

1. előadás: Bevezetés

A geodézia a Föld felületének és létesítményeinek meghatározásával és ábrázolásával foglalkozó tudomány. Feladata lényegében kettős: egyrészt a Föld alakjának, méreteinek, térbeli tájékozásának és nehézségi erőterének meghatározása valamint ezek időbeli változásának rögzítése (*elméleti geodézia*), másrészt a Föld felületén található természetes és mesterséges alakzatok geometriai adatainak megállapítása és ezek alapján az alakzatok ábrázolása, valamint a tervezett létesítmények (utak, hidak, alagutak, építmények stb.) előre megállapított helyének a terepen történő kitűzése (*gyakorlati geodézia*). Az elméleti geodéziát és a gyakorlati geodéziának az országos méréseket tárgyaló részét *felsőgeodézia* néven szokás összefoglalni. A tisztán gyakorlati célú feladatok megoldásához szükséges ismeretek az *alsógeodézia* (vagy újabb nevén az *általános geodézia*) körébe tartoznak.

A geodézia említett kettős feladatának megoldása a Föld fizikai felszínén megjelölt és állandósított (maradandóan megjelölt) pontok bizonyos sűrűségű és eloszlású hálózatainak, az ún. *geodéziai alaphálózatoknak* a segítségével történik, amelyekben a pontok térbeli helyzetét és nehézségi adatait geodéziai és gravimetriai mérések segítségével határozzák meg, valamely alkalmasan kiválasztott rendszerben. Ennek megfelelően a geodézia a háromszögelések, a szintezések, a természetes és mesterséges égitestekre végzett kozmikus geodéziai mérések és a nehézségierőtér-mérések eredményeire támaszkodik.

A geodéziai alaphálózatokat mindig a rendelkezésre álló legkorszerűbb mérési és számítási eljárásokkal fejlesztik ki. A geodéziai alaphálózataink az ország infrastruktúrájának részét képezik, amelyekre a földmérési és térképészeti feladatokon túl újabban a térinformatikai adatbázisok, geoinformációs rendszerek és a kataszteri nyilvántartások is alapvetően támaszkodnak.

A geodéziai alaphálózatokat több egymást követő lépésben hozzák létre, melyek időrendi sorrend szerint több rendre tagolódnak. Ezek száma a hálózat típusától függően különböző. Így például kifejlesztésük sorrendjében első-, másod-, harmad-, negyed- és ötödrendű háromszögelési hálózatot különböztetünk meg, amelyből az első hármat összefoglaló néven elsőrendű, az utóbbi kettőt pedig alsórendű hálózatnak nevezzük. A szintezési (magassági) és a gravimetriai hálózatok szintén a kifejlesztésük sorrendjében első-, másod- és harmadrendű magassági illetve gravimetriai hálózatokra tagolódnak.

Az alaphálózatok létesítése bizonyos rendűségig minden országban központi állami feladat, amelyet egységes terv szerint, célszerű időbeosztással végeznek el az ország területén. A geodéziai alaphálózatok megléte és folyamatos karbantartása éppen úgy alapvető nemzetgazdasági szükséglet, mint a közlekedési vagy a hírközlési hálózaté. Magyarországon a vízszintes alaphálózatot illetően a negyedrendű alappontokig bezáróan, a magassági és a gravimetriai alapponthálózatot illetően pedig a harmadrendű alappontokig bezáróan készülnek egységes országos terv szerint. Ezért ezeket *országos alapponthálózatoknak* is nevezik.

Az egymásba hierarchikusan illeszkedő alapponthálózatok sorában különleges szerep jut az elsőrendű hálózatnak. Az I.rendű geodéziai (vízszintes, magassági, gravimetriai és 3D) alaphálózatok létesítésének célja és feladatai a következőkben foglalható össze:

1. egységes keret biztosítása a részletes felmérések számára (az I. rendű hálózatok alapot nyújtanak a felmérés további módozataira);
2. az I.rendű pontok hálózatai képviselik az országot a nemzetközi együttműködésekben (regionális, kontinentális, sőt az egész Földre kiterjedő egységes geodéziai alaphálózatok alapját képezik);

3. az I.rendű hálózatoknak alkalmasnak kell lenni az ismételt mérések végzésére
 - a) a földfelszíni mozgásvizsgálatokhoz szükséges megfelelő alap szolgáltatása és
 - b) a korábbi hálózatoknak tudományos megalapozottságú pontossági vizsgálata céljából;
4. a Föld elméleti alakjának (a *geoid*nak) a meghatározása és
5. „*integrált pontok*” hálózatának kialakítása ismételt komplex geodéziai (GPS, gravimetriai, szintezési, stb.) mérések végzésére az európai geokinematikai (cm-es pontosságú) magassági hálózat létrehozásához.

Az *1. táblázatban* (Lásd a 14. hét előadási anyagát) Magyarországon az elmúlt közel két évszázad folyamán létesített országos kiterjedésű felsőrendű alapponthálózatok főbb jellemzőit foglaltuk össze (*Ádám, 2003*). Az egyes felsőrendű hálózatokat azonos típuson belül többnyire a vonatkozó hálózatlétesítési munkálatok megkezdési időpontjával nevezték el.

2. előadás

A vízszintes I. rendű hálózat pontjai meghatározásának hagyományos módszere a *háromszögelés* volt. Valamely ponthalmaz pontjainak egymáshoz viszonyított helyzetének háromszögeléssel történő meghatározásához az volt szükséges, hogy a pontoknak egymáshoz csatlakozó háromszögekből álló hálózatot (térbeli poliédert) kellett alkotniuk és ismerni kellett a háromszögek szögeit és oldalainak hosszát, valamint a hálózat helyzetét és az égtájakhoz viszonyított tájékozását az alapfelületen (a referenciaellipszoidon). Ennek megfelelően az elsőrendű vízszintes alaphálózat létesítéskor háromféle mérést kellett végezni:

- a) szögmerést (iránymérést) a hálózat alakjának,
- b) hosszmerést (ún. alapvonalmerést) a hálózat méretének és
- c) csillagászati-geodéziai mérést a háromszögelési hálózat helyének és tájékozásának meghatározása érdekében.

Háromszögelési hálózataink a Föld fizikai felszínén készültek, hiszen itt vannak a pontokat jelölő kövek, amelyeken a méréseket végezték. Így valamely háromszögelési hálózat a valóságban váltakozó nagyságú és alakú háromszögekből mint oldallapokból felépített szabálytalan poliéder. Ez így számításra, a csúcspontok helyzetének meghatározására közvetlenül teljesen alkalmatlan volt. Ezen úgy segítettek, hogy a tengerszint felett különböző magasságban (H) fekvő pontokat rávetítették az elméleti földfelszínre, a geoidra. Annak érdekében, hogy a valóságos hálózat kevésbé torzult képét állítsák elő, vetítő vonalként a függővonalat – a Föld nehézségi erőterének az erővonalát – használták. Ezen a felületen ilyen módon létrehozott háromszöghálózat a geoid szabálytalanságai miatt még mindig alkalmatlan volt a koordináta-számításra, ezért a geoidot egy forgási ellipszoiddal helyettesítették, mert ez a szabályos felület közelíti meg legjobban a geoidot. Így a fizikai földfelszínen képződött eredeti poliéder helyett egy, az ellipszoid felületén levő pontokból kialakított ellipszoidi háromszögekből álló hálózatokhoz jutottak. Az ellipszoidon előállított háromszöghálózat egy pontjának, továbbá egy kezdőoldala hosszának és azimutjának (az égtájakhoz viszonyított irányszögének) valamint természetesen a hálózat belső szögeinek ismerete volt szükséges ahhoz, hogy a hálózat összes további I. rendű pontjának helyzetét az ellipszoidon kiszámítsák.

Magyarországon összefüggő nagyobb háromszögelés legelőször 1807-ben indult meg a katonai térképezés céljára. Ez a munkálat többször is megakadt, majd a régi munkák hibáit felismerve a hálózat létesítését többször is újrakezdték. A munkálatot 1848-tól a bécsi volt Katonai Földrajzi Intézet végezte. A részletes kataszteri felmérés céljából a régi mérésekre támaszkodva kezdték el 1853-ban a felsőrendű hálózat kifejlesztését. Az IAG előszervezetei által is támasztott fokozódó pontossági igények kielégítése és a két világháború pusztításai miatt további három országos háromszögelési hálózatot fejlesztettek ki, melyek az 1807-ben kezdett országos kiterjedésű háromszögeléssel mind a mai napig összekapcsolódnak. A legutóbbi hálózatunk (Egységes Országos Vízszintes Alapponthálózat, EOVA) kifejlesztése a negyedrendű pontsűrítéssel bezárólag 1992 szeptemberében fejeződött be. Ezzel az ország teljes területén elkészült a több mint 52000 háromszögelési pontot tartalmazó (az első-, a harmad- és a negyedrendű hálózati pontokat együttesen magában foglaló) vízszintes alapponthálózat. (Az EOVA kialakításáról részletesebben a későbbiekben lesz szó.)

A vízszintes alaphálózatok és ezek segítségével történő geodéziai ábrázolás (a térképezés és az ennek alapját szolgáló koordináta-számítások) alapfelületül rendszerint

forgási ellipszoid szolgál. A forgási ellipszoid kiválasztásánál mindig arra törekedtek, hogy az mind alakjánál, mind méreteinél fogva minél jobban illeszkedjen a földfelülethez, illetve annak első legjobb megközelítőjéhez, a geoidhoz. Ezért a szóba jöhető forgási ellipszoidok közül mindig a legkorszerűbbet választották geodéziai alapfelületül. A legkedvezőbb ellipszoid alak- és méretmeghatározóit csillagászati és geodéziai mérések alapján az elmúlt két évszázad folyamán számosan levezették, és így számos – egymástól méretben és alakban eltérő – ellipszoidot alkalmaznak a Föld különböző országaiban. A történelmi fejlődés folyamán a geodéziai műszerek valamint a mérési és számítási eljárások finomodása folytán a Földet helyettesítő ellipszoidra egyre megbízhatóbb adatokat szereztek és szereznek napjainkban is.

Mivel az alsóbbrendű háromszögelési pontok elsősorban már csak a fizikai (topográfiai) földfelszín jellemző pontjainak helymeghatározásához, a helyi részletek beméréséhez szükségesek és valóban a földfelszín ábrázolását szolgálják (ami térképekkel, azaz síklapokon történik), ezért az alsóbbrendű pontok koordinátáinak kiszámításához az ország területéhez lehető jól illeszkedő síkvetületi rendszert (esetleg rendszereket) vezettek be. Ehhez az elsőrendű pontok ellipszoidi koordinátáit a választott vetületi rendszer egyenletei alapján a vetületi síkra számították át és a további koordináta-számításokat már ezen a vetületi síkon végezték el. Magyarországon az elmúlt több mint másfél évszázad folyamán számos vetületi rendszer bevezetésére került sor, amelyeket az *1. táblázatban* tüntettünk fel. Ezek jelölése a következő: **VTN** (vetületnélküli rendszer), **STG** (sztereografikus vetület), **HÉR** (hengervetületi északi rendszer), **HKR** (hengervetületi középső rendszer), **HDR** (hengervetületi déli rendszer), **GAK** (Gauss-Krüger-féle vetület), **UTM** (Universal Transverse Mercator) és **EOV** (Egységes Országos Vetület).

A második katonai felmérés céljára 1807-1869 között létesített háromszögelési hálózat helyszíni és számítási munkáival foglalkozó utasításokat (többek között a geodéziai dátum felvételét is) 1810-ben és 1845-ben adták ki Bécsben. Ezek közül a második foglalkozik az alkalmazandó vetülettel. Ennek értelmében az ellipszoidról a síkra a *Cassini*-vetülettel tértek át, amely valójában vetületnélküli rendszert (VTN) jelent, mivel az ellipszoidi hosszakat és szögeket síkadatoknak tekintették. A második katonai felmérés térképei az egész monarchia területén ebben a vetületben készültek, és ezt a vetületet alkalmazták az 1853. évi háromszögelés munkálatainál is. Az 1845-ben bevezetett vonatkozási ellipszoid nagytengelye az *Oriani* által 1807-ben közzétett ellipszoidé, lapultsága pedig az 1812-ben megjelentetett *Zách*-féle ellipszoidé, ezért használjuk a geodéziai dátum megnevezésére az OZ1845 jelölést. (Az 1810-es utasításban a számítás alapfelületül a *Delambre* által 1802-ben meghatározott ellipszoid adatait használták, de mivel részleteket nem találtunk elhelyezésére vonatkozóan és vetületet sem vezettek be hozzá, ezért a táblázatban ezt nem tüntettük fel). A *Walbeck*-ellipszoid volt az alapfelület az 1859-1860-ban a Gellérthegy kezdőpont ellipszoidi földrajzi koordinátáinak levezetésénél, amelyeket *Bessel*-ellipszoidi koordinátákként fogadtak el. A *Bessel*-féle ellipszoidot több geodéziai dátum (B1860, B1892(MGI), B1908 és B1944(DHG)) létesítésénél használták a második (1860. évi) felsőrendű háromszögelési hálózatunk számítási munkálataival összefüggésben.

A II. világháborút követően Magyarország korszerű geodéziai alapjainak létrehozása során két lépésben új I. rendű háromszögelési hálózatot létesítette. Elsőként egy láncolatvázat hoztak létre 1948-1952 között, majd a második ütemben a dunántúli és a tiszamenti kitöltő hálózatrész mérésére került sor. Ezekből együttesen az ún. *felületi asztrogeodéziai hálózatot* (**FAGH**) alakították ki. Az I. rendű háromszögelési hálózatunk pontjainak koordinátáit több helyi geodéziai vonatkozási rendszerben is meghatározták. Az egyes geodéziai dátumokat egyrészt a hálózati méréseknek önálló nemzeti kiegyenlítése keretében vették fel, másrészt nemzetközi együttműködések során kialakított egységes

háromszögelési hálózatok vonatkozási rendszereiként megadták számunkra. Ez utóbbival összefüggésben kell megemlíteni, hogy az európai szocialista országok 1952-ben határozták el, hogy területükön *egységes asztrogeodéziai hálózatot (EAGH)* hoznak létre. Az EAGH első kiegyenlítését 1958-ban végezték el, amelynek magyarországi részeként a láncolatvázat fogadták el. Az **EAGH58** hálózat geodéziai dátumát a Pulkovó pontban 1942-ben felvett Kraszovszkij-ellipszoid határozza meg. Az eredményül kapott koordináták vonatkozási rendszerét a továbbiakban **S42/58** jelöléssel látjuk el.

A felületi csillagászati-geodéziai hálózatunk méréseinek önálló nemzeti kiegyenlítését 1972-ben végezték el a Kraszovszkij-ellipszoidon, amelyet Szőlőhegy pontban helyeztek el úgy, hogy a pont S42/58 rendszerbeli koordinátáit rögzítették. A hálózat pontjai koordinátáinak vonatkozási rendszerét **FAGH** rövidítéssel jelöljük. Célszerűségi okok miatt a hálózatunkhoz 1972-ben új geodéziai dátumot vezettek be, mely az Egységes Országos Térképrendszer (**EOTR**) alapjául szolgál még ma is. Ezt a geodéziai dátumot HD72-vel jelöljük. Ennek alapfelülete az **IUGG1967** jelű forgási ellipszoid, amelyet Szőlőhegy pontban úgy vettek fel, hogy az ellipszoidfelületet a geoid magyarországi felületdarabjához simuló helyzetbe hozták. A teljes felületi csillagászati-geodéziai hálózatunkat 1980-as évek elején bevonták az EAGH 1983. évi újabb kiegyenlítésébe. Ennek vonatkozási rendszerét **S42/83**-al jelöljük. Végül az 1989. évi változásokat követően hálózatunkat bevonták a nyugat-európai országok **ED87** jelű egységes háromszögelési hálózatába is. A külföldön végzett számítási munkálatok eredményeként nyert ED87 rendszerbeli koordinátákat megkaptuk. Az ED87 alapfelülete a München pontban felvett *Hayford-féle ellipszoid*. A leírtak alapján tehát háromszögelési alaphálózatunk mindkét létező európai regionális hálózat (S42/58 illetve S42/83 és ED87) részévé vált (természetesen valamelyest különböző koordinátákkal).

A társadalmi fejlődés és a gazdasági együttműködés (pl. a légitökeledés kifejlődése, a Föld alakjának vizsgálata, stb.) tette szükségessé az országos geodéziai hálózatoknak kontinentális egységbe foglalását. Ezt elősegítette az IUGG-nek 1924-ben hozott döntése, mely szerint a *Hayford-féle ellipszoidot* nemzetközi ellipszoidnak minősítette és ajánlotta, hogy a Föld országai lehetőleg ezt az ellipszoidot használják abból a célból, hogy az egyes országok hálózatai minél egységesebb hálózattá legyenek összekapcsolhatók. A II. világháborút követően a nyugat-európai országok ezt az ellipszoidot, a volt szocialista országok pedig az ettől is korszerűbb *Kraszovszkij-féle ellipszoidot* választották közös alapfelületül. Napjainkban pedig a Föld valamennyi országában a GPS-technika alkalmazása és a geoidmeghatározás céljából a csak alakban parányit különböző két ellipszoidot, a **GRS80** és a **WGS84** jelű ellipszoidot használjuk.

Az elmúlt mintegy 200 év során Magyarországon a történelmi helyzet sajátos alakulása következtében négy alkalommal kellett országos háromszögelési hálózatot létesíteni. A vízszintes helymeghatározás céljából a geodéziai alaphálózatainkhoz a múltban számos vonatkozási rendszert (ún. geodéziai dátumot) és ezek mindegyikéhez az alsóbbrendű pontok koordinátáinak kiszámításához az ország területéhez lehetőleg jól illeszkedő síkvetületi rendszert (illetve rendszereket) vezettek be, amelyeket napjainkban is használnak. Így pl. a katonai felmérések munkálataihoz alkalmazott VTN-rendszerben készített topográfiai térképek ma is jól hasznosíthatók különböző térségek terület- és településfejlődésének, valamint községek és városok településszerkezetének nyomon követésére az adott térség illetve település rendelkezésre álló valamennyi térképének összehasonlítása alapján (térképi ábrázolás időbeli változásain). Emiatt is fontos feladatunk a magyarországi térképrendszerek felsőgeodéziai alapjainak áttekintése és vizsgálata.

3. előadás

Az I. rendű háromszögelési hálózat alakjának meghatározása

- a hálózat tervezése
- a szemléltetés: a tervezés ellenőrzése a terepen
- a hálózati pontok megjelölése, a hálózat építése;
- a pontok végleges jelölése, állandósítása;
- az észlelés (vízszintes szögeknek műszerrel való mérési művelete).

Az alaphálózat méretének meghatározása

- a kezdőoldal meghatározása hosszméréssel;
 1. alapvonal – fejlesztő hálózatok,
 2. nagyítási viszony $N = B/b$,
 3. alapvonalmérés története,
 4. alapvonalmérés invádróttal (*Guillaume szerepe*)
 5. alapvonal – fejlesztő hálózat szögmérése
- a kezdőoldal meghatározása távméréssel,
- hosszálózatok.

A vízszintes alaphálózat elhelyezése és tájékozása az alapfelületen

- a földrajzi helymeghatározás,
 - a) szintfelületi (földrajzi) szélesség (\emptyset),
 - b) szintfelületi (földrajzi) hosszúság (\wedge),
 - c) szintfelületi azimút (A).
- a mérési pontok kiválasztása,
 1. 120-150 km-ként,
 2. Laplace-pontok (\wedge, A),
 3. csillagászati vagy függővonal-elhajlási pontok,
 4. a függővonal-elhajlás alapösszefüggései.
- a Laplace-azimút jelentősége
- a mérési eredmények központosítása.

4. előadás

Számítások az alapfelületen

1. Az ellipszoid felületi görbéi

- a normálmetszet felületi görbéi
- a kitűzési vonal és
- a geodéziai vonal ($r \cdot \sin \alpha = C$)

2. Az ellipszoidi háromszög megoldása

- az ellipszoid helyettesítése gömbbel ($R = \sqrt{MN}$),
- az ellipszoidi háromszög szögfeleslege ($\epsilon'' = \rho'' \cdot F/R^2$),
- az oldalhossz számítása Legendre-tételével,
- az oldalhossz számítása Soldner-tételével.

3. Koordináta-számítás az ellipszoidon

- geodéziai főfeladatok (I-II. főfeladat) megoldásai:
 - a) $s < 200$ km,
 - b) $200 \text{ km} < s < 1000 \text{ km}$,
 - c) $1000 \text{ km} < s < 20000 \text{ km}$.
- az I geodéziai főfeladat néhány megoldása:
 1. Legendre-féle hatványsoros módszer,
 2. Gauss-féle középszélesség módszer,
 3. Schreiber segédpontos módszere,
 4. Hradilek módszere (ellipszoidi húrhosszra).
- a II. geodéziai főfeladat néhány megoldása:
 - a) Gauss középszélesség módszere,
 - b) megoldás normálmetszettel (*Szádeczky-Kardoss Gyula*).
- a geodéziai főfeladatok megoldásának egyértelműsége.

4. A geodéziai vonal differenciális összefüggései

- elsőrendű differenciális összefüggések (a csillagászati kezdőpont adatainak kicsiny változása következtében),
- másodrendű differenciális összefüggések (az alapfelület alakjának és méretének elemi nagyságú változása következtében).

5. előadás

Az I. rendű háromszögelési alaphálózat számítási munkái

1. A számítás alapfelületének felvétele (E [a,f]).
2. A mérési eredmények átvitele a terepről az alapfelületre
 - földfelszíni pontok és alapfelületi megfelelőik közötti kapcsolat megteremtése (Pizetti-féle és Helmert-féle vetítés),
 - a szögmérési eredmények redukálása az ellipszoidra (j_1, j_2, j_3 -redukciók számítása),
 - a kezdőoldal átvitele az ellipszoidra,
 - a földrajzi helymeghatározás eredményeinek átvitele a geoidra.
3. A hálózati háromszögek szögfeleslegének és oldalhosszának számítása (mindkét módszerrel).
4. A koordináta számítás kezdőpontjának felvétele
 - az EOVA csillagászati kezdőpontja: Szőlőhegy
5. A hálózati pontok előzetes koordinátáinak számítása.
6. A hálózat kiegyenlítése:
 - a kiegyenlítés általános feladata,
 - a kiegyenlítésben szereplő mennyiségek súlya (p),
 - a korreláta-kiegyenlítés feltételi egyenletei:
 - a) szögfeltételi egyenletek,
 - b) oldalfeltételi egyenletek
(bázisfeltételi egyenlet: $p = \infty$),
 - c) hosszfeltételi (alpvonal-feltételi) egyenletek,
 - d) Laplace-feltételi egyenletek
 - e) koszorúfeltételi egyenletek
 - a koordináta-kiegyenlítés javítási egyenletei,
 - nagykiterjedésű háromszögelési hálózatok kiegyenlítése.
7. A végleges koordináták számítása, az alaphálózat számításának zárómunkálatai:
 - a koordináták számítása és ezek átszámítása,
 - a megbízhatósági mérőszámok és jellemzők számítása (abszolút és relatív hibaellipszisek),
 - a II. és a III. rendű hálózati pontok meghatározása, vetületi síkkoordináták számítása.

6. előadás

Az országos negyedrendű vízszintes alapponthálózat létrehozása

- átlagos pontsűrűség: 1 pont/2km²-ként,
- létrehozása: 1957 – 1993 között,
- a IV. rendű pontok vízszintes és magassági értelmű koordinátáinak meghatározása cm-es élességgel,
- a létesítés módszerei:
 - a) irányméréses háromszögelés (1957 – 1964)
(fajeles, szabatos jeles: tripód vagy árbóc alkalmazásaival),
 - b) hosszúoldalú szabatos sokszögelés (1965-1980),
 - c) távméréses hálózat (1980 – 1990),
 - d) 3D-meghatározás a GPS-technika alkalmazásával (1990-1993).
- a hálózat létesítésének munkaszokásai:
 1. irodai előkészítés és tervezés (adatgyűjtés, alapvázlat előkészítése és a hálózati terv, koordinátajegyzék és a kitűzési jegyzőkönyv előkészítése), szemlélés és kitűzés,
 2. a IV. rendű alappontok építése és állandósítása
(a pontok ideiglenes megjelölése, állandósítása),
 3. mérési munkák (meghatározási terv, a mérések irodai előkészítése, vízszintes és magassági szögmérés, távmérések),
 4. a negyedrendű ponthálózat számítási munkái (a mérési jegyzőkönyvek helyszíni irodai feldolgozása, a pontok vízszintes koordinátáinak és magasságának számítása),
 5. zárómunkák.

7. előadás

Az elsőrendű magassági alaphálózat kevésbé összetett mint a vízszintes alaphálózat. Létesítésének módszere ma csaknem kizárólag a *szabatos szintezés*. A történeti fejlődést tekintve egyidőben a vízszintes alapponthálózat pontjai alkották egyidejűen a magassági alapponthálózat pontjait (pl. az 1853. évi elsőrendű háromszögelési hálózat). Azonban a műszaki gyakorlat követelményei és a szükséges nagy pontossági igények (az Európai Fokmérés vonatkozó előírásainak) kielégítése miatt a XIX. század második felétől a vízszintes alaphálózattól független magassági alapponthálózatot tűztek ki, mely pontjaiban nagy gonddal végzett elsőrendű szintezéssel meghatározták az alapul választott szintfelülettől mért távolságot. Mivel magasságon a gyakorlati életben tengerszint feletti magasságot értünk, az elsőrendű magassági alapponthálózatoknak valahol a tengerszinthez kell kapcsolódnia. Ez a kapcsolat adja meg a magasságok alapszintjét. Mivel a különböző tengerek nyugalomban lévő szintje között magasságkülönbségek vannak és Magyarország magassági alapponthálózatai három tengerszinthez is kapcsolódnak, így az ugyanazon pontra vonatkozó magassági adatok között eltérések vannak (Ádám, 2003).

Magyarországon eddig négy alkalommal fejlesztettek ki országos elsőrendű szintezési hálózatot, amelyek közül az elsőt a bécsi volt Katonai Földrajzi Intézet hajtotta végre. Az első országos szintezési hálózat alapszintfelületül az Adriai-tenger középszintjének a trieszti Molo Sartorio Mareográf állomás mércéjén 1875. évben meghatározott évi középértékkel jellemzett ponton áthaladó szintfelületet választották. E hálózatlétesítés keretében határozták meg Nadap főalappontunk magasságát is. A fokozódó pontossági követelmények kielégítése és a világháborús események pusztításai miatt további három országos szintezési hálózat vált szükségessé. A legutóbbi hálózatunk (Egységes Országos Magassági Alapponthálózat, EOMA) újramérése is már időszerűvé vált. Az egyes országos szintezési hálózatok alappontjai magassági értékének megadására különböző magassági mérőszámokat alkalmaztak. Tanulmány keretében meghatároztuk ezek eltéréseinek számértékét Magyarország területén és átfogóan elemeztük az eltérések mértékét a GPS-technikával történő, szélső pontosságú magasságmeghatározás szempontjából.

8. előadás

A magassági alapponthálózat tervezése, szemlélése és mérési munkálatai

1. Az országos szintezési hálózatok feladata és tagozódása:

- szintezési poligonok – csomópontok – szintezési vonal – szakaszok,
- elsőrendű, másodrendű és harmadrendű vonalak.

2. A szintezési hálózat tervezése és szemlélése:

- közel vízszintes illetve csekély lejtésű vonalakkól, lehetőleg hasonló hosszúságú zárt poligonok;
- geológiai adottságok figyelembe vétele;
- csomópontokat főalappontként állandósítják (főalappontok képezik a magassági alaphálózat vázát);
- irodai tervezés: átnézeti vázrajz és vonaltervek;
- az ún. KKP-ok (Közbenső Kéregmozgási Pontok) szerepe és sűrűsége;
- terepi szemlélés és a pontok kitűzése (vonaltérkép).

1. A szintezési hálózat pontjainak jelölése, építése

a) főalappontoké:

- - sziklába betonozott három három idomtesttel,
- - mélyalapozású betoncölöpös állandósítással (8-18 m);

b) KKP-ok építése:

- - betoncölöpök helyszíni betonozással (3,0-3,5m),
- - földbevert acélrudas állandósítással (üledékes területen 8-10 m mélyen);

c) szakaszvégpontok esetében:

- - szintezési csap (függőleges falsíkú építményekbe),
- - belőtt szegre erősített csapfej (monolit betonfalba),
- - szintezési gomb (vízszintes és ferde felületű építményekbe),
- - szintezési kő (normál és mélyalapozással).

d) az állandósítás időpontja:

- - csapok, gombok esetén 8-10 nappal a mérés előtt,
- - kövek és mélyalapozású pontok esetében a mérést megelőző évben.

2. A hálózat észlelése

- a felsőrendű szintezés műszerei,
- a mérés hibaforrásai és a szintezés módszerei,
- a mérés végrehajtása,
- gravimetriai mérések a szintezési hálózatban.

9. előadás

A szintezési hálózat számítási munkálatai

1. Előkészítő számítások:

- annak ellenőrzése, hogy a mérések megbízhatósága megfelel az utasításban előírt hibahatároknak;
- a mérési eredmények hőmérsékleti javításának leképezése (a komparáláshoz);
- a normáljavítás számítása [mm]-egységben ($K_1 + K_2$);
- asztronómiai korrekció számítása;
- vonal-összeállítás.

2. A szintezési hálózatok kiegyenlítése:

- az I. rendű hálózat kiegyenlítése korreláta-módszerrel;
- a II. és a III. rendű hálózatok kiegyenlítése a közvetett mérések kiegyenlítésének módszerével;
- függőleges földkéregmozgás-értékek meghatározása kiegyenlítéssel (Bendefy javaslata és a Hazay-féle kiegyenlítés szabatos módszere).

3. Egységes nemzetközi szintezési hálózatok:

- Egységes európai szintezési hálózat: **REUN** (Réseau Européen Unifié de Nivellement), illetve **UELN** (United European Levelling Net);
- Egységes szabatos szintezési hálózat: **UPLN** (Unified Precise Levelling Network),
- Recens Kéregmozgások Bizottsága: **CRCM** (Commission on Recent Crustal Movements),
- Kárpát-Balkán Régió (**KBR**) recens kéregmozgásvizsgálati hálózata.

10. előadás

A nehézségi gyorsulásnak ismerete a geodézia több feladata megoldásának is alapját képezi. Ezért egy-egy ország területét is tekintve a földfelszín igen nagyszámú pontjában kell ismernünk a nehézségi gyorsulás értékét. Azonban a különböző gyakorlati célú értékek csak akkor felelnek meg geodéziai célra, ha egységes rendszert képeznek. Mivel ezeket a méréseket graviméterekkel, azaz relatív értékeket adó műszerekkel végzik, az egységesség csak úgy biztosítható, ha a különböző helyen és időben végzett mérési eredményeket nagyon gondos mérésekkel meghatározott ún. *gravimetriai alaphálózat* pontjaira vonatkoztatják. A múlt század első felében a mérési pontok számának növekedésével párhuzamosan egyre erőteljesebben jelentkezett az igény arra, hogy a mérési anyagot egységes rendszerbe foglalják. Az IUGG 1948. évi oslói kongresszusának egyik határozata is javasolta tagországainak saját területükön az országos gravitációs alaphálózat megteremtését. Ezt a javaslatot az MTA is magáévá tette és kezdeményezésére az ELGI 1950-55 között kiépítette az első országos gravitációs alaphálózatot, amelyet a Potsdami vonatkozási rendszerbe kapcsolták be. Magyarországon az elmúlt ötven év során az ELGI az egész ország területére kiterjedően három gravimetriai alaphálózatot (**MGH50**, **MGH80** és **MGH2000**) létesített.

Mivel térségünkben az egyes országok gravimetriai rendszerei közötti különbségek eléggé nagyok, így szükségessé vált és jelenleg folyamatban van a gravimetriai alaphálózatok egységbe foglalása. Az *egységes európai gravimetriai hálózat* (**UEGN** \equiv Unified European Gravimetric Network) kiépítése alapvető fontosságú az egységes geoidfelület meghatározása és az egységes magassági rendszer létrehozása céljából Európában. Ezt a célt szolgálta a **UNIGRACE** (Unification of Gravity Systems in Central Europe) projekt keretében Közép-Európa 12 országában összesen 17 állomáson (Magyarországon Pécen a FÖMI/KGO-ban) végzett abszolút nehézségi térerősség mérések is a legújabb mérési módszer alapján. Ezeket az állomásokat természetesen az egyes országok gravimetriai hálózataival is összekapcsolták, amelynek eredményeként egységes gravimetriai rendszert létesítettek Közép-Európában, vagy másképpen fogalmazva meghatározták az egyes országok gravimetriai rendszere közötti különbségeket.

11. előadás

Az EOVA (és később az EOMA) korszerűsítése és továbbfejlesztése céljából stelláris háromszögelési hálózatot és műholdas Doppler-méréseket végeztünk az említett hálózatok kiválasztott pontjain az 1980-as évek folyamán. A szóban forgó mérések geodéziai célú hasznosításának elsődleges célja az, hogy az EOVA alapfelületének (koordináta-rendszerének) a Föld tömegközéppontjához és forgástengelyéhez viszonyított abszolút (geocentrikus) térbeli elhelyezkedését számszerűen megállapítsuk. További cél a hálózat méretarányának ellenőrzése valamint finomítása, továbbá a lehetőségekhez képest a hálózatunk esetleges belső szerkezeti torzulásainak feltárása.

1. A Magyarországi stelláris háromszögelési hálózat

- a hálózat létesítésének alapelve: Väisälä finn csillagász nevéhez fűződik;
- a hálózat meghatározása az ún. szinkron-síkok módszerén alapszik;
- a magyarországi hálózat jellemzői: 7 pont, 12 húrral, amelyből 10-et mértek le és dolgoztak fel;
- az eredmények hasznosítása:
 - a) bemenő adatokat képeznek az EOVA I. rendű hálózatának újbóli kiegyenlítéséhez tudományos célokra, és
 - b) az EOVA tájékoztásának ellenőrzése.

2. Műholdas Doppler-hálózatok

- a Doppler-mérés alapelve (frekvencia-eltolódás, Oscar-holdak, Transit-holdak illetve NNSS);
- hálózati doppleres műholdmegfigyelési eljárások (egyszerű pontmeghatározás, transzlokáció és multilokáció);
- magyarországi doppleres hálózatok:
 1. 1980:HDOC80 (Hungarian Doppler Observation Campaign 1980; 6 ponton 2 db vevőberendezéssel, transzlokáció üzemmódban);
 2. 1982: HDOC82 (14 ponton, 4 db vevőberendezéssel multilokáció üzemmódban, 1 hónap időtartam alatt);
 3. 1985: HDFOC85 (12 ponton, 3 db vevőberendezéssel multilokáció üzemmódban).
- az eredmények hasznosítása:
 - a) az EOVA I. rendű háromszögelési hálózata geocentrikus elhelyezésének, tájékoztásának és méretarányának ellenőrzése;
 - b) integrált geodéziai-geodinamikai alapponthálózat kialakítása és
 - c) a GPS-technika hazai bevezetésének megalapozása (mérés, feldolgozás, geocentrikus állomáskoordináták szolgáltatása, stb.)

12. előadás

A GPS-technika széles körű hazai alkalmazása céljából *országos GPS-hálózatot (OGPSH)* létesítettek, amely 1153 pontból áll. Az OGPSH kialakítása 1991-re nyúlik vissza, amikor is Magyarországon 5 ponton végeztek csatlakozó GPS-méréseket az **EUREF** (European Reference Frame) elnevezésű hálózathoz, majd ezt követően további 19 ponton, létrehozva a 24 pontból álló kerethálózatot. Ezt a hálózatot sűrítették 1995-97 folyamán további 1129 pont lemérésével. Jelenleg az ún. *aktív GPS hálózat* kiépítését végzik a FÖMI/ KGO munkatársai. Az aktív GPS-hálózat célja többek között az állami földmérési feladatok ellátása mellett a térinformatika és a navigáció alkalmazásának segítése.

1. Az Országos GPS Hálózat (OGPSH) létesítésének szükségessége Magyarországon:

- részletes GPS mérések számára alapponthálózat;
- a vízszintes és magassági koordináták együttkezelése (3D-koordináták);
- egységes térinformatikai alapok megteremtése;
- geodéziai alaphálózataink továbbfejlesztése (vízszintes hálózataink pontosságának ellenőrzése, valamint GPS/szintezés alkalmazása hálózatsűrítés céljára);
- nemzetközi légi irányítás és navigáció.

2. Az EUREF (European Reference Frame) hálózat létesítése Európában:

- az EUREF-hálózat létrehozásának alapgondolata,
- Magyarország csatlakoztatása az EUREF-hez 1991-ben (5 ponton),
- az EUREF létesítésének jelenlegi helyzete,
- az EUREF-hálózat vonatkoztatási rendszere (**ETRS89**),
- az EUREF permanens GPS-hálózata: EPN.

3. Az OGPSH létesítése:

- az OGPSH fontosabb jellemzői (1153 pont),
- az OGPSH tervezése és szemléltetése (1991-1994),
- az OGPSH mérési és számítási munkálatai (1995-1998).

13. előadás

Európa egységes geodéziai és geodinamikai alapjainak létrehozása

Az euroatlanti integrációs törekvéseknek természetes velejárója az, hogy az együttműködésben résztvevő országok geodéziai alapjait (a felsőgeodéziai alappont-hálózataikat) egységbe foglalják, majd annak alapján egységes európai geodéziai vonatkozási rendszert hozzanak létre (lehetőleg Európa valamennyi országára kiterjedő geodéziai és geodinamikai munkálatok számára). Ezt igényli a globalizálódó világ térinformatikai gyakorlata is. Ezeknek a felsőgeodéziai munkáknak tudományos és gyakorlati céljuk van. A tudományos cél (napjainkban érvényes formában megfogalmazva) az, hogy adatokat szolgáltatassunk a Föld alakjának, méreteinek és nehézségi erőterének, valamint ezek időbeli változásának vizsgálatához, továbbá geodinamikai célokra, azaz Földünk dinamikájának, azon belül is elsősorban az európai kontinens igen bonyolult mozgásviszonyainak tanulmányozásához. A gyakorlat számára pedig olyan geodéziai alapot kell létesíteni a vízszintes és magassági felmérésekhez (amelyeket ma már többnyire a GPS-technika alkalmazásával végeznek), hogy ez az alap az alsógeodéziai, részletes felmérési és térképészeti munkák növekvő minőségi igényeit széleskörűen kielégítse.

Európa egységes geodéziai-geodinamikai alapjainak kontinentális kiterjedésű fokozatos létrehozása egyidejűleg két igen fontos területen valósul meg:

- a) egyrészt a korszerű GPS-technika alkalmazása alapján szélső pontosságú, EUREF (European Reference Frame) elnevezésű 3D hálózatot és vonatkozási koordináta-rendszert létesítenek és tartanak fenn az EUREF ún. permanens GPS állomáshálózatának folyamatos működtetésével,
- b) másrészt pedig a már meglévő, az elmúlt évtizedek folyamán hagyományos úton létrehozott felsőrendű vízszintes háromszögelési (1995-ig) és magassági szintezési, valamint a gravimetriai alapponthálózatoknak egységbefoglalásával, továbbá ezeknek háromdimenziós (3D) helymeghatározó adatokká tételéhez elengedhetetlenül szükséges európai geoidkép meghatározásával egységes geodéziai alapokat hoznak létre.

Az a) és b) pontban foglalt munkálatok egymást kölcsönösen kiegészítő és egymással összehangolt módon folynak. Magyarország mindkét irányban, mindegyik területen tevőlegesen és a lehetőségekhez mérten, a szakmai elvárásoknak megfelelő módon részt vesz. A munkálatok legnagyobb részét az FVM Földügyi és Térképészeti Főosztálya által előírt állami alpmunkák keretében a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) – együttműködve a szakvállalatokkal –, a gravimetriai alaphálózatok vonatkozásában pedig az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) végzi.

Európa 3D geodéziai vonatkozási rendszere különböző tudományos és műszaki alkalmazások céljára történő tudományos megalapozottságú létrehozásának elvi irányításával és koordinálásával a Nemzetközi Geodéziai Szövetség (IAG) EUREF Albizottsága foglalkozik, szoros együttműködésben a CERCO (európai térképészeti szolgálatok vezetőinek bizottsága) felsőgeodéziai VIII. munkacsoportjával. Az EUREF Albizottság évente egyszer szimpóziumot szervez és a közbülső időszakban felmerülő teendők megvitatására technikai munkacsoportot (TWG) működtet, amely évente háromszor ülésezik. A továbbiakban nagyon röviden és tömören bemutatjuk az egyes európai hálózatok főbb jellemzőit, valamint Magyarország hozzájárulásait az egységes geodéziai alapok létrehozásában.

1. Az EUREF hálózat fokozatos létrehozása

Regionális méretű geodéziai alaphálózatokat (és vonatkozási rendszereket) Európában a II. világháborút követő években határoztak meg. Az első ilyen hálózat és vonatkozási rendszer az **ED50** (*European Datum 1950*), amelynek továbbfejlesztéseként később létrehozták az **ED87** jelű geodéziai dátumot. Ehhez Magyarország is csatlakozott 1991-1995 folyamán. Ez utóbbit megelőzően Magyarország I. rendű háromszögelési alaphálózatát a volt szocialista országok egységes asztrogeodéziai hálózatába (**EAGH**) is bevonták, amelynek első kiegyenlítését 1958-ban végezték el (**EAGH 58**), majd a továbbfejlesztett hálózatát pedig 1983-ban egyenlítették ki (**EAGH83**).

Mivel az 1980-as évek során a műholdas helymeghatározás, elsősorban a GPS-technika alkalmazásának elvén alapuló geodéziai hálózatok iránti általános igény folyamatosan növekedett, ezért 1987-1988 folyamán elhatározták az **EUREF** elnevezésű, közös európai háromdimenziós geodéziai hálózat és vonatkoztatási rendszer (**ETRS89**) létrehozását, majd később ennek fokozatos továbbfejlesztését.

A GPS technológia előnyeinek felismerését követően, 1989-ben hajtották végre az első GPS mérési kampányt Európa nyugati felében annak érdekében, hogy a GPS-mérések céljára alapponthálózatot létesítsenek. Az ún. EUREF hálózatot a műholdas lézer- és VLBI-állomások európai hálózatára alapozva hozták létre. Évenkénti csatlakozó mérési kampányok sorozatával az EUREF hálózat egyre inkább Európa keleti része felé bővült (jelenleg már csak Belorusszia és Oroszország nem csatlakozott a hálózathoz). Számos ország már a sűrítő hálózat létrehozásával is végzett. Állami alapmunkák keretében Magyarország öt ponton végzett GPS mérésekkel 1991-ben csatlakozott az EUREF hálózathoz. A csatlakozó méréseket 2002-ben 9 ponton újra elvégezték. A sűrítő hálózatának (Országos GPS Hálózat = **OGPSH**) kialakításával pedig 1998-ban végzett. Az **OGPSH**-ra vonatkozó eredményeket számítógépes hálózaton is elérhető adatbázisba szervezték. A hagyományos úton előállított és térképészeti munkánk alapját képező EOVA megfelelő pontossággal illeszkedik az EUREF-be.

Az EUREF hálózat létrehozásának célja lényegében kettős:

- a) alkalmas vonatkoztatási rendszer (ETRS89) megvalósítása geodéziai és geodinamikai alkalmazásokhoz Európában és
- b) transzformációs (átszámítási) paraméterek meghatározása az EUREF és az egyes országok geodéziai hálózatai között.

Az IAG/EUREF-Albizottság TWG-ülésein részletesen elemeztük az EUREF-hálózat és vonatkoztatási rendszer bővítésével és további pontosításával kapcsolatos feladatokat. Nyugat-Európa egyes országaiban hozzáfogtak az EUREF-pontok koordinátáinak pontosításához újabb mérések bevonásával (pl. Németország, Hollandia, Belgium, Dánia, Svájc). Ennek oka egyrészt az, hogy az 1989 után végzett mérések – a GPS-technika fejlődése miatt – már megbízhatóbbak, másrészt a volt szocialista országok bekapcsolása során nagyobb számú ponton végeztek méréseket. Ennek következtében ebben a térségben az EUREF-pontok sűrűsége és a koordináták megbízhatósága is nagyobb. Általános a benyomás abban a tekintetben is, hogy az elmúlt évtizedek alatt hagyományos geodéziai módszerekkel felépített vízszintes (háromszögelési) és magassági (szintezési) hálózataink megbízhatósága is nagyobb a nyugat-európai országok megfelelő hálózatainak pontosságánál.

Az EUREF hálózathoz csatlakozó GPS mérési kampányok eredményeit az EUREF/TWG tekinti át és fogadja el. Az eredmények minősítése céljából a mérési kampány típusától függően (1992 előtti vagy 1992 utáni mérésről, illetve permanens

állomások folyamatos méréseiről van-e szó) három pontossági osztályba sorolja a meghatározott koordinátákat.

1. *A-osztály* (A meghatározott koordináták mindhárom összetevőjének pontossága 1 cm a mérési időponttól függetlenül, amelyet jelenleg a permanens állomások mérései alapján érnek el.)
2. *B-osztály* (A koordináták pontossága 1 cm, de csak a mérési időtartamra vonatkozóan. Az 1993-tól végzett csatlakozó GPS mérési kampányok eredményei már ebbe a pontossági osztályba sorolhatók.)
3. *C-osztály* (Az 1989-1992 között végzett GPS mérésekből nyert koordináták pontossága mintegy 5 cm körüli.)

Az EUREF hálózat európai szinten egységesen összefüggő hálózat, amelyhez illeszkedve az egyes országok sűrítő hálózatot készítenek, és ezáltal biztosítják az egységességet. Az EUREF vonatkoztatási rendszere az ETRS89, amely az európai kontinenssel együtt mozog. Több ország ma már az ETRS89 vonatkoztatási rendszert nemzeti koordináta-rendszerként is alkalmazza. Magyarországon a jelenlegi földmérési gyakorlat értelmében a GPS-mérések vonatkoztatási koordináta-rendszerében nyert koordinátákat átszámítjuk az EOV rendszerébe. Nemzetközi együttműködéseink során viszont már az ETRS89 alkalmazása a célszerű.

Az EUREF hálózat világviszonylatban napjaink legjobban szervezett regionális hálózata és kielégíti az alaphálózattal szemben támasztott legmagasabb pontossági igényű geodéziai követelményeket is. Ez a hálózat a gerince az egyes országok GPS hálózatának és alapul szolgál pl. az atmoszférikus és geodinamikai vizsgálatokhoz.

2. EUREF permanens GPS hálózat

A folyamatosan üzemelő, ún. permanens GPS állomások európai hálózatának (EUREF Permanent Network \equiv EPN) alapvető szerepe van az EUREF hálózat ETRS89 vonatkoztatási rendszerének folyamatos fenntartásában és a geodinamikai vizsgálatokban. A hálózatot 1995-ben hozták létre és azóta folyamatosan bővül. Az EUREF permanens GPS hálózatban Magyarországot a FÖMI KGO-ban működő referenciapontja képviseli PENC elnevezés alatt 1996. márciusa óta, továbbá 2002-től OROS és NYÍR elnevezésű pontok. A hálózatban jelenleg 136 permanens GPS-állomás működik Európa-szerte, melyek mérési anyagát 16 feldolgozó központ értékeli ki (napi és heti megoldásban geocentrikus X,Y,Z-koordinátákat szolgáltatva). A koordináták pontossága vízszintes értelemben 3 mm, magassági értelemben pedig 6 mm körül van.

Az EUREF permanens GPS hálózat az egész Földre kiterjedő (globális) IGS (Nemzetközi GPS Szolgálat) hálózat európai kontinensre vonatkozó sűrítő hálózatának tekinthető, mivel kialakításában az IGS szabványszerű előírásait követik. A hálózat pontjain végzett folyamatos mérések eredményeiből nyert koordináta-idősorok (egészében véve jó összhangban az ún. NNR-NUVEL1A jelű, a nemzetközi szakmai közösségek által elfogadott geofizikai-geológiai táblamozgási modellből nyert eredménnyel) jól mutatják, hogy az eurázsiai táblalemez mintegy 2-3 cm/év sebességgel mozog ÉK-irányban az ITRS geocentrikus vonatkoztatási (koordináta-) rendszerben.

3. Egységes európai magassági rendszerek

Ami az egységes európai magassági rendszereket illeti, az EUREF Albizottság irányítása és koordinálása mellett e vonatkozásban két fontos területen történt előrelépés.

Az egységes európai szintezési hálózat (Unified European Levelling Network \equiv UELN) újbóli kiegyenlítésének célja az, hogy

- a) egységes magassági dátumot létesítsenek Európában 0,1 m-es pontossági szinten a gyakorlati alkalmazás céljára, amelyet az európai országok közötti együttműködés erőteljesen igényel, és
- b) a jelenkori kéregmozgás céljára szélsőpontosságú kinematikus hálózatot létesítsenek tudományos szempontból az IAG keretei között.

A vonatkozó projekt keretében az egységes európai szintezési hálózatot (UELN95) újból kiegyenlítették, majd fokozatosan bővítették a Közép- és Kelet-Európa országai felsőrendű szintezési hálózatának csatlakoztatása alapján. Az UELN magassági kiinduló pontja Amsterdam. A magyarországi EOMA I. rendű hálózatára vonatkozó geopotenciális számokat 1994-ben adtuk át a hannoveri feldolgozó központban W. Augath professzornak. Ezzel Magyarország a kelet-közép-európai országok közül elsőként csatlakozott az UELN-hez. Az eredmények alapján hazánk szintezési hálózata minőségileg a legjobb. A szintezési hálózatok európai szintű egységbefoglalását folytatják.

Létrehozták az európai magassági vonatkozási hálózatot (European Vertical GPS Reference Network \equiv EUVN) az 1997. évi GPS mérési kampány (EUVN97), valamint szintezési és gravimetriai adatok felhasználásával. Az EUVN létrehozását 1995-ben kezdeményezték, amely hálózatot az EUREF-hálózat, továbbá a nyugat-európai országok korábbi UELN magassági hálózata, a volt szocialista országok egységes szintezési hálózata (United Precise Levelling Network \equiv UPLN), valamint az európai mareográf állomások hálózata (European Primary Tide Gauge Network \equiv EPTN) kiválasztott pontjai alkotnak. Az EUVN97 mérési kampányban Magyarország is részt vett négy ponttal (Penc, Nadap, Baksipart és Csanádalberti). Az EUVN létrehozásának célja a következőkben foglalható össze.

1. Egységes magassági vonatkoztatási rendszert biztosít az EUREF hálózat valamennyi pontjának magassági értéke számára cm-es pontossági szinten. Ennek értelmében valamennyi EUVN pont számára háromdimenziós térbeli derékszögű koordinátákat (X,Y,Z) és ún. geopotenciális számot (K_p) számítottak.
2. Összekapcsolja a különböző európai magassági dátumokat (UELN, UPLN és a nemzeti magassági rendszereket, amelyek különböző magassági mérőszámokat és eltérő alapszinteket használnak). A mérési kampány hozzájárult az európai magassági rendszerek egységbefoglalásához az UELN keretében.
3. Alappontok hálózatát biztosítja az európai geoidfelület és az egyes országok geoidképeinek meghatározása számára. (Jelenleg nincs Európában a kontinenst lefedő néhány cm-es pontosságú geoidfelület.)
4. Hozzájárult a különböző tengerszintek összekapcsolásához az európai partvonalak mentén, és végül
5. alappontok hálózatának szerepét tölti be a skandináv tábla és például a Kárpát-Balkán régió emelkedésének vizsgálatához alapul szolgáló geokinematikai magassági vonatkoztatási rendszer céljára.

Az UELN95/98 és az EUVN97 adataiból nyert egyik legfontosabb eredmény az egyes országok magassági alapszintje és az amszterdami alapszint közötti magassági eltérések meghatározása.

Megjegyezzük, hogy az ismételt szintezési és gravimetriai mérések adatainak, valamint az EUREF permanens GPS állomáshálózat eredményeinek felhasználásával az EVS2000 elnevezésű program keretében előkészítés alatt áll az ún. geokinematikai hálózat adatbázisának létrehozása és feldolgozása.

4. Az egységes európai gravimetriai hálózat létrehozása

Az 1990-es évek elején elkezdték az egységes európai gravimetriai hálózat (Unified European Gravimetric Network = **UEGN**) fokozatos létrehozását, amely kiegészíti és teljessé teszi Európa előbbi pontokban leírt geodéziai hálózatait, továbbá hozzájárul az erősödő egyesítési törekvésekhez Európában. Első lépésként 11 nyugat-európai ország gravimetriai alaphálózatait foglalták egységbe. A hálózatok 1994. évi együttes kiegyenlítése alapján létrehozott egységes hálózat (**UEGN94**) 499 abszolút gravimetriai alappontból és mintegy 15000 relatív gravimetriai pontból áll. Az UEGN94 hálózat pontkatalógusába öt magyarországi gravimetriai alappontot (Fertőd, Hegyeshalom, Kőszeg, Sopron és Vöcsej) is bevontak, amelyek közül Kőszeg abszolút gravimetriai pont. A magyarországi új országos gravimetriai hálózat (**MGH-2000**) 1997-ben készült el. Ennek során egy 46 pontból álló kerethálózatot alakítottak ki, melynek pontjai alkotják az UEGN2003-ra tervezett bővített változatának (**UEGN2003**) magyarországi szakaszát, amelyre vonatkozó megfelelő adatokat 1999-ben adtuk át az UEGN-t kezelő adatközpont számára.

Megjegyezzük, hogy az UEGN fokozatos kiépítését segítette a UNIGRACE projekt is, amelynek keretében Közép-Európa országai gravimetriai hálózatait kapcsolták össze EU pénzügyi támogatással. A projekt keretében hazánkban Pencen (FÖMI/KGO) létesítettek abszolút gravimetriai állomást, amit az ELGI bekapcsolt az országos gravimetriai hálózatba.

5. A geoid európai felületdarabjának meghatározása

A geoid-meghatározásnak Európában nagy hagyománya van és jelentős haladást ért el az elmúlt évtizedek folyamán a pontosságot és a felbontást is illetően. Az első kontinentális kiterjedésű európai geoigfelületet *H. Wolf* professzor határozta meg az 1940-es évek végén, amely az **ED50** geodéziai dátum létrehozásához volt alapvetően fontos. Az európai geoidfelületnek szélső pontossággal történő újbóli meghatározását napjainkban a GPS-technika gyors elterjedése teszi szükségessé. A *W. Torge* professzor vezetésével (Hannoveri Egyetem Geodéziai Intézetében) jelenleg is folyó munkálatok célja olyan új európai geoidfelület meghatározása, amelynek relatív pontossága várhatóan néhány cm/100 km, a térbeli felbontása pedig néhány km lesz.

Az egységes európai geodéziai-geodinamikai alapok létrehozása céljából szükség van a geoid európai felületdarabjának nagy pontosságú és részletes felbontású meghatározására. E vonatkozásban az IAG "Európai geoid" Albizottsága és EUREF Albizottsága szorosan együttműködik. Az idevágó fejlesztés legújabb terméke az **EGG97** jelű geoidmegoldás, amelynek eredményéhez 1991–94 folyamán a szükséges felbontásban gravimetriai és digitális terepmodell (DTM) adatokat készítettünk elő és adtuk át a feldolgozó központnak (Hannoveri Egyetem Geodéziai Intézetének). Az átadott adatok

1,5'×2,5'-s méretű (2,7 km × 3 km) rácsháló sarokpontjaira interpolált Bouguer-anomália és magassági értékeket foglalnak magukban. A 13089 gravimetriai és magassági adat számítását az ELGI-ben végezték FÖMI-megbízás alapján. A feladathoz később 500 m × 500 m-es felbontású DTM-adatállományt szereztünk be a korábbi MH TÁTI-ból (Magyar Honvédség Tóth Ágoston Térképészeti Intézetétől) és küldtünk ki Hannoverbe. A meghatározott egységes geoidfelületből az adatszolgáltató országok a saját területükre vonatkozóan megkapták a geoidunduláció-értékeket. A szóban forgó adatokat Magyarország is megkapta digitális adatok formájában, amely jó alapul szolgál az országban folyó geoidmeghatározásaink eredményének összehasonlítására.

Magyarországon bevezettük és a FÖMI forgalomba adta a HGEO2000 jelű gravimetriai kvázi-geoid megoldást ill. annak digitális változatát, amely a magassági adatok GPS segítségével történő megoldását segíti elő.

6. Összefoglalás

Az egységes geodéziai-geodinamikai alapok létrehozása Európában jól halad, azonban az I. rendű szintezési hálózatok egységbe foglalása még évtizedekig elhúzódhat. Az európai kontinens igen bonyolult mozgásviszonyainak vizsgálatára hivatott geokinematikai hálózat (EVS2000) kialakítása is elkezdődött.

Összességében véve Magyarország helyzete és szerepe a következők miatt igen pozitív:

1. Magyarország felsőgeodéziai alaphálózatainak adatai az egységes európai geodéziai alapok része: EUREF (1991-től), ED87(1992-től), UELN95 (1994-től), UEGN (1994-től illetve 1999-től), EGG97 (1993-tól) és EUVN97 (1997-től). A geodéziai hálózatok vonatkozásában Magyarország az 1990-es évek első felétől integráns része az egységes európai geodéziai alapoknak. Az EOVA minden pontja átszámítható az ETRS89-rendszerbe. Ugyancsak az európai országok közös referenciarendszeréhez való csatlakozást biztosít térképészeti és térinformatikai céllal a szerint közölt hálózati transzformáció.
2. Több alaphálózat vonatkozásában Magyarország nem a hálózat (régió) szélén helyezkedik el (pl. EUREF, EUVN97, EGG97).
3. A felsőgeodéziai alapponthálózataink minőségileg jobbak, pontosabbak, mint a nyugat-európai megfelelő hálózatok.
4. Az egységes feldolgozásból nyert adatok a hazai munkálatainkhoz, tudományos vizsgálatainkhoz összehasonlítási alapot képeznek.
5. Kérésre illetve meghívás alapján otthont adtunk a vonatkozó nemzetközi rendezvényeknek, és aktívan közreműködünk a kapcsolódó európai bizottságok munkájában.

A közeljövő legfontosabb feladatai az alábbiakban fogalmazhatók meg:

- a) A déli és a keleti szomszédos országok európai geodéziai rendszerekhez csatlakozása miatt szükségessé válik geodéziai hálózataink (GPS, szintezési és gravimetriai) további, újonnan felmerülő összekapcsolása a szomszédos országok megfelelő hálózataival (jelenleg Horvátország és Magyarország hálózatai összekapcsolását végezzük.) E területen további külföldi igények várhatók, ezért célszerű a kapcsolódó feladatok tervezése az állami alapmunkák keretében a megfelelő pénzügyi források biztosításával.

- b) Az aktív GPS hálózat működtetését az állami földügy és térképészet keretei között Magyarországon el kell indítani, aminek számos pénzügyi, hatékonysági előnyei várhatók.
- c) A geoid magyarországi felületdarabjának a jelenleg bevezetett változatát tovább kell pontosítani és magasabb pontossági szinten, az európai alapokhoz illeszteni.
- d) Honosítani kell a GPS mérések és geoidadatok együttes felhasználásával történő magasság-meghatározási módszert.
- e) Az EOMA kiépítését jelentősen fel kell gyorsítani a több éves szünet után. Az EOMA kiépítésének kezdetén elkészült EOMA hálózati részeket felül kell vizsgálni, mert az azóta bekövetkezett különféle nemkívánatos mozgások a hálózat továbbfejlesztésének akadályát is jelenthetik.
- f) Az országhatár főbb pontjait (keretpontjait) a szomszédos országokkal közösen végrehajtott és elfogadott GPS mérések segítségével egyetlen (közösen használandó), ETRS89-rendszerű, nagy pontosságú koordinátaállomással kell ellátni a határadatok kétoldalú ellentmondásainak megszüntetése céljából.
- g) Részben az országos gravimetriai hálózat (MGH-2000) stabilitásának ellenőrzése, részben a nehézségi erőter szekuláris változásainak tanulmányozása miatt szükséges a hazai abszolút állomások ciklikus (3 évenkénti) újramérése.

14. előadás:

Magyarország geodéziai alapponthálózatainak főbb jellemzői

Hálózat típusa	S	A hálózat megnevezése	Nemzetközi kapcsolódásai	Alkalmazott vonatkozási rendszer	Gyakorlati alkalmazás (vet.r., mag.mérősz., stb.)
Felsőrendű háromszögelési hálózatok	1	a) II. katonai felmérés (1807-1869) b) 1853.évi felsőrendű hálózat (1853-1857)	Habsburg-birodalom	OZ1845	VTN
	2	1860.évi felsőrendű hálózat (1860-1913)	Osztrák-Magyar Monarchia; "Európai Fokmérés", ED50	B1860, B1892 (MGI), B1944 (DHG) B1908 ED50	STG GAK HÉR, HKR, HDR UTM
	3	1925.évi felsőrendű hálózat (1925-1944)	-	-	-
	4	EOVA a) I. rendű láncolat (1948-52) (1948-1972) b) Felületi Asztrogeodéziai Hálózat (FAGH)	EAGH 1958 EAGH 1983, ED87	S 42/58 FAGH (1972), S42/83, ED87 HD72	GAK EOV
Magassági alap-hálózatok	1	1873.évi (első)országos szintezési hálózat (1873-1913)	Osztrák-Magyar Monarchia	adriai (trieszti) alapszint	(normál) ortométeres magasság
	2	1921. évi (második) országos szintezési hálózat (1921-1944)		nadapi alapszint (H=173,8385m)	(normál) ortométeres mag., dinamikai mag.
	3	1950. évi (harmadik) országos szintezési hálózat (1948-1964)	UPLN57/58 (<i>CRCM, KBR</i>)	nadapi alapszint balti alapszint (Kronstadt)	ortométeres magasság normálmagasság
	4	Kéregmozgási vizsgálati szintezési hálózat = Egységes Országos Magassági Alapponthálózat (EOMA)(1973-1978)	UPLN82 UELN95, EUVN97 (<i>CRCM, KBR</i>)	balti alapszint (EOMA) amszterdami alapszint	normálmagasság geopotenciális értékek
Gravimetriai alap-hálózatok	1	MGH-50 (1950-1955)	OSU89	Potsdami rendszer	
	2	MGH-80 (1980-1989)	EGH	IGSN 71	
	3	MGH-2000 (1990-2000)	UEGN, UNIGRACE	abszolút rendszer	
3D hálózatok létesítése	1	Stelláris háromszögelés (1978-1988) és Műholdas Doppler-hálózatok (1978-1987)	geocentrikus (WGS72)	CIO-BIH jelű koord.-rendszer WGS 72	EOVA ellenőrzése, GPS bevez. megalapozása
	2	Országos GPS Hálózat (OGPSH) (1991-97) aktív GPS-hálózat (2000 -)	EUREF, WGS84 (<i>MGPSH, CERGOP</i>)	ETRS89 (~ WGS 84)	UTM

