

# Az Ørsted mesterséges hold mágneses mérési adatainak feldolgozása és értelmezése

KIS KÁROLY<sup>1</sup>, WITTMANN GÉZA<sup>2</sup>

OTKA nyilvántartási szám: T 038008

*Az Ørsted, a CHAMP és a SAC-C mesterséges holdak által mért mágneses adatsorok teljesítménysűrűség-spektruma a Yule–Walker- és a Burg-féle módszerrel került meghatározásra. A számítások alapján az adatsorok domináns hullámhossztartománya a 210–2160 km intervallumba esett. A CHAMP gravitációs és mágneses méréseiből levezetett térképeken, a Pannon-medence nagyobb kiterjedésű területén, két egymástól független anomália ismerhető fel. Az anomáliák kvantitatív értelmezése a Bayes-féle következtetéssel történt, a földkéregben elhelyezkedő hatók tető- és talpmélysége valamint horizontális kiterjedése került meghatározásra.*

**K. KIS, G. WITTMANN: Processing and interpretation of the magnetic measurements of Ørsted**

*The power density spectra of the total magnetic measurements of the Ørsted, CHAMP and SAC-C satellites are obtained by the Yule-Walker and Burg methods. The 210–2160 km dominant wavelength range is determined from the magnetic data series measured by the satellites. Large horizontal gravity and magnetic anomalies are obtained from the CHAMP measurements over the Pannonian basin. The quantitative interpretation of these anomalies is made by the Bayesian inference. The top and bottom depths and the horizontal extensions of the deeper crustal sources are determined.*

Az OTKA pályázat keretében elvégzett legújabb vizsgálatok a több mint tíz évvel ezelőtt elkezdődött munka [KIS, WITTMANN 1998; KIS, WITTMANN 2002; KIS 2006] folytatását képezik.

A dán Ørsted, a német CHAMP és az argentin SAC-C a mágneses mérések szempontjából harmadik generációs mesterséges holdnak tekinthetők. Az első generációt a Kozmosz-49 és a POGO sorozat mesterséges holdjai, míg a második generációt a Magsat képviseli. Mindhárom harmadik generációs üreszközt a korábbi tapasztalatok alapján, többek között a földi mágneses tér mérésére tervezték. Ezek a holdak jelenleg is működnek, az elmúlt évekre vonatkozó mérési adatok rendelkezésre állnak, adatsoraik összevethetők. Az Ørsted, a CHAMP és a SAC-C pályára bocstátásának időpontja 1999. február 23, 2000. július 15, illetve 2000. november 18. Az Ørsted és a SAC-C kezdeti pályaelemei hasonlóak, apogeumuk 865 km, illetve 704 km, míg a perigeumuk 649 km, illetve 701 km. A CHAMP pályája kör alakú, kezdeti magassága 454 km volt. Mindhárom mesterséges holdat felszerelték a totális mágneses tér mérésére alkalmas skalár magnetométerrel, az Ørsted és a CHAMP esetében ez overhauser magnetométert jelent, míg a SAC-C hélium magnetométerrel rendelkezik. A mérések pontossága mindhárom esetben  $\pm 0,5$  nT.

Amennyiben mágneses anomáliákat kívánunk meghatározni, akkor a Föld magjából származó mágneses teret szeparálni kell az egyéb hatások által létrehozott tértől. A szeparációt a földi mágneses teret leíró sorfejtés alapján, az  $n=13$ -ig figyelembe vett együtthatók felhasználásával kiszámított térhez viszonyítva hajtják végre.

A forrás szerinti szétválasztás következtében a mesterséges holdak méréseiből meghatározott mágneses adat-

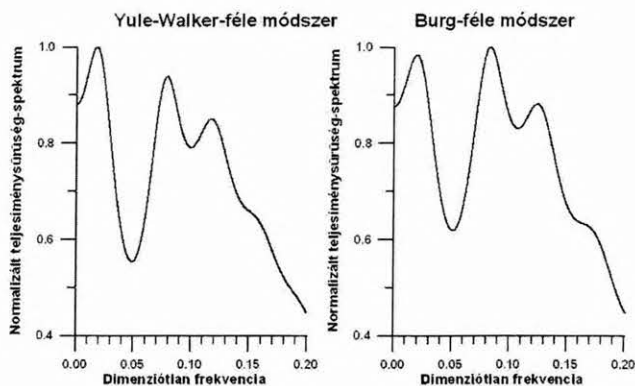
sorok 3000 km-nél rövidebb hullámhosszakat tartalmaznak. Az analízisre felhasznált adatsorok mintavételi távolsága jelen számítások során 5 másodperc, ez mintegy 38 km pálya menti távolságnak felel meg. A szeparációval előállított mágneses anomália-szelvények egy nap időtartamot fednek le. Ezen idő alatt a mesterséges holdak — az átlagos 90 perces keringési időt figyelembe véve — 16-szor kerülnek meg a Földet. Az anomáliászelvények spektrális analízise alapján meghatározhatók az adatsorokban előforduló domináns hullámhosszak, amelyeknek ismerete szükséges az adatsorokból levezethető anomália-térképek meghatározása során. A lehetséges eljárások közül a Yule–Walker és a Burg-féle módszert alkalmaztuk [KIS, WITTMANN 2006]. A Burg-féle, az entrópia maximalizálásán alapuló eljárást használtuk a Magsat mesterséges hold európai régióra vonatkozó adatsorainak feldolgozása során is [KIS, WITTMANN 2002].

A maximális értékkel normalizált teljesítménysűrűség-spektrumokat dimenzió nélküli frekvencia függvényében ábrázoltuk. Amennyiben az 5 másodperces vagy a 38 km-es mintavételi távolságot osztjuk a dimenzió nélküli frekvenciával, akkor az időbeli vagy a térbeli hullámhosszakat kapjuk meg. Az Ørsted hold méréseiből a 340–2160 km (*I. ábra*), a CHAMP méréseiből a 290–2100 km, míg a SAC-C méréseiből 230–2160 km a meghatározható domináns hullámhossztartomány. Ez a hullámhossztartomány jelentkezik az anomáliatérképek levezetése során.

A mesterséges holdak mágneses méréseiből levezetett anomália-térképek regionális jellegűek, így csak a nagyobb földtani egységek által létrehozott anomáliákat lehet a térképeken felismerni. Az anomália-térképekből becsülhetők az azokat approximáló hatók modellparaméterei. A CHAMP méréseiből meghatározott, a Pannon-medence területére eső jellegzetes gravitációs és mágneses anomáliák kvantitatív értelmezése a Bayes-féle következtetésen alapult. Az alkalmazott szélsőérték feladat numerikus

<sup>1</sup> MTA-ELTE Geofizikai és Környezetfizikai Kutatócsoport,  
H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

<sup>2</sup> MOL Nyrt. Kutatás-Termelés,  
H-1117 Budapest, Budafoki út 79.



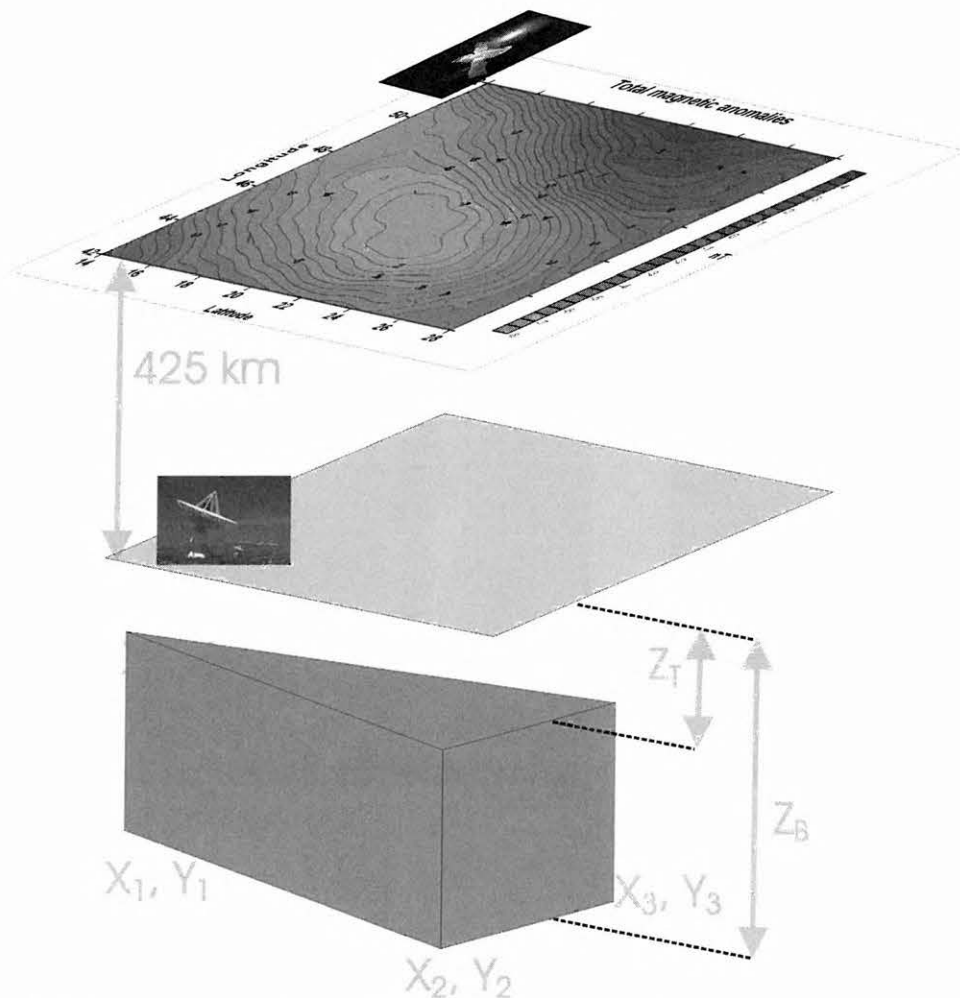
1. ábra. Az *Ørsted* mesterséges hold 2001. augusztus 16-án végzett mágneses méréseiből levezetett idősor Yule-Walker- és Burg-féle módszerrel meghatározott, normalizált teljesítménysűrűség-spektruma a dimenziótlan frekvencia függvényében

Fig. 1. Normalized power density spectra of the time series determined from the magnetic measurements of the *Ørsted* satellite at August 16, 2001. Spectra are determined by the Yule-Walker and Burg methods and plotted versus dimensionless frequency

megoldása a gravitációs anomália inverziója során az  $L_2$ -norma szerint a szimplex algoritmussal történt, míg a mágneses anomália esetében szintén az  $L_2$ -norma szerint a simulated annealing módszer került alkalmazásra [Kis et al. 2005; Kis et al. 2006].

A Pannon-medence déli részén található gravitációs anomália 400 km-es magasságban 2 mGal amplitúdójú. A közel kör alakú anomáliát a Dinári és Kárpát-Balkán tektonikai egységek által határolt medenceszerkezet területén észlelték, amelyet véges kiterjedésű henger modellez. Az anomália által határolt területen a Moho 29 km mélységű. Az inverzióval meghatározott hengermodell átmérője  $260 \pm 60$  km, tetőmélysége  $8 \pm 10$  km, talpmélysége  $31 \pm 10$  km. A meghatározott ható feltehetően az alsó kéregben található sűrűség-inhomogenitást fejezi ki.

A CHAMP mesterséges hold mágneses méréseiből a Pannon-medencén átnyúló ÉNy-DK irányú anomália ismerhető fel. Az anomália 425 km-es magasságban  $-8$  nT-ás minimummal rendelkezik. A hatót létrehozó kéregblokk részben a Tiszai nagyszerkezeti egység területére esik, amelynek mélyebben elhelyezkedő fragmentumai valószínűleg prevariszkuszi, variszkuszi eredetű kristályos metamorf kőzetek. A reverz mágnesezettségű ható óramutató



2. ábra. A CHAMP mesterséges hold méréseiből meghatározott, a Pannon-medence területére eső mágneses anomália perspektivikus képe és az inverzió modellje

Fig. 2. Perspective view of magnetic anomalies over the Pannonian basin determined from the CHAMP measurements and the forward model of the inversion

járásával egyező 60 fokos deklinációja feltehetően a Tiszai mikrolemeznek a miocén során bekövetkezett elfordulását jelzi. A ható középső–déli része alatt elhelyezkedő Vardar–Marosi zóna ofiolit övezete, valamint a Déli-Kárpátok takarórendszerének prevariszkuszi kristályos kőzetei valószínűleg hozzájárulnak az anomália déli részének kialakításához.

Az anomália értelmezése kvalitatív [TAYLOR et al. 2005a, TAYLOR et al. 2005b] és kvantitatív módon [KIS et al. 2006] is megtörtént. A kvantitatív értelmezés eredménye megerősítette korábbi becsléseinket, azaz az anomáliát létrehozó ható reverz,  $-1,5$  A/m mágnesezettségű, horizontális kiterjedése ÉNY-i irányból kinyíló háromszög, amelynek tetőmélysége  $0\pm 3$  km, talpmélysége  $14\pm 5$  km értékűnek adódott (2. ábra).

A meghatározott hatóparaméterek alapján kiszámításra került a direkt feladat megoldásából származó mágneses tér, illetve a reziduális mágneses tér. A reziduál tér kis amplitúdójú rendezetlen eloszlást mutat. Ez a rendezetlenség a kiválasztott modell adekvát voltára utal.

A nagyobb gépidőt igénylő inverziós számítások a Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési Iroda szuperszámítógépén készültek.

## HIVATKOZÁSOK

KIS K. I., WITTMANN G. 1998: Determination of vertical magnetic anomalies and equivalent layer for the European region from

the Magsat measurements. *Journal of Applied Geophysics* **29**, 11–24

KIS K. I., WITTMANN G. 2002: 3D reduction of satellite magnetic measurements to obtain magnetic anomaly coverage over Europe. *Journal of Geodynamics* **33**, 117–129

KIS K. I., TAYLOR P. T., WITTMANN G., KIM H. R., TORONYI B., MAYER-GÜRR T. 2005: Bayesian inference in satellite gravity inversion. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica* **40**, 161–170

KIS K. I. 2006: Derivation of magnetic anomaly maps from the Magsat measurements. *Studia Cartologica* **13**, 233–239

KIS K., TAYLOR P. T., PUSZTA S., WITTMANN G., KIM H. R., TORONYI B., MAYER-GÜRR T. 2006: A CHAMP mesterséges hold mágneses méréseinek értelmezése a Pannon-medence tartományában. *Magyar Geofizika* **47**, 31–35

KIS K., WITTMANN G. 2006: Az Ørsted, a CHAMP és a SAC-C mesterséges hold mágneses méréseinek spektrális analízise. *Magyar Geofizika* **47**, 51–59

TAYLOR P. T., KIS K., VON FRESE R. R. B., KORHONEN J. V., WITTMANN G., KIM H. R., POTTS L. V. 2005a: A különböző kéregvastagság indikálása a CHAMP gravitációs és mágneses mérései alapján. *Magyar Geofizika* **46**, 19–24

TAYLOR P. T., KIS K., VON FRESE R. R. B., KORHONEN J. V., WITTMANN G., KIM H. R., POTTS L. V. 2005b: Effect of varying crustal thickness on CHAMP geopotential data. *In: REIGBER CH., LÜHR H., SCHWINTZER WICKERT J. (Eds) Earth Observation with CHAMP. Springer* 279–286



Kís Károly



Kís Károly és SÜLE Bálint