

A földmágnesség jelentősége a geodéziában és a navigációban

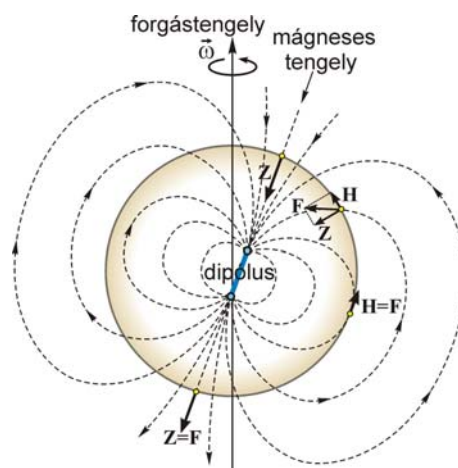
Völgyesi Lajos – Csontos András

A súlypontján keresztül felfüggesztett mágnesű a Föld trópusi és mérsékeltövi tájain – így Magyarország területén is – megközelítőleg a földrajzi észak-déli irányba áll be. Ez lehetővé teszi az iránytű geodéziai és navigációs célú felhasználását. Sajnos azonban a földi mágneses erőter térben és időben rendkívül markánsan változik, ezért a geodéziai célú felhasználása során pontosan ismernünk kell a szerkezetét és a tulajdonságait. A földmágneses tér geodéziai és navigációs felhasználásának jelentősége a GPS alkalmazásával sem csökkent. A tengeri- és a léginavigációban változatlanul használják, – ma sem találunk egyetlen olyan komolyabb vízi vagy légi közlekedési eszközt, amelyen a GPS mellett biztonsági okokból ne működne iránytű.

Tanulmányunk mostani első részében áttekintjük a földmágneses tér szerkezetét, térbeli és időbeli változását, majd a következő számban megjelenő folytatásban a geodéziában és a navigációban alapvetően fontos mágneses deklináció meghatározásával, tulajdonságaival és problémáival foglalkozunk.

1. A földmágneses tér szerkezete

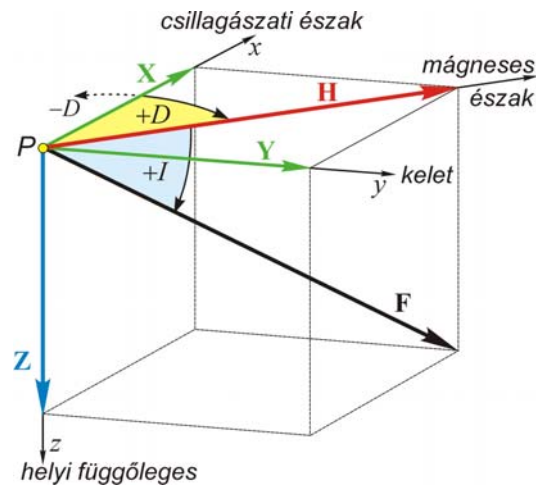
A Föld mágneses tere két fő részből áll, jó közelítésben egy dipólus erőteréből és az ehhez adódó többpólusú, kisebb intenzitású terekből tehető össze. A mágneses tér nagyjából 90 százaléka a bolygónk belső részéből származik, az ehhez járuló (ezt “perturbáló”) egytized résznyi tér forrása pedig részben a földkérget alkotó kőzetek változatos remanens mágnesezettsége, a földkéregben folyó tellurikus áramok hatása, másrészt a külső tartományokból, az ionoszférából, és a magnetoszférából ered. Ennek megfelelően a geomágneses erőter legegyszerűbb közelítésben jól modellezhető a Föld belsejébe képzelte rúd mágnes erőterével, amint az 1. ábrán láthatjuk. Ezt a rúd mágneset nem a Föld geometriai középpontjában, hanem nagyjából Ausztráliától északi irányban a középponttól mintegy 350 km-rel eltolódva kell elképzelni. Ráadásul az excentrikus helyzet mellett a dipólus tengelye sem párhuzamos a Föld forgástengelyével.



1. ábra. A földmágneses dipóluster

A Föld mágneses erőterének leírásához olyan helyi térbeli derékszögű koordináta-rendszert használunk, amelynek kezdőpontja a Föld felszínén az erőter vizsgált P pontja, $+x$ tengelye a csillagászati észak felé mutat, $+y$ tengelye kelet felé, $+z$ tengelye pedig függőlegesen lefelé irányul. A 2. ábrán \mathbf{F} a teljes térerősség-vektort jelöli, ennek vízszintes összetevője a \mathbf{H} vízszintes térerősség, a függőleges összetevője pedig a \mathbf{Z} függőleges térerősség. A \mathbf{H} iránya a mágneses északi irány. A

földrajzi és a mágneses északi irány ritka kivételtől eltekintve nem esik egybe, a kettő által bezárt D szög a mágneses elhajlás vagy *deklináció*. Ha a mágneses északi irány a csillagászati északi iránytól keletre látható, akkor a deklináció pozitív, nyugatra pedig negatív (lásd a 2. ábrán). Az \mathbf{F} teljes térerősség-vektor – eltekintve a mágneses egyenlítőől – nem a helyi vízszintes síkban fekszik, a vízszintessel I szöget zár be. Ez a szög a mágneses lehajlás, vagy *inklináció*. Az inklináció a mágneses északi féltéken pozitív, ahol az \mathbf{F} vektor a Föld belseje felé mutat. A \mathbf{H} vízszintes térerősséget további két összetevőre lehet bontani, az északi irányú \mathbf{X} és a keleti \mathbf{Y} összetevőre.



2. ábra. A földmágneses elemek

2. A normáltér és a földmágneses anomáliák

A Föld mágneses erőtere meglehetősen bonyolult szerkezetű, térben és időben jelentősen változik. A térbeli változás legcélszerűbben úgy jellemezhető, hogy a valódi, mért mágneses erőteret összehasonlítjuk a Föld (mérési eredményekből nyert) elméleti modelljével, vagyis a normál mágneses erőterével. A normál földmágneses erőteret jól megközelítő, viszonylag egyszerű matematikai összefüggésekkel előállítható képzeletbeli erőter-modell. A földmágneses elemek valódi mért értékei, és az elméleti (normál) mágneses tér elemeinek a különbségét *földmágneses anomáliának* nevezzük.

Az egész Földre vonatkozó normáltér legcélszerűbben a Gauss-féle gömbfüggvény-sorfejtéssel állítható elő (Barta, 1957a). A normáltér potenciálfüggvénye gömbfüggvény-sor alakban valamely t időpontra (epochára):

$$V(r, \psi, \lambda, t) = R \sum_{n=1}^k \sum_{m=0}^n \left(\frac{R}{r} \right)^{n+1} [g_{nm}(t) \cos m\lambda + h_{nm}(t) \sin m\lambda] P_{nm}(\cos \psi), \quad (1)$$

ebből gradiensképzéssel a térerősség-összetevők:

$$X = \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \psi}, \quad Y = -\frac{1}{r \sin \psi} \frac{\partial V}{\partial \lambda}, \quad Z = \frac{\partial V}{\partial r}, \quad (2)$$

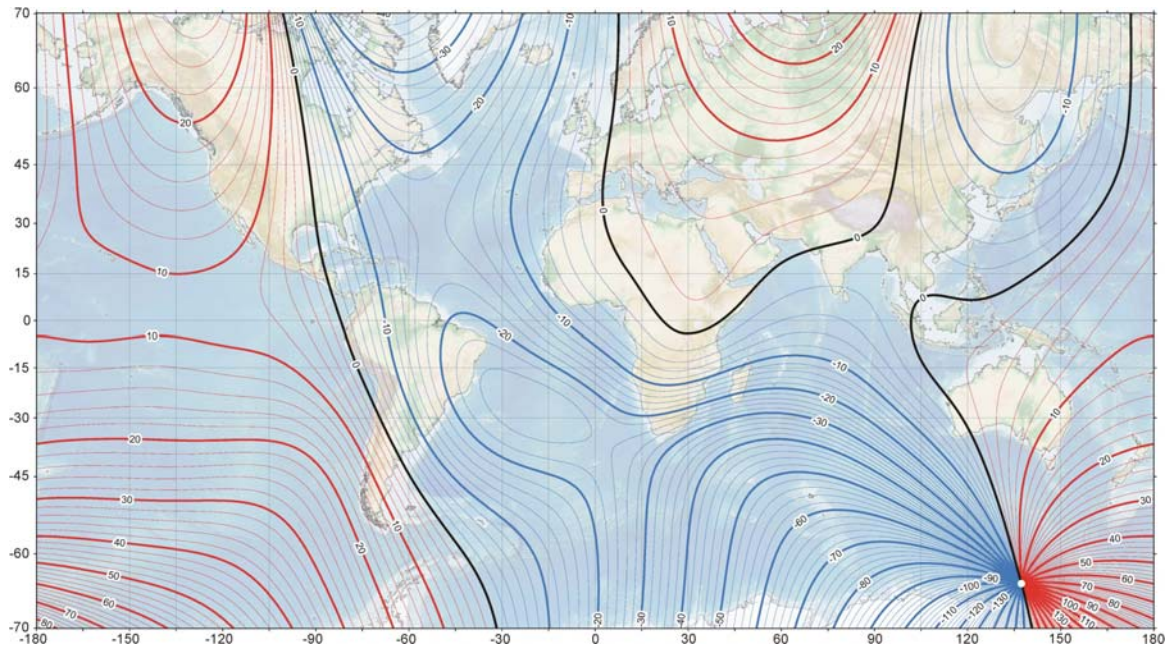
amelyekből pl. a deklináció

$$D = \arctan(Y / X). \quad (3)$$

Az (1) gömbfüggvény-sorban R a térfogat-azonos földgömb sugara, r, ψ, λ geocentrikus koordináták, $g_{nm}(t)$, $h_{nm}(t)$ a t epochára vonatkozó gömbfüggvény-együtthatók, a $P_{nm}(\cos \psi)$ pedig az

asszociált Legendre függvények (Biró és mások, 2013). A $g_{nm}(t)$, $h_{nm}(t)$ együtthatók a mágneses elemek földfelszíni és műholdas méréséből, kiegyenlítéssel határozhatók meg (Finlay et al, 2010).

A 3. ábrán a deklináció normálértékének az egész Földre vonatkozó globális eloszlása látható 2010-ben az International Geomagnetic Reference Field (IGRF-10) modell szerint. Az ezt leíró (1) sorfejtésben $k=13$ fokszámgig és rendig határozták meg az együtthatókat (Finlay et al, 2010). Az ábrán az azonos deklinációjú helyeket az ún. *izogon* vonalak kötik össze (az izogon vonalak értékköze 2°), a nulla deklinációjú, az ábrán a feketével jelölt ún. *agonvonal* mentén a csillagászati és a mágneses északi irány megegyezik. A piros izogonok területén pozitív a deklináció, a kék vonalak mentén viszont negatív. Az ábrán látható, hogy a deklináció értéke a hely függvényében jelentősen változik, tájékozódásra, navigációra egyszerűbben a trópusi és a mérsékeltövi területeken használható, de még itt is akár $\pm 25^\circ$ értékkel eltérhet a mágneses északi irány a földrajzi (csillagászati) északi iránytól. Az ábra alapján Magyarország területén a deklináció jelenleg kicsi, mindössze néhány fok értékű.



3. ábra. Deklináció normálértékek eloszlása a Földön 2010-ben az International Geomagnetic Reference Field (IGRF-10) modell szerint (az izogonvonalak értékköze 2°), forrás: <http://www.ngdc.noaa.gov/>

A Gauss-féle sorfejtés kiválóan alkalmas az egész Földre vonatkozó globális normáltér leírására, a teljes Földre ad jó átlagos mágneses képet. Ugyanakkor a helyi mérésekre nem illeszkedik feltétlenül pontosan, mivel a globális képből hiányoznak a helyi sajátosságok. A fenti $k=13$ fokszámgig a modell legfeljebb 3000 km hullámhosszúságú változásokat tud követni, így az ennél jóval rövidebb hullámhosszúságú változásokat okozó kéreganomáliákat már nem tartalmazza (Bullard, 1967). Kisebb területek, így Magyarország területe is eltörpül ebben a léptékben, ezért Magyarország földmágneses normálképét más úton, az ország területén végzett rendszeres országos alaphálózati mérések adataiból matematikai úton kiegyenlítéssel vezethetjük le (Barta, 1957a; Aczél, Stomfai 1968; Kovács és Körmendi 1999). Ez a normálkép azoknak a kéreganomáliáknak a hatását is tartalmazza, melyeknek kiterjedése a Földhöz viszonyítva kicsi, az ország méreteihez viszonyítva viszont nagy.

A tapasztalat szerint a magyarországi mágneses deklináció normálképe jól leírható a földrajzi koordináták

$$D(\varphi, \lambda, t) = D_0(t) + a(t)\Delta\varphi + b(t)\Delta\lambda + c(t)\Delta\varphi^2 + d(t)\Delta\varphi\Delta\lambda + e(t)\Delta\lambda^2 \quad (4)$$

másodfokú hatványpolinomjával, ahol $D_0(t)$, $a(t)$, $b(t)$, $c(t)$, $d(t)$, $e(t)$ a hatványpolinom együtthatói a t epochában, ($D_0(t)$ az illető mágneses elem normálértéke a koordináta-rendszer φ_0 , λ_0 kezdőpontjában a t epochában), $\Delta\varphi$ és $\Delta\lambda$ a koordináta-rendszer kezdőpontjától mért koordináta-különbségek. Ha a (4)

összefüggésben ismerjük a $D_0(t)$, $a(t)$, $b(t)$, $c(t)$, $d(t)$, $e(t)$ együtthatókat, akkor az ország területén fekvő bármely pontban kiszámíthatjuk a deklináció t időpontra (epochára) vonatkozó normálértékét. A hat ismeretlen együttható meghatározására ennél jóval több pontban országos alaphálózati méréseket végzünk és az ismeretlen együtthatók legvalószínűbb értékét a legkisebb négyzetek alapelve felhasználásával kiegyenlítéssel határozzuk meg.

Magyarország területén az első földmágneses alaphálózati méréseket 1847 és 1857 között végezték. Az akkori pontok közül 12 esik hazánk mai területére, és a méréseket 1850.0 időpontra (1850. január 1. epochára) számították át. További, csak a deklináció értékére kiterjedő alaphálózati méréseket hajtottak végre 1864-1879, 1892-1894, majd 1934-1936 között, amely méréseket 1875.0, 1890.0 illetve 1936.0 epochára redukálták (Barta, 1957a; Szabó, 1983, Csontos és mások, 2007).

A mai Magyarország területén a jelenkori igényeknek is megfelelő első nagy részletességű mágneses alaphálózati méréseket 290 ponton végezték és az 1950.0 epochára redukálták (Barta, 1957a). Ezt követően gyakorlatilag 15 évente történnek ismételt alaphálózati mérések, amelyek felhasználásával 1965.0, 1980.0 és 1995.0 epochákra határozták meg a (4) normálképlet együtthatóit. Az 1964-65-ben végzett méréseket a geodéziai alaphálózat 300 háromszögelési pontjához kapcsolták, a kiegyenlítésből viszont mindazokat a pontokat kihagyták, amelyek környékén erősebb mágneses anomáliákat tapasztaltak, így a végső kiegyenlítésben már csak 231 állomás adatai szerepeltek (Aczél-Stomfai, 1968, 1969). Az 1980.0 epochára vonatkozó újabb meghatározást szintén 300 ponton, de részben más ponthelyeken végezték (az iparosodással együtt járó zavaró mágneses hatások miatt a különböző alaphálózatok pontjainak jelentős részét már a korábbi méréseknél is meg kellett változtatni). Az 1995.0 epochára (1995. január 1.-re) redukált normáltérre vonatkozó országos alaphálózati méréseket 1994-95-ben végezték 195 anomáliamentes ponton (Kovács és Körmendi, 1999).

A 15 éves gyakoriságú meghatározásoknak megfelelő legutóbbi alaphálózati mérés 2010-ben volt esedékes, azonban a mérés a napfoltmaximum és néhány eszköz hiánya miatt még várat magára. 2010-ben csupán szekuláris méréseket végeztek 13 hálózati ponton, ebből a (4) összefüggésnek csak az elsőfokú polinom-együtthatóit határozták meg. 1965-től a különböző időpontokban végzett nyers terepi mérések időbeli korrekcióját a Tihanyi Geofizikai Observatórium – mint referencia obszervatórium – adatsora alapján számítják.

1. táblázat. A (4) összefüggés együtthatói különböző epochákra

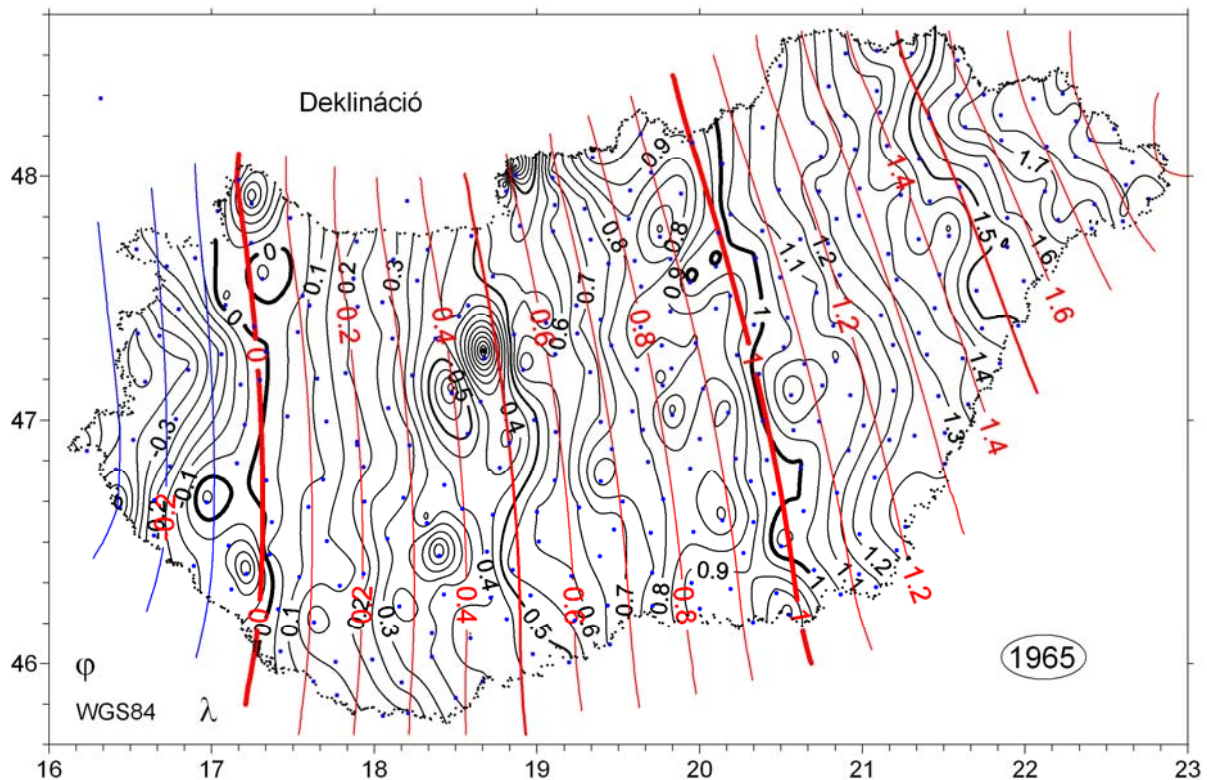
| epocha | D_0 | a | b | c | d | e |
|--------|---------------------|----------|----------|------------|------------|------------|
| 1850.0 | $-13^{\circ}28.03'$ | -0.06438 | +0.46004 | -0.0000187 | +0.0003524 | -0.0000412 |
| 1875.0 | $-11^{\circ}01.05'$ | -0.08491 | +0.60706 | +0.0004680 | +0.0000543 | +0.0002512 |
| 1890.0 | $-9^{\circ}26.10'$ | +0.02117 | +0.42825 | +0.0000086 | +0.0003075 | -0.0000060 |
| 1936.0 | $-3^{\circ}46.04'$ | +0.21363 | +0.57336 | -0.0008854 | -0.0000703 | -0.0003425 |
| 1950.0 | $-1^{\circ}40.90'$ | -0.05249 | +0.37091 | +0.0005354 | +0.0001155 | -0.0000347 |
| 1965.0 | $-0^{\circ}21.87'$ | -0.10859 | +0.31918 | +0.0005524 | +0.0004023 | -0.0000979 |
| 1980.0 | $+0^{\circ}32.88'$ | -0.05398 | +0.30460 | +0.0001638 | +0.0004048 | -0.0001420 |
| 1995.0 | $+1^{\circ}39.04'$ | +0.00469 | +0.21906 | +0.00027 | +0.00010 | -0.00001 |
| 2010.5 | $+2^{\circ}26.40'$ | +0.11062 | +0.22092 | - | - | - |

Az 1. táblázatban összefoglalva láthatjuk a deklináció magyarországi normálterének leírására vonatkozó (4) hatványpolinomban szereplő együtthatók számértékét a különböző epochákra. Ha pl. a táblázat 6. sorában található együtthatókat írjuk be a (4) összefüggésbe, akkor 1965. január 1.-re vonatkozóan tudjuk kiszámítani a deklináció magyarországi normális eloszlását a

$$D_{(t=1965.0)} = -21.87' - 0.10859\Delta\varphi + 0.31918\Delta\lambda + 0.0005524\Delta\varphi^2 + 0.0004023\Delta\varphi\Delta\lambda - 0.0000979\Delta\lambda^2 \quad (5)$$

összefüggéssel, ahol $\Delta\varphi = \varphi - 45^\circ 30'$ és $\Delta\lambda = \lambda - 16^\circ 00'$ (φ és λ az ellipszoidi /pl. WGS84/ szélesség és hosszúság). Az (5) összefüggésbe a $\Delta\varphi$ és a $\Delta\lambda$ koordinátákat szögperc dimenzióban kell beírunk, ekkor a D értékét is szögpercben kapjuk meg.

A deklináció normáloszlását leíró (5) hatványsor felhasználásával megszerkeszthetjük és térképen is ábrázolhatjuk a normáltér izovonalait. A 4. ábrán a deklináció területi alakulása látható Magyarországon 1965-ben. A normáltér izogonjait piros illetve kék vonalakkal jelöltük, (piros a pozitív, kék a negatív deklináció); a 300 pontban mért értékek alapján megrajzolt izogonok ugyanezen az ábrán fekete színűek.



4. ábra. Deklináció normáltértékek (piros, illetve kék izogonok) és a mért értékeknek megfelelő (fekete) izogonok eloszlása Magyarországon 1965-ben (az izovonalak értékkeze 0.05°)

A földmágneses tér időbeli változása következtében Magyarországon a deklináció ma már mindenütt pozitív és a keleti irányban egyre nagyobb. Ez szemléletesen azt jelenti, hogy jelenleg Magyarországon az iránytűk északi vége mindenütt a csillagászati É-től K-re tér el. Az ország nyugati és keleti szélé között a különbség több mint 1.5° .

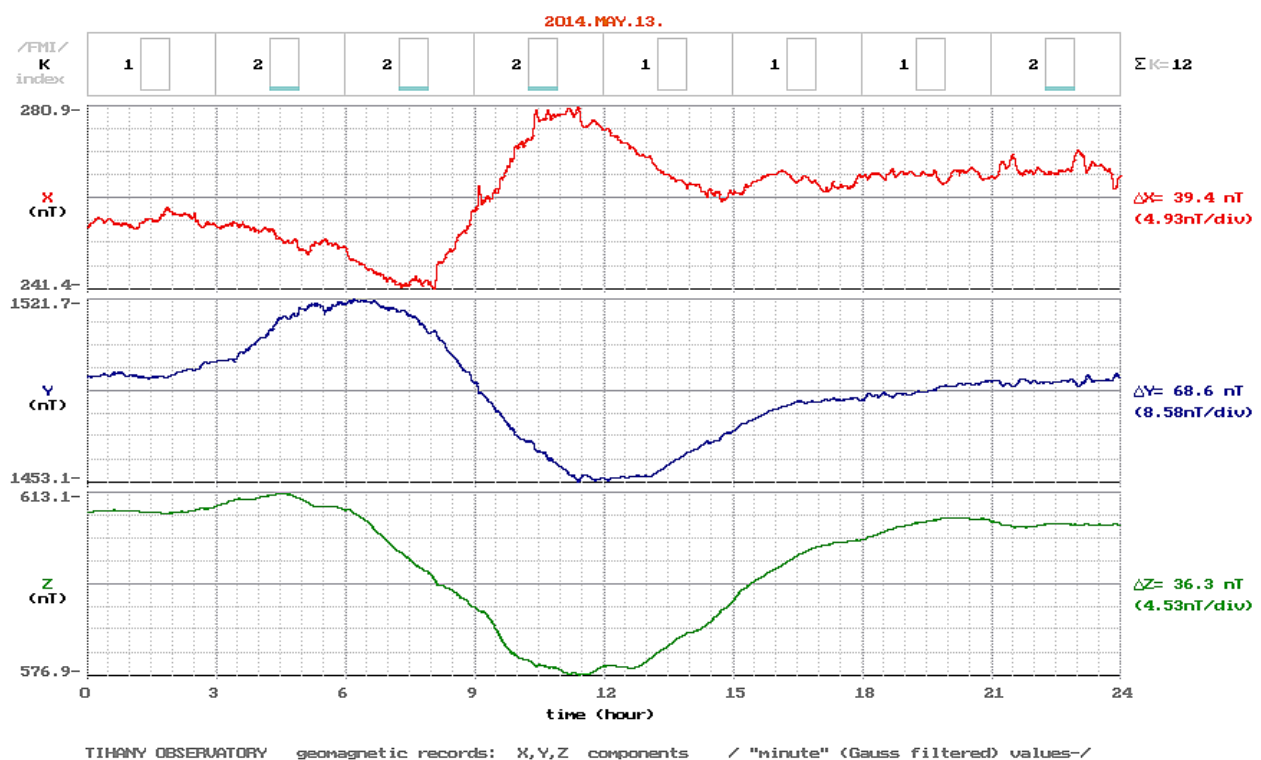
3. A földmágneses tér időbeli változása

A Föld mágneses erőterének időbeli változása minden más földfizikai folyamatnál markánsabb. Ez magyarázza, hogy a Föld mágneses terére vonatkozó adatok vizsgálatakor minden esetben meg kell adni azt az időpontot (*epochát*) is, amelyre az adatok vonatkoznak. A változásokban sokféle hatás együttesen nyilvánul meg, ezek közül egyesek periodikus, mások nem periodikus jellegűek. A változások lefolyását tekintve lehetnek *rövid idejű* (másodpercestől néhány napos periódusú); *évszázados*, vagy *szekuláris* (néhány évestől néhány száz éves időtartamú); és ún. *paleoszekuláris* (a földtörténeti korokra kiterjedő) változások.

A rövid idejű és a szekuláris változásokat a földmágneses obszervatóriumok folyamatos műszeres regisztrálása alapján elemezhetjük. Magyarországon régebben Nagyszombat, Budán, Ógyallán majd Budakeszin, jelenleg pedig a Tihanyi Geofizikai Obszervatóriumban (MFGI) és a nagycenki

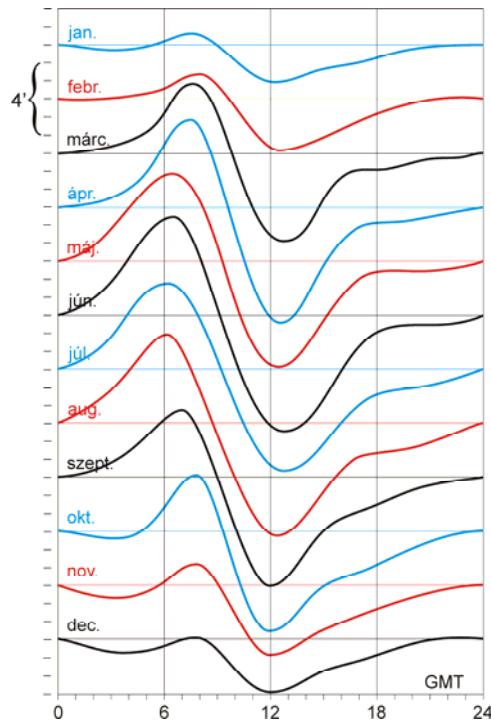
Széchenyi István Geofizikai Observatóriumban folyik a mágneses elemek folyamatos regisztrálása. Tihanyban jelenleg a mágneses térerősség-vektor teljes erősségét (totális intenzitását) és a vektor irányának leírásához szükséges összetevők (pl. **X**, **Y**, **Z**) időbeli változását mérik. A regisztrátumok az MFGI weboldaláról interneten is folyamatosan elérhetők. Az 5. ábrán példaként a Tihanyi Observatórium egy jellegzetes regisztrátumát láthatjuk 2014. május 13.-án. A regisztrált három független térerősség-összetevő egyértelműen jellemzi a mágneses tér időbeli változását, belőlük az alapszintek ismeretében a többi mágneses elem időbeli változása a 2. ábra alapján meghatározható.

Ha az obszervatóriumok által rögzített regisztrátumokat megvizsgáljuk, akkor azt tapasztaljuk, hogy bizonyos napokon a mágneses elemek szépen, szabályosan változnak, más esetekben viszont a szabályos változás alig, vagy egyáltalán nem ismerhető fel. Az első esetben nyugodt napi variációkról, a második esetben geomágneses háborgásokról, viharokról beszélünk. A háborgatottság fokát pl. a *háromórás K-index*-szel jellemezhetjük, amelynek 0 és 9 közötti egész számú értékét obszervatóriumonként állapítják meg. Példánkban a K-index három óránként meghatározott értékei az 5. ábra felső részén láthatók.



5. ábra. A Tihanyi Geofizikai Observatórium jellegzetes regisztrátuma 2014. május 13.-án. Felül a 3 órás K index, alatta sorra az **X**, **Y**, **Z** összetevők változása látható. Forrás: <http://91.226.79.148/>

A mágneses szempontból nyugodt napokon a földmágneses elemek obszervatóriumi regisztrátumain jellegzetes napi menet figyelhető meg. A 6. ábrán a deklináció szabályos napi változása látható a Tihanyi Observatórium regisztrátumai alapján, amelyek 1965 és 1975 között az egyes hónapok 5 legnyugodtabb napjának átlagolásával készültek (Szabó, 1983). (A görbék különböző színének nincs jelentése, csupán a könnyebb megkülönböztetőséget szolgálják.)



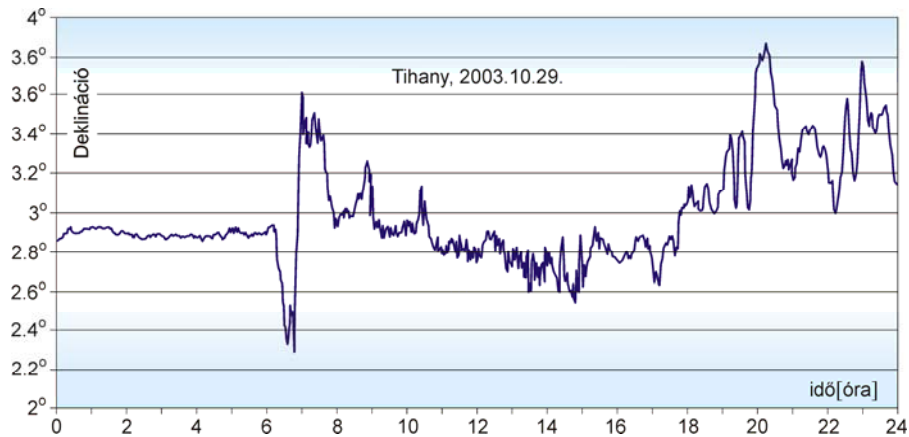
6. ábra. A deklináció szabályos napi változása Tihanyban

A napi menet jellege és amplitúdója a helyszín és az időpont (a Nap magasságának) függvénye. Térségünkben a nyugodt napi menet jellegzetessége, hogy a deklináció a legnagyobb értékét helyi idő szerint reggel 9 óra körül éri el, a minimumérték viszont 13 óra körül alakul ki. Az átlagos napi változás a téli hónapokban mindössze 5 szögperc, a nyári hónapokban viszont elérheti akár a 15-20 szögperc értéket is. Napfoltmaximumok idején nagyobb maximumértékek adódnak, jelezve azt, hogy a deklináció nyugodt napi variációja a naptevékenység függvénye is, és ennek megfelelően 11 éves ciklus szerint is változik. A szabályos napi változás okát az ionoszférában kell keresnünk, – az ionoszférikus áramok keletkezésével és mágneses hatásával a légköri dinamó elve foglalkozik (Kis, 2002; Völgyesi, 2002).

A magnetogramokon megjelenő szabályos napi menetre rakódó egyéb mágneses változásokat összefoglalóan geomágneses háborgásoknak nevezzük.

Ezek időnként teljesen felismerhetetlenné teszik a szabályos napi változásokat. A földmágneses tér háborgásait vizsgálva szoros kapcsolat adódik a háborgások erőssége, gyakorisága és a naptevékenység között. A geomágneses viharok kialakulásában döntő szerepük van a napfoltok szélén kialakuló kromoszférikus erupcióknak, a *flereknek*. A flerek által kidobott óriási plazmatömegek elérve a Földünket, a magnetohidrodinamika törvényei szerint kölcsönhatásba lépve a magnetoszférával jelentősen megváltoztatják a földmágneses erőter szerkezetét. Emiatt napfoltmaximum idején jóval gyakoribbak és erősebbek a geomágneses viharok. A nagyobb földmágneses háborgások esetén gyakran tapasztalható egy 26-31 napos visszatérési hajlam, amely a Nap 27 napos tengelykörüli forgásával kapcsolatos. (A 27 nap körüli ingadozás a napfoltok sajátmozgásával magyarázható.)

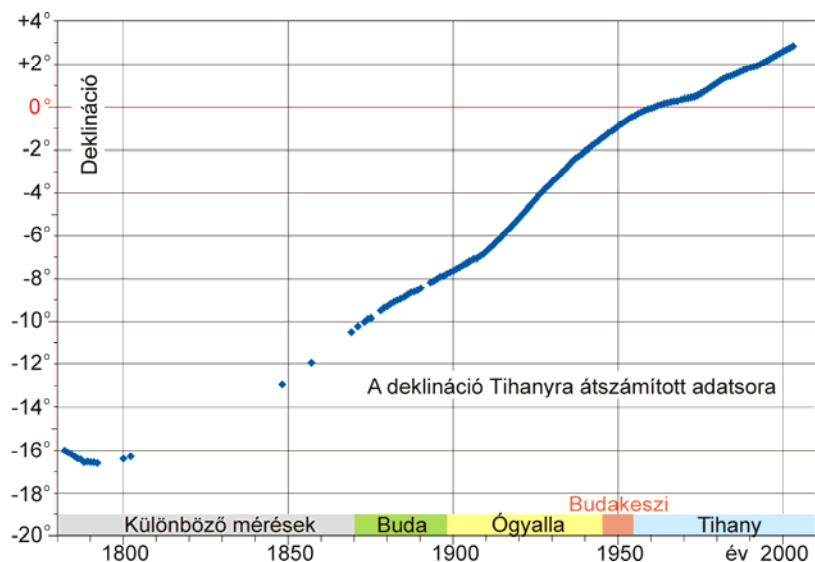
A 7. ábrán egy jelentősebb mágneses vihar idején láthatjuk a deklináció változását a Tihanyi Observatórium területén 2003. október 29.-én. Az ábrán a függőleges tengelyen a deklináció látható fok egységben, a vízszintes tengelyen a helyi időt tüntettük fel. Megállapítható, hogy néhányszor 10 perc idő alatt akár 1 foknál nagyobb mértékben is megváltozhat a deklináció, és ez a durva “ideges” változás hosszabb ideig, több napig is eltarthat.



7. ábra. A deklináció változása a 2003. október 29.-i geomágneses vihar idején Tihanyban

Egy-egy földmágneses obszervatórium regisztrátumai alapján a mágneses elemek évi középértékeit időbeli sorba rendezve a mágneses elemek lassú, egyirányú változását figyelhetjük meg. A jelenség oka a földmágneses tér évszázados, vagy más néven szekuláris változása. Ezek a változások alapvetően periodikusak, de egy-egy periódus igen hosszú – esetleg több évszázad – így a rendelkezésre álló értéksorozatok ma még nem elég hosszúak valamennyi periódus felismeréséhez.

Magyarországon 1870-ben intézményesült Budán a rendszeres földmágneses obszervatóriumi szolgálat *Meteorológiai és Földdelejességi Magyar Királyi Központi Intézet* néven. A deklinációmérések eredményei ettől az időponttól már folyamatosan rendelkezésünkre állnak. (Sajnos a jelenlegi tudásunk szerint 1849-ben a budai csillagda megsemmisülésekor több évtizednyi földmágneses mérési adat vesztett el.) A városi háttérzaj miatt 1898-ban Ógyallára települt az obszervatórium, majd 1945-től Budakeszin és végül 1955-től napjainkig Tihanyban, és 1957-től Nagycenken folyik a regisztráció (Barta, 1957b, Csontos és mások, 2007). A 8. ábrán a deklináció Tihanyra átszámított szekuláris változása látható a fellelhető magyarországi obszervatóriumi adatok alapján. Megállapítható, hogy az 1780 körüli -17° körüli minimum értékről napjainkig egyfolytában növekedik a deklináció értéke, miközben a többé-kevésbé egyenletes emelkedést megzavarja egy közelítőleg fél évszázados periódusú kb. 10-20 perces amplitúdójú hullám.



8. ábra: A deklináció szekuláris változása Magyarországon a fellelhető (Nagyszombat, Buda, Ógyalla, Budakeszi, Tihany) obszervatóriumi adatok alapján

A szekuláris változásokról tudjuk, hogy szétválaszthatóak folyamatos és hirtelen bekövetkező változásokra. Korábban a deklináció folyamatos változását harmadfokú polinommal közelítették

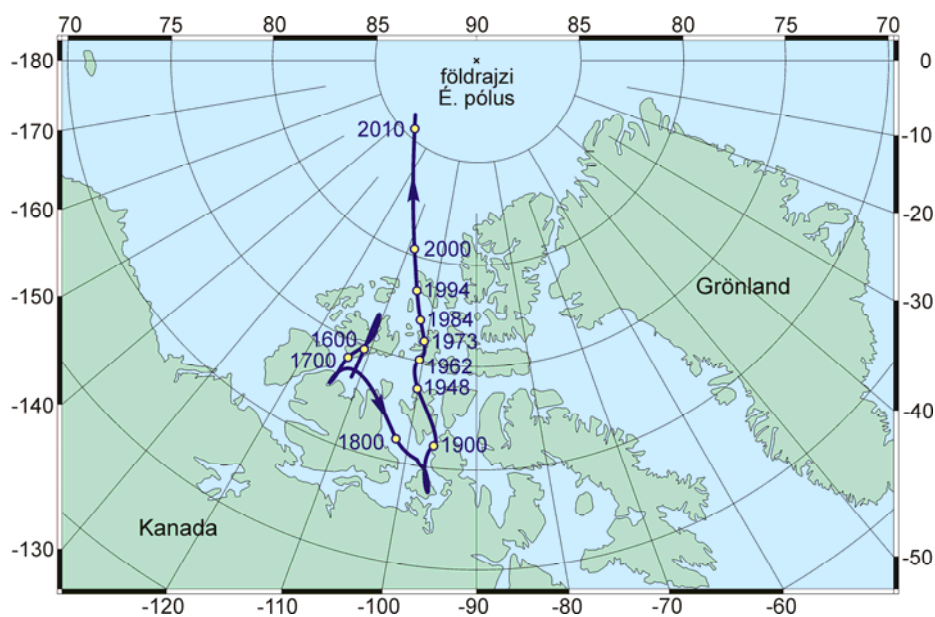
(Barta, 1957a). A viszonylag hirtelen bekövetkező lökészerű szekuláris változások (pl. „jerk”-ek) nem követhetők polinom-modellekkel.

Általában elmondható, hogy adott pont szekuláris menetét első közelítésben három változás együtt befolyásolja:

- a dipólnyomaték adott helyre vonatkoztatott (jelenleg csökkenő) értéke,
- a kvadrupólnyomaték adott helyre vonatkoztatott járuléka (nálunk ez az érték annyira nagy, hogy ellentétes előjelűvé teszi a dipólnyomaték csökkenése miatti intenzitás-változást),
- az egyes mágneses összetevők nyugati irányú driftje által okozott változás (a deklináció esetében 0.2 fok/év átlagosan).

A fentiek ismeretében bizonyos szinten lehetséges a deklináció várható értékének rövidebb időtartamra történő előrejelzése, hiszen ha ismerjük az IGRF modell változásait, és tőlünk keletre látjuk a mágneses tér alakulását, akkor előre megjósolhatjuk Magyarország területére a szekuláris változást. Sajnos egy esetleges *jerk* érkezése mindezt felboríthatja, amit viszont egyáltalán nem lehet előre látni.

A világon a leghosszabb mérési adatsor Londonra vonatkozik, ahol 1540-től mérik folyamatosan a deklináció értékét (Malin és Bullard, 1981). A londoni adatsorból jól sejthető a deklináció fél évezredes, legalább 20 fok amplitúdójú valószínűen periodikus változása. A 8. ábrán a magyarországi változás növekedő jellege megfelel a londoni változás jellegének. Ugyanakkor általában más obszervatóriumok hasonló idősorai eltérő jellegűek, így a londoni adatsor legfeljebb az európai változásokra lehet jellemző, a Föld más helyein a változás jellege ettől jelentősen eltérhet. Könnyen megérthetjük mindezt, ha a 9. ábrán megnézzük a földmágneses északi pólus elmozdulását 1600-tól napjainkig. Az ábrán többek között látható, hogy az utóbbi években a mágneses pólus mozgása jelentősen felgyorsult, magával vonva ezzel bizonyos területeken a deklináció időbeli változásának felgyorsulását is.



9. ábra. A mágneses É-i pólus mozgása 1600-tól napjainkig.

Megemlítjük, hogy a paleomágneses vizsgálatok alapján ma már azt is tudjuk, hogy mindezen bonyolult időbeli változások mellett teljesen véletlenszerűen, de átlagosan 500000 évenként a földmágneses dipólus megváltoztatja a polaritását, azaz felcserélődik a földmágneses É. és D. pólus (Kis, 2002; Völgyesi, 2002). A jelenlegi polaritás időtartama már több mint 780000 év, tehát jóval hosszabb, mint az átlagos időtartam.

A földmágneses térrel kapcsolatos legáltalánosabb geodéziai és navigációs feladat a deklináció értékének meghatározása tetszőleges helyen és időpontban. A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy

nagyobb pontossági követelmények esetén ez egyáltalán nem egyszerű feladat. A Geodézia és Kartográfia következő számában megjelenő folytatásban ezzel a kérdéssel foglalkozunk.

Megjegyzés

Kutatásaink a 76231 sz. OTKA támogatásával folytak.

Irodalom

- Aczél E, Stomfai R (1968): Az 1964-65. évi magyarországi földmágneses alaphálózatmérés. *Geofizikai Közlemények*, 17(3), 5-17.
- Aczél E, Stomfai R (1969): A földmágneses elemek változása a az 1966-os szekuláris mérés szerint. *Geofizikai Közlemények*, 18(1-2), 3-11.
- Barta Gy (1957a): Földmágnesség. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Barta Gy (1957b): A földmágneses tér változása a Kárpát-medencében. *Magyar Geofizika*, 6(1-2), 29-35.
- Biró P, Ádám J, Völgyesi L, Tóth Gy (2013): A felsőgeodézia elmélete és gyakorlata. HM Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Nonprofit Kft. Kiadó, Budapest. Egyetemi tankönyv és kézikönyv.
- Bullard E C (1967): The removal of trend from magnetic surveys. *Earth and Planetary Science Letters*. 2(4), 293-300.
- Csontos A, Hegymegi L, Heilig B, Kovács P, Merényi L, Szabó Z (2007): 50 Years of History of the Tihany Geophysical Observatory. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., C-99* (398).
- Finlay C C et al, (International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Working Group V-MOD. Participating members) (2010): International Geomagnetic Reference Field: the eleventh generation. *Geophysical Journal International*, 183(3), 1216–1230. DOI: 10.1111/j.1365-246X.2010.04804.x
- Kis K (2002): Általános Geofizikai alapismeretek. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Kovács P, Körmendi A (1999): Geomagnetic repeat station survey in Hungary during 1994-1995 and the secular variation of the field between 1950 and 1995. *Geophysical Transactions*, 42(3-4), 107-132.
- Malin S R C, Bullard E (1981): The direction of the Earth's magnetic field at London, 1570-1975. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. 299(1450), 357-423.
- Szabó Z. (1983): A mágneses deklináció változásai Magyarországon (1850-1980). *Geodézia és Kartográfia*, 35(6), 438-442.
- Völgyesi L (2002): *Geofizika*. Műegyetemi Kiadó, Budapest.

Summary

Importance of the geomagnetic field in geodesy and navigation

Magnetic needles suspended through their centre of mass, take a turn about to the geographic north-south direction at the tropical and the temperate regions of the Earth. This allows the use of a compass for geodetic and navigation purposes. Unfortunately, the geomagnetic field has changed very significantly in space and time, so using the magnetic field for geodetic and navigation purposes we should exactly know its structure and properties. Nowadays, in the case of the application of GPS, importance of geomagnetic field in geodesy and navigation has still not decreased. In the marine navigation and aviation the compass is still used because of the security reasons, today we can not find any marine or air vehicle, which travel using only GPS without a compass.

In the first part of our study the structure of the geomagnetic field and its variation in time and space is briefly reviewed and than in the following publication the determination, characteristics and problems of magnetic declination will be studied.



Dr. Völgyesi Lajos
egyetemi tanár

BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék
volgyesi@epito.bme.hu
<http://www.agt.bme.hu/volgyesi>



Csontos András
tudományos munkatárs

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet,
Tihanyi Geofizikai Observatórium
csontos.andras@mfgi.hu

* * *

Völgyesi L, Csontos A (2014): A földmágnesség jelentősége a geodéziában és a navigációban. Geodézia és Kartográfia, Vol. 66, Nr. 5-6, pp. 4-9.

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