolgozások. Az GPS mérési adatokat adatbankba helyeztük és a szélső pontosságú helymeghatározásra alkalmas BERNESE GPS hálózati tudományos szoftverrel feldolgoztuk, kiértékeljük. A kiértékelést nemcsak a 2 kampányra, hanem a korábban kapott eredményekre retrospekíve is elvégeztük, ezáltal immár 14 illetve 11 éves méréssorozatokhoz jutottunk. A mérési pontosság a feldolgozott adatokból horizontálisan 1,5 mm-nek vertikálisan 4,5 mm-nek adódott a hálózatok teljes kiterjedésére. Az alkalmazott légköri modellek és feldolgozási módszerek javításával sikerült a vertikális komponensek pontosságát javítani.

Minőségbiztosítás. A projekt eredményeinek megbízhatósága szempontjából kiemelkedő feladat volt a hálózati pontok és a mérési feltételek minőségének ellenőrzése. Footprint mérésekkel megvizsgáltuk a penci permanens GPS állomás stabilitását. Az antennákra kalibrációs méréseket végeztünk. Kifejlesztettünk egy eszközt a pontok horizont maszkjának meghatározására (HOPP) és elvégeztük a horizontmaszk méréseket. Metodikát dolgoztunk ki az állomásokon fellépő elektromágneses zavarok vizsgálatára és elvégeztük az erre vonatkozó rádióspektrum méréseket Magyarországon és több külföldi partnerünknel. Az eredményeket hozzáférhetővé tettük az interneten.

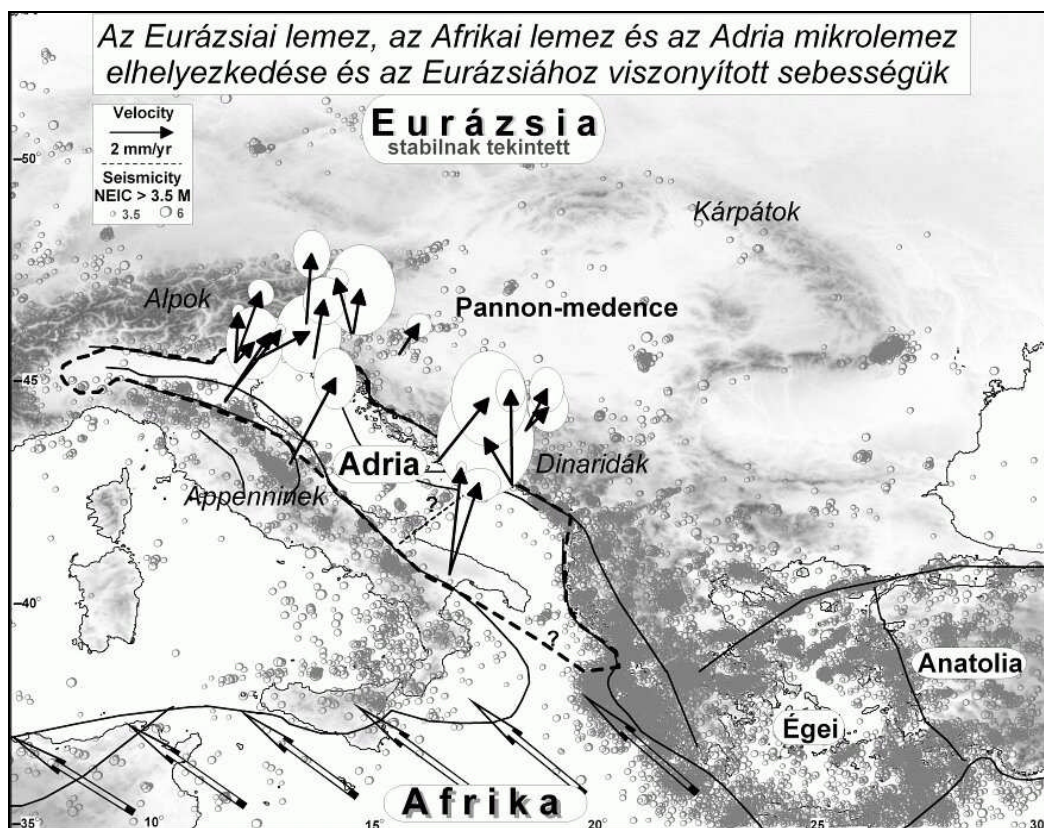
Új permanens állomás létrehozása. Az előbb tárgyalt minőségbiztosítási metodika és eszköztár segítségével széleskörű kutatást végeztünk egy új magyarországi permanens geodinamikai GPS állomás helyszínének kiválasztására. Sümeget találtuk megfelelőnek, ahol kiépítettünk és üzembe is állítottunk egy ilyen permanens állomást. Sümeg 2004 májusa óta szolgáltat folyamatosan kiváló minőségű méréseket a HGRN és a CEGRN keretében.

Regionális tektonikai sebességtérkép. A GPS mérési sorozatok kiértékelése, az idősorok analízise és tektonikai interpretációja eredményeképpen a projekt során egyre megbízhatóbban lehetett a HGRN és CEGRN pontok sebességvektorait meghatározni egy „kontinensen belüli - intraplate” vonatkozási rendszerben. A sebességvektorok hibája kisebb, mint 1 mm/év. Ezáltal sikerült a pontok által lefedett terület tektonikai sebességviszonyait eddig nem elérhető pontossággal feltérképezni. Ezzel nem csak számos korábbi földtudományi hipotézist sikerült alátámasztanunk, vagy pontosítanunk, hanem több új és meglepő jelenségre is fényt derítettünk. A következőkben ezek rövid összefoglalását adjuk.

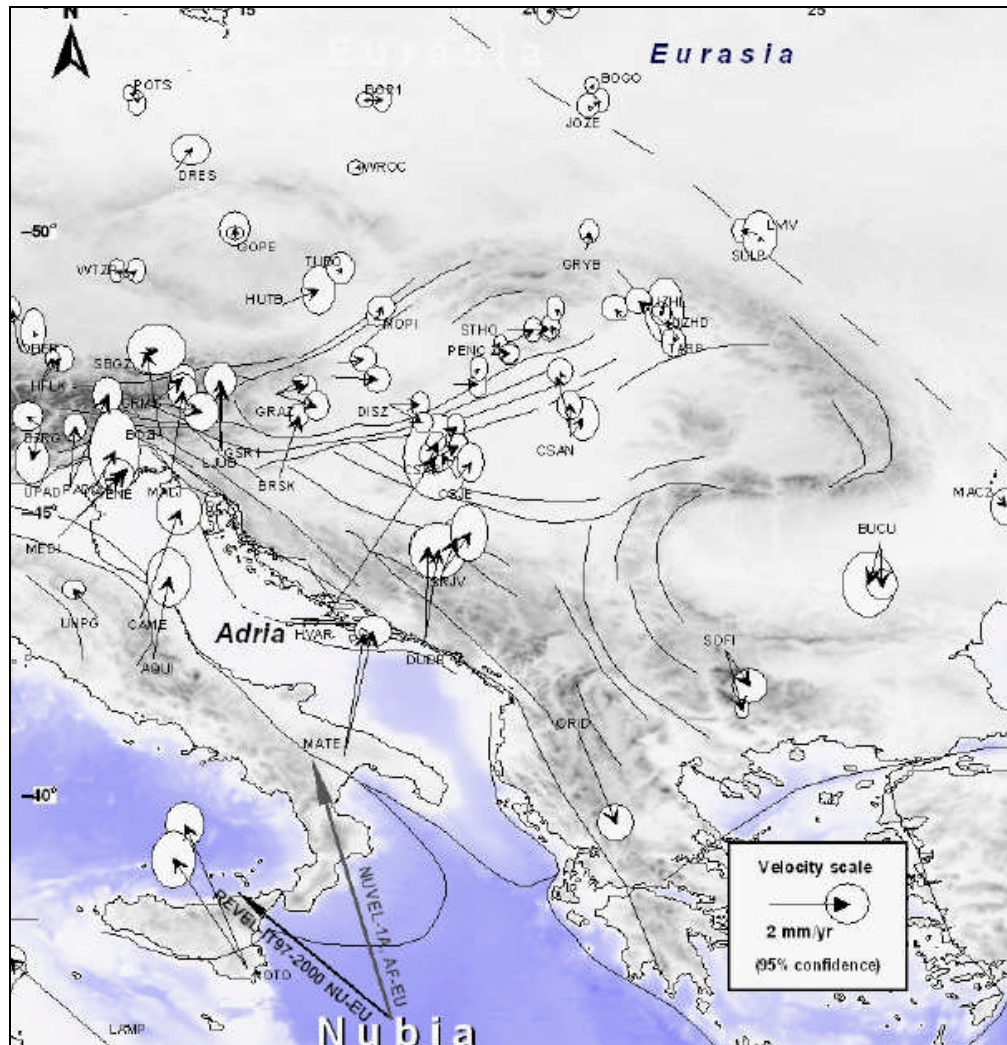
Az Adria mikrolemez és hatása a Pannon medencére

Az 1990-es évektől mindinkább nyilvánvalóvá vált, hogy az Adria mikrolemez mozgása határozza meg dél Közép-Európa jelenkori tektonikáját. A térségben elhelyezkedő 10 ország deformációs viszonyainak és a földtani eredetű veszélyeztetettségének megismerésében elengedhetetlen a mikrolemez mozgásának és az azt kísérő folyamatoknak az ismerete.

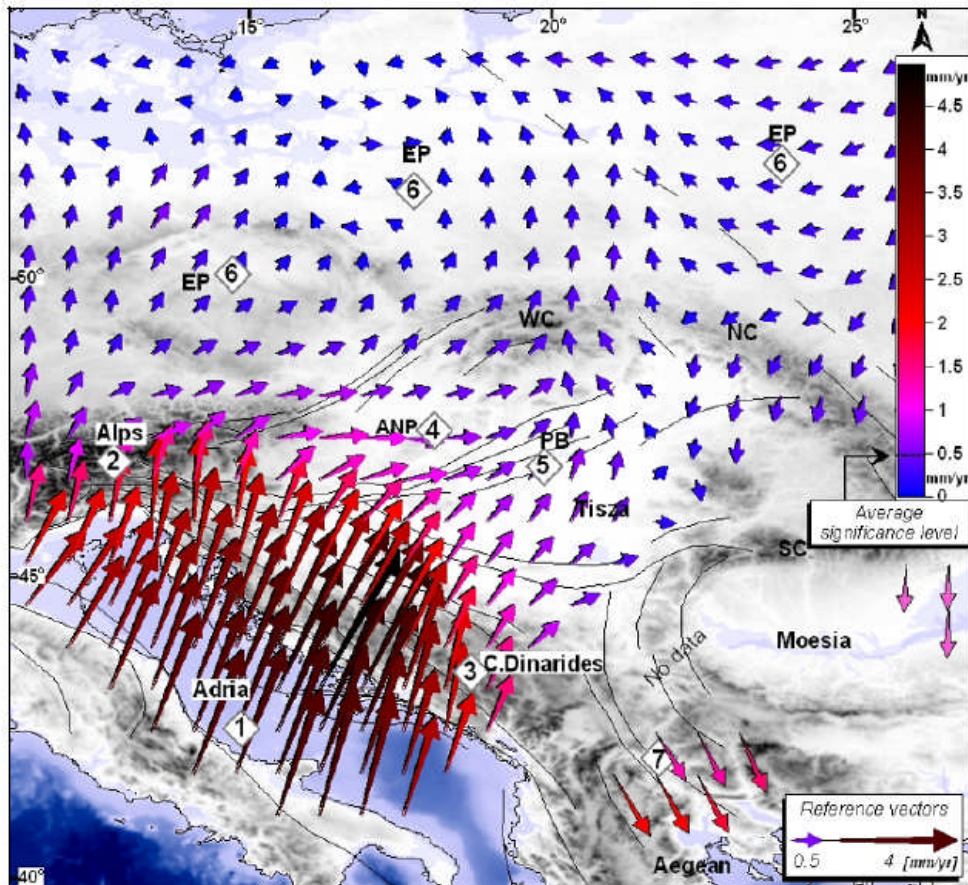
A korábbi geológiai, szeizmológiai és geodéziai adatokon alapuló tanulmányok mellett a Közép-Európai GPS Geodinamika Referencia hálózat és az európai permanens GPS állomásokból álló hálózat, az EUREF igen jelentős mértékben hozzájárult az Adria mikrolemez jelenkori mozgásának és az általa okozott regionális deformációnak meghatározásához. A fenti hálózatok közvetlen mérési eredményei alapján az 1. ábrán látható az Adria mikrolemez jelenkori mozgása az Eurázsiai lemezbelsőhöz képest. A sebességvektorok egyértelműen egy észak, északkeleti irányú mozgást mutatnak. Ezek nagysága 2.5-4.5 mm/év között vannak. A sebességtérképek (1.- 3.ábra) világosan mutatják, hogy az Adria mikrolemez ütközik az Alpokkal és a Dinaridákkal. Ezen hegységek a jelenkorban is jelentős kompresszió alatt vannak, amely intenzív földrengéstevékenység, feltolódásos, gyűrődéses deformációk és kiemelkedés kíséri. E hegységvonulatokról keletre és északkeletre helyezkedik el a Pannon-medence. Ezeken a hegységeken keresztül közvetve a Pannon medencét is nyugat és délnyugati irányból a nyomóhatás éri. Ez az Adria mikrolemez mozgásából eredő közvetett nyomóhatás a fő mozgatóereje a medencében lejátszódó jelenkori mozgásoknak, deformációknak.



1. ábra. Az Afrika és Eurázsia nagy litoszférolemezek és a határzónájuk központi területe. Mind Afrika űrgeodéziai mérésekből készített modell szerinti mozgása (Sella és társai 2002), mind az Adriai mikrolemezen lévő GPS állomások mérésekből meghatározott sebességvektorai (Grenerczy és társai, 2005) az Eurázsia lemezbelsőhöz viszonyítva vannak megadva. A szeizmicitás az NEIC katalógus 1973-tól regisztrált 3.5 határmagnitúdó feletti rengései.



2. ábra. Közép-európai sebességtérkép az integrált CEGRN, a HGRN és az EUREF GPS adatokból levezetve. A CEGRN adatok 1994-2005 időszakra, a HGRN adatok 1991-2005 időszakra, az EUREF adatok 1996-2006 időszakra vonatkoznak. Az „intraplate” sebességek az ITRF 2000-ben rögzített Európai Platformra vonatkoznak. (Grenerczy és társai, 2005)



3. ábra. Közép-Európa (interpolált) folytonos sebességtérképe a GPS adatok alapján. A számozott címkék a főbb tektonikai egységeket jelölik. EP. – Európai Platform, ANP. – Alpi-Észak Pannon egység, PB. - Pannon Medence, WC.- Nyugati Kárpátok, NC. – Északi Kárpátok. (Grenerczy és társai 2005)

Deformációk a Keleti Alpoktól az Adrián át a Bohemiai masszívumig. Szeizmikus, topográfiai, és GPS sebesség szelvényeket készítettünk az Alpokon keresztül. A körülbelül 600 km hosszú szelvények az Adria északi részétől a Bohemiai masszívumig terjednek. A sebesség szelvényből 2.3 ± 0.5 mm/év nagyságú, észak-dél irányú, Adria- Dél Alpok közeledést állapíthatunk meg. A szeizmicitás és topográfiai szelvény összevetéséből megállapítható, hogy intenzív szeizmicitás figyelhető meg a Dél- Alpokban, ám ez a szeizmicitás jelentősen csökken, az Európai platform felé haladva.

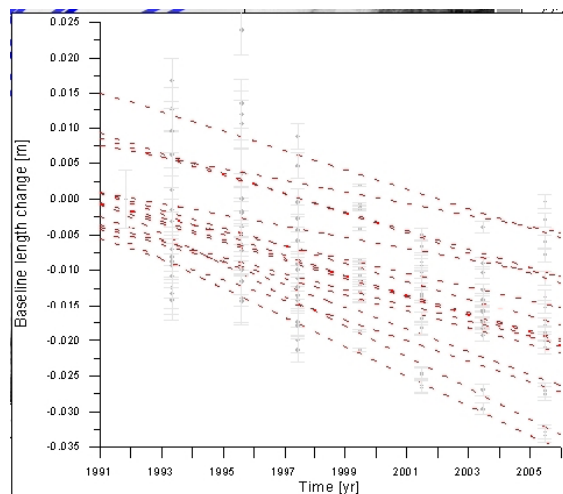
Meghatároztuk az Adria és a Déli-Alpok konvergenciájának mértékét, ami $2,3\text{mm/év}$ D-É orientációval és azonosítottuk azt a vékony zónát a Déli-Alpokban, ahol a kontrakció végbemegy. A kontrakció mellett keleti irányú, a Pannon-medence felé tartó kitolódást is megfigyeltünk, melynek kiinduló pontja a kontrakciós zónától északra a Középső-Alpokban helyezkedik el (Grenerczy és társai 2005).

Deformációk az Adriától a Középső Dinaridákon át a Pannon medencéig. Szeizmikus, topográfiai, és GPS sebesség szelvényeket szerkesztettünk a középső Dinaridákon keresztül is. A 600 km hosszú keresztzelvények a mikrolemez nyugati részétől a Pannon medence keleti részéig húzódnak. A szelvények kiértékeléséből megállapítottuk, hogy a $4\text{-}4.5$ mm/év sebességgel mozgó Adriai lemez sebessége 1mm/év – re csökken az adriai lemez, és a medence határánál. Együttesen analizáltuk a deformációt és az általa okozott szeizmikus aktivitást, valamint a topográfiát. Vizsgáltuk a deformáció térbeli eloszlását, alakját, és

sebességét. A kapott eredményekből megállapítottuk, hogy a partokhoz közel intenzív kontrakciós folyamat játszódik le és további, egységesen 6-7 ppb/év nagyságú kontrakciós értéket figyelhetünk meg a hegységekben. A Középső Dinaridák tektonikai helyzete ettől eltérő tulajdonságú. A Pannon-medence vékony, gyenge litoszférája keletre helyezkedik el a keleti Alpok észak-dél irányú kompressziós zónájától, ahol kelet felé történő kipurolódás, és strike-slip deformáció járul hozzá a deformációhoz. A Pannon medence azonban a központi Dinaridák mögött helyezkedik el és nem nyújt szilárd hátteret, mint az Európai Platform az Alpoknak. Ezért ezen a területen nem találunk laterális extrúziót (Grenerczy és társai 2005).

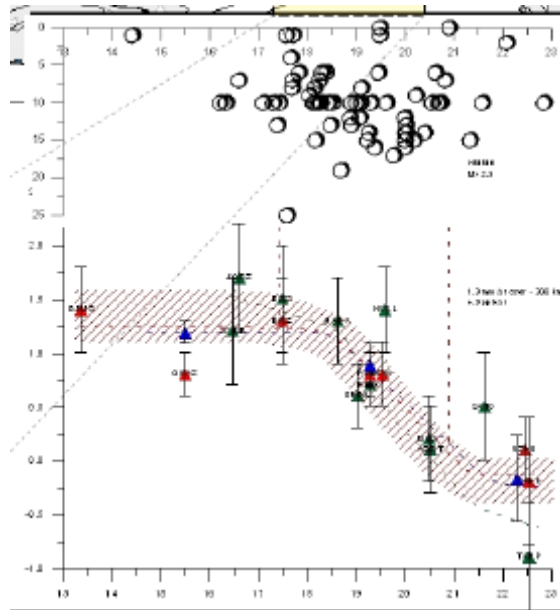
Deformáció a Pannon-medencében.

A referencia rendszerektől független módszer a GPS pont-párok távolságának illetve távolságváltozásának vizsgálata. Kimutattuk a Pannon-medence nyugati és keleti peremén elhelyezkedő GPS pontokat összekötő „bázisvonalak” hosszának szisztematikus csökkenését mintegy 40 bázisvonal vizsgálatából. Ez a jelenség meggyőzően szemlélteti a Pannon-medencében ma is végbemenő kontrakciót (4. ábra).



4. ábra. A Pannon-medence nyugati és keleti részén elhelyezkedő GPS pontok közötti távolság változása az idő függvényében. Az ábrán az 1991 és 2005 időszakban végzett mérésekre illesztett regressziós egyenesek vannak feltüntetve. Az ábra jól illusztrálja a medencében jelenleg is végbemenő évi 1-2 mm-es Ny-K irányú kontrakciót. (Grenerczy, 2006)

A sebességadatokból azt is sikerült kimutatni, hogy a Pannon Medencében zajló kontrakció mely területen disszipálódik. Az 5. ábrán látható feltűnő sebességgradiens nagyrészt a Bakony – Budapest közötti zónára esik. A momentum disszipációja szemléletesen tükröződik a térség szeizmikus aktivitásában, amint ezt az 5. ábrán láthatjuk.



5. ábra. GPS pontok keleti sebességkomponensei az Alpi-Észak-Pannon egység nyugat – kelet vonulatának 700 km-es szakaszán (háromszögek a hibahatárokkal). Az ábra felső részén a körök a 2.3 magnitúdó feletti szeizmikus profilt ábrázolják ebben a zónában. Feltűnő jelenség, hogy a Pannon-medence középső részén mutatkozó fokozott szeizmicitás arra a szakaszra esik, ahol az Adria és az Európai platform közül kelet felé kipréselődő Észak-Pannon egység mozgása lefékeződik, a sebességek hirtelen csökkenni kezdenek, a momentum disszipálódik. (Grenerczy, 2002 és 2007)

A projekttel összefüggő eredményeket több szinten is ismertettük publikációk, könyvrészletek, előadások, népszerűsítő cikkek formájában. Az eredmények kellő diszkussziós fórumot kaptak a magas szintű nemzetközi konferenciákon (pl. a European Geosciences Union bécsi kongresszusain) és a félévente megrendezett CERGOP-2 projektmegbeszéléseken. Magyarországon az MTA Földtudományi Osztályának ülésén tartottunk áttekintő előadást. Az eredmények átfogó publikációja a Journal of Geodynamics című referált szakfolyóiratban előkészítés alatt áll, és előreláthatólag még 2007-ben megjelenik.

Penc, 2007.02.20.

Dr. Fejes István
témavezető