



## A GPS technológián alapuló geodéziai pontmeghatározások végrehajtásának és dokumentálásának szabályozásáról<sup>1</sup>



Dr. Borza Tibor (FÖMI KGO) – dr. Busics György (NyME GEO)

### A téma előzményei és időszerűsége

A hazai geodéziában már másfél évtizede jelen van a műholdas helymeghatározás [1], de mind ezideig nem történt meg a hagyományostól gyökeresen eltérő technológia átfogó, hivatalos szakmai szabályozása, bár javaslatok, szabályzat-kiegészítések születtek a témában. Megemlíthető, hogy már 1990-ben kiegészítés készült az A3 szabályzathoz [2], miután a negyedrendű alappontlétesítés GPS-es technológiájáról döntés született. 1998-ban elkezdődött az A5 szabályzat megújítá-

sa, amely tartalmazza a GPS technológiát is, de eddig nem került kiadásra. Ennek hiányában, 1993-ban, a FÖMI KGO-ban egy kétoldalas tájékoztató füzet készült a lényeges szempontokról [3], amit további 8 oldal melléklet egészített ki. Ennek a kiadványnak 1998-ban jelent meg egy továbbfejlesztett változata [4]. A segédanyag minden megyei földhivatalhoz eljutott, nemcsak a hivatalnokok, de a vállalkozók is a mai napig támaszkodnak rá.

E segédletek nem szakmai szabályzatok. A szakmai szabályzatok hiánya elsősorban a nagytö-

### <sup>1</sup> Főszerkesztői megjegyzések

A cikk szerzőinek törekvése, hogy mielőbb megszülessen az a korszerűsített szakmai szabályzat, mely lehetővé teszi a GPS használatát a földmérési alaptérképek tartalmát is érintő változások bemérésénél (kitűzéseknél stb.). A szabályozás elhúzódása egyrészt nehezíti a GPS-technika további elterjedését, másrészt bizonytalan helyzetet teremt az ilyen munkák műszaki átvételénél.

A kérdéskör mielőbbi rendezését ugyancsak indokolja az a körülmény, hogy a MFTTT rendezésében (2004. április 29–30-án) már sor került egy országos konferenciára, éppen a műholdas technikák szélesebb körű használata érdekében (és ennek megfelelően egy ajánlás is született (Mihály Szabolcs: Geod. és Kart. 2004/11). Más oldalról a jelen tanulmány gyakorlatilag az OGPSH-t nevezi meg az ilyen feladatok geometriai alapjával. Ez utóbbival természetesen nem is lenne semmi baj, ha a szerzők szembe néztek volna azzal a problematikával, amely természetesen fakad a következőkből.

A földmérési alaptérképek geometriai alapja a hazai felsőrendű vízszintes alaphálózat és az arra épülő IV. r. hálózat. Ugyanakkor a GPS esetében a WGS84 rendszer jelenti az alapot, és erre támaszkodva született meg a hazai OGPSH is.

Magyarországon egészen mostanáig nem történt meg a két rendszer érdemi országos összehasonlítása és elemzése (az eltérések értelmezése és célirányos „segédlet” elkészítése a felismert ellentmondások kezelésére).

(folytatás a következő oldal alján)

megű pontmeghatározásoknál, így a felmérési alappont-sűrűtséknél és a részletes felmérésnél jelentősen nagyobb nehézséget. Ez abban jelentkezik, hogy a GPS-szel végzett, bejelentésre kötelezett geodéziai munkák földhivatali átvétele esetenként szubjektív megítélés alá esik, ami nem jó a vállalkozóknak, de nem jó az átvételt végző földhivatali szakembereknek sem.

Magának a GPS technikának a változása, fejlődése is igényelné a szakmai szabályozás folyamatos megújítását. Nemcsak a világ legfejlettebb országaiban, de Magyarországon is egyre inkább terjed az RTK technológia. Hazánkban is üzemel aktív GPS hálózat, és rövid időn belül az ország jelentős területén lehet majd cm-pontosságú, valós idejű helymeghatározást végezni a központi kiegészítő rendszerre (aktív hálózatra) támaszkodva, akár egyetlen GPS vevővel.

Mindez indokolja az újabb technológiai ajánlás kiadását, amely felveti a közös gondolkodás igényét, és amelyben a szereplők közös érdeke is megjelenik. Ennek az ajánlásnak a korábbiakhoz hasonlóan nincs kötelező érvénye, de közmegegyezéses alapon segíthet a problémák megoldásában.

## **A GPS-szel meghatározott geodéziai pontok csoportosítása**

A földmérés és térképészet céljaira döntő többségben olyan geodéziai pontokat határozzunk meg,

amelyek pontosságuk a cm-es kategóriába esik; ezen 5 cm-en belüli pontosságú értünk. Ilyenkor fázismérésen alapuló, relatív (differenciális) GPS mérési módszereket használunk.

A geodéziai pontok jellege, rendűsége többféle lehet, maga a GPS technológia, az alkalmazott mérési módszer ennek megfelelően kis mértékben változhat.

A közvetlen térképi felhasználás szempontjából a geodéziai pontok két nagy csoportját különböztetjük meg: az alappontokat és a részletpontokat. A GPS technológia akár alappont-meghatározásra, akár részletmérésre célszerű és alkalmas lehet.

A geodéziai alappontokon belül megkülönböztetünk térbeli, vízszintes és magassági alappontokat.

A térbeli alappontokat hazánkban az Országos GPS Hálózat (OGPSH) pontjai jelentik.

A magyar vízszintes alapponthálózat (EOVA) pontjait – rendűség szempontjából – elsőrendű, harmadrendű, negyedrendű, ötödrendű és felmérési kategóriákba soroljuk. A GPS módszer bármely felsorolt rendűségi kategória igényeinek, követelményeinek megfelelő lehet, de a technológia szempontjából nem indokolt ennyi kategória fenntartása. Véleményünk szerint a vízszintes alappontoknak mindössze két típusát érdemes megkülönböztetni, azt is a feladat jellege és nem a pontosságuk tekintetében. Nevezzük e két típust röviden országos alappontoknak és felmérési alappont-

---

*A két rendszer közötti kapcsolatot természetesen meg lehet teremteni a szokásos transzformációkkal. Ugyanakkor a használt eljárások (ismereteink szerint) még túlságosan nagyvonalúak, azaz kevésbé alkalmasak a kisebb területre kiterjedő helyi ellentmondások kezelésére (figyelembevételére). Itt nem elsősorban az eredeti felméréseknél elkövetett hibákra utalunk, hanem a hagyományos (de különösen a IV. r.) alaphálózat torzulásaira; amelyek beépültek az alaptérképekbe.*

*Az ilyen területen végzett GPS-pontmeghatározások felszínre hozzák a klasszikus hálózat (továbbá alaptérképek) és a GPS-alapok közötti ellentmondásokat. Ennek kezelése természetesen egyszerű lenne úgy, hogy egyszerűen érvényesítjük a GPS-mérések eredményeit. Így, bár megteremtenénk az összhangot a térkép adott része és az OGPSH között, de csak ezen újra mért körzetben (még pontosabban) az újra mért pontok esetében.*

*Ugyanakkor (a kérdéses területen) újabb ellentmondásokat hozunk létre a kérdéses GPS-mérésekkel meghatározott pontok (és térképi elemek) és az új méréssel nem érintett pontok között!*

*A probléma érdemi megoldása természetesen nem a szerkesztőség feladata. Ezért egyrészt a cikk közlésével magunk is segítünk felhívni a figyelmet a szabályzat korszerűsítésének fontosságára, másrészt szeretnénk hangsúlyozni, hogy a vázolt probléma kezelésére nem ad kielégítő megoldást az általunk ismert (viszonylag szerény számú azonos pontot felhasználó) transzformáció.*

*A lehetséges követendő út két lépcsőben képzelhető el.*

*Egyrészt az eseti alaptérképek tartalmát is érintő GPS-mérések esetében célszerű lenne előírni a kérdéses szűkebb körzetben további azonos pontok bevonását, és ezek felhasználásával elvégezni a transzformálást.*

*A második lépcső már igényesebb és hosszabb ívű! Programba kellene venni az OGPSH és a hagyományos elsőrendű (és IV. rendű) hálózat részletes összehasonlítását, elemzését. Ennek alapján aztán megtörténhet az OGPSH „beletörése” a hagyományos hálózatba. Így létrejönne az „országos gyakorlati OGPSH”; esetleg elvégezhető lenne az „alaptérképek torzításának lokalizálása” is!*

toknak. Az országos alappontok kategóriája a harmadrendű és a negyedrendű pontpótlásokat jelentené, amelyekre viszonylag ritkán, de ma is szükség van. A felmérési alappontok kategóriája a mai fogalmaink szerinti felmérési pontokat és ötödrendű pontokat egyaránt jelentené, ugyanis nem indokolt ma már e két rendűségi csoport elkülönítése (legfeljebb az állandósítási kő méretében és az átlagos ponttávolságban van különbség). A két javasolt kategória (országos és felmérési alappontok) között is csak a meghatározásba bevonandó ismert alappontok száma, megadása szerint van érdemi különbség.

A hazai magassági alapponthálózatban (EOMA) országos vagy felsőrendű alappontokat (ezek az első-, másod- és harmadrendű magassági alappontok) és negyedrendű magassági alappontokat különböztetünk meg. A harmadrendű magassági alappont-sűrítés néhány éve GPS technológiával folyik [5], a pontossági követelmények és a kétféle vonatkoztatási rendszer miatt erre a kategóriára külön szabályok vonatkoznak. Nincs akadálya azonban annak, hogy negyedrendű magassági alappontokat a „szokásos” GPS technológiával határozzunk meg.

A bármilyen rendűségű alappont-sűrítést szolgáló GPS technológiánál alapul a számítás reprodukálhatósága, tehát az alappontok meghatározására készített dokumentációból egyértelműen el kell tudni végezni az irodai ellenőrzést, magát a számítást pedig bármikor meg kell tudni ismételni.

A GPS technológia részletmérésre is alkalmas és hatékony lehet, ha a mérés feltételeit sikerül biztosítani. A részletpontok bemérésére az RTK technológia kínál lehetőséget, amikor valós időben, néhány másodperces méréssel történik a meghatározás. A pontok nagy száma miatt a meghatározások irodai ellenőrzésétől el lehet tekinteni, a részletpontok ellenőrzését közvetlenül a terepen, illetve a terepen célszerű elvégezni.

### **Az autonóm és az aktív hálózatra támaszkodó mérés kérdései**

Leszögeztük, hogy a geodéziai pontmeghatározás csak relatív helymeghatározáson alapulhat. A relatív módban mért térbeli vektorokat azonban „el kell helyezni” egy vonatkoztatási rendszerben, vagyis valamely pontnak vagy pontoknak meg kell adni a WGS84 rendszerbeli (vagy ahhoz közeli) koordinátáit. (A WGS84, valamint az IGS világhálózatok ma már geodéziai pontosságon be-

lül egyeznek. Ugyanez vonatkozik az ETRS89, ill. az ebben rögzített OGPSH rendszerre is.) Azért WGS84 rendszert írunk, mert maga a mérés, a GPS vektorok kiértékelése, ebben a rendszerben történik. A térbeli hálózatnak egy vagy több pontját adott pontnak kell tekinteni, de ennek mikéntjét érdemes alaposan végiggondolni.

A kérdés összefügg a választott mérési technológiával, amelynél most különböztessünk meg két esetet. Az első esetben a felhasználó autonóm módban mér, azaz csak a saját maga által telepített műszerek észleléseit használja fel. A második esetben a felhasználó a saját észleléseken kívül felhasználja a permanens állomások adatait is. Vagyis támaszkodik arra az ún. GNSS infrastruktúrára, amely hazánkban is kiépülően van, de amelyek lehetőségeit ma még talán nem is tudjuk igazán számba venni.

Vegyük először az első esetet, az autonóm mérést! A mérési elrendezést – amely lehet poláris vagy hálózatos – a felhasználó maga választja meg, de a mérés során mindenképpen biztosítani kell azt, hogy ismert (adott) pontokat is bevonjon a meghatározásba. A számítás azután természetesen ezekből az adott pontokból indul ki. Az adott pontok koordinátái valósítják meg a vonatkoztatási rendszert. Mivel a mérés a WGS84 rendszerben történik, az adott pontok koordinátáit is ebben a rendszerben kell ismerni. Ezért magyar viszonyok között adott pontokon az OGPSH pontjait értjük a továbbiakban, amelyek koordinátái az ETRS89 rendszerben ismertek. Azért javasoljuk az OGPSH pontjait, mert ez esetben a műholdas helymeghatározás vonatkoztatási rendszere a kívánt pontossággal közvetlenül adott. Lehetséges, hogy az adott pontokat az EOVA vagy EOMA hálózatából (vagy akár önálló hálózatból) választjuk, ekkor azonban azok koordinátáit előbb át kell számítani a kvázi WGS rendszerbe, hogy a mért vektorok feldolgozhatók legyenek. Ekkor tehát a feladathoz egy transzformációs modell is tartozik (ami külön problémákat okozhat), így ezt a kérdést a transzformációs résznél érdemes tárgyalni.

A következőkben néhány lehetőséget sorolunk fel az adott pontok (egyben a vonatkoztatási rendszer) biztosítására, figyelemmel a mérési elrendezésre és technológiára.

1. Hálózatos mérési elrendezésnél elvileg legalább egy adott pontot kell bevonni a meghatározásba, és a számítást térbeli hálózat kiegyenlítésével kell végezni. A gyakorlatban legalább két adott pont bevonását kell előírni, hiszen bármilyen, az adott pont koordinátáiban jelentkező hiba

a vonatkoztatási rendszer megváltozását, eltolódását eredményezné. Durva hiba lehet például a mérésbe bevont adott alappont sérülése, áthelyezése, elazonosítása, koordinátáinak téves bevétele. Ezért indokolt legalább két adott pontra támaszkodni.

2. Poláris mérési elrendezésnél a folyamatosan üzemelő vevőt (a bázisvevőt vagy referenciavevőt) lehet egy ismert pontra telepíteni. Saját magunk gondoskodunk ilyenkor ún. bázis-észlelésekről, s ezzel egyben biztosítjuk a vonatkoztatási rendszert is. Ellenőrzésként – az 1. pontban említett durva hibák elkerülésére – legalább egy ismert pontot is célszerű felkeresni.

3. Poláris mérési elrendezésnél gyakran előfordul, hogy a bázisvevőt nem ismert ponton telepítik, hanem olyan helyen, ahol a folyamatos mérés feltételei kedvezőbbek (tápellátás, őrzés megoldott). Ilyenkor a referenciapont nem ismert pont, de a mérés során felkeresnek egy vagy több ismert pontot, amelyekből előbb a referenciapont koordinátáit, aztán a többi mért pont koordinátáit számítják. Az ellenőrzés érdekében itt is legalább két ismert pontot célszerű felkeresni.

Most nézzük azt az esetet, amikor a felhasználó igénybe veszi a permanens állomások alkotta aktív GPS hálózat adatait is, mint egy szolgáltatást! Magyarországon ez a GNSS Szolgáltató Központ támogatásával valósulhat meg. A szolgáltatás fajtája sokféle lehet, a jövő lehetőségei még szinte beláthatatlanok. Legegyszerűbb esetben a felhasználó csak egy vagy több referenciaállomás adatait kérdezi le a mérését követően (jogsultság esetén, Interneten letölti a központi szerverről), majd elvégzi a relatív mérések utófeldolgozását. Már ma is adott a lehetősége annak, hogy a felhasználó a hozzá megfelelő közelségben lévő permanens állomás valós idejű mérési adatainak lekérdezésével (mobil telefon és Internet segítségével) RTK mérést végezzen [6]. A közeljövőben a több permanens állomás egyidejű használatára kidolgozott hálózatos modellek alkalmazása is megvalósul. Ez a technológia biztosítja a virtuális referenciaállomások „életrekelését” a referenciaállomásokkal lefedett területen bárhol, ami lehetővé teszi az egyfrekvenciás vevők használatát is.

Bármilyen módon is valósul meg az aktív hálózat adatainak igénybevétele, a közös jellemző az, hogy a felhasználó mentesül a bázismérések végzése alól. A referenciaként szolgáló permanens GPS állomások esetében nem fordulhat elő hiba a vonatkoztatási rendszerben, mert az állomásokon végzett mérések a központban naponta feldolgozásra kerülnek, ahol már a 2–3 mm-es elmozdulá-

sok is kiugranak. Ennek figyelembevételével – az említett országos vízszintes alappontok pótlásának kivételével – megengedhető, hogy az alappont-meghatározás csak egyetlen adott pontra támaszkodjon, ha permanens állomást használunk. Ellenőrzésről természetesen – a későbbiekben tárgyaltak szerint – ez esetben is gondoskodni kell.

## **Az alappont-meghatározás technológiája**

A technológia időben elkülönülő szakaszait a következőkben három részre osztjuk fel: előkészítés–mérés–feldolgozás. Mindegyik munkaszakasznál csak azokat az elemeket emeljük ki, amelyek a GPS technológia szempontjából fontosak, és eltérnek a szokásos tennivalóktól.

### *Az előkészítés*

Az előkészítés során fontos teendő a munkaterület új pontjainak kiválasztása a GPS-mérhetőség figyelembevételével, valamint az adott pontok kiválasztása, adataik beszerzése.

### **AZ ADOTT PONTOK DARABSZÁMA**

Az ismert alappontok darabszámát feladat-típusonként az alábbiakban adjuk meg. Mindegyik lehetőségre érvényes, ha valamely ismert pont eltemetése meghaladja a hibahatárt, akkor azt ki kell hagyni a feldolgozásból (jelenteni kell a megyei földhivatalnak vagy a FÖMI-nek), és helyette másik alappontot kell bevonni.

Az adott pontok száma országos vízszintes alappontok meghatározásakor:

1.) harmadrendű pontpótlás esetén a mérésekbe be kell vonni minimálisan három szomszédos harmadrendű alappontot és két OGPSH pontot;

2.) negyedrendű pontpótlás esetén minimálisan három ismert negyedrendű, illetve magasabb rendű alappontot kell bevonni, amiből kettő OGPSH pont legyen.

Az adott pontok száma felmérési alappontok meghatározásakor a következők szerint alakulhat.

1.) Autonóm módban, hagyományos technológiánál két ismert pontra kell támaszkodni, amelyekből legalább az egyik OGPSH pont vagy abból közvetlenül levezetett pont legyen. Ez utóbbi esetben a levezetést (a nem „hivatalos” adott térbeli pont meghatározását) is dokumentálni kell.

2.) A GNSS Szolgáltató Központra támaszkodva a következő lehetőségek adódnak.

a) Két vagy több permanens GPS állomás adatainak bevonásával biztosítjuk az adott pontokat.

b) Egyetlen permanens állomásra támaszkodva, de legalább két GPS vevővel, szinkron észlelésekkel végezze a meghatározást. Ez esetben ellenőrzésül be kell mutatni a vektorzárás(oka)t, vagy hálózatkiegyenlítést kell végezni.

c) Egyetlen permanens állomásra támaszkodva, de a meghatározott alappontok és más adott vízszintes alappontok között földi méréseket végezve. A földi irány- és távmérések nyújthatnak csak ellenőrzést, de helyesebb, ha a vízszintes hálózat kiegyenlítésével a vízszintes koordináták meghatározásában is részt vesznek. A gyakorlatban nemcsak kimondottan ellenőrzést szolgáló földi méréseket használhatunk fel, hanem a részletmérést szolgáló méréseket is, ha azok az alappont-sűrítés követelményeinek egyébként megfelelnek. A földi és a GPS hálózat „összekapcsolását” az alappont-meghatározásnál kell dokumentálni.

d) Egyetlen permanens állomásra támaszkodva, de ugyanarra az új alappontra legalább két független mérést végzünk. A függetlenséget azzal biztosíthatjuk, hogy időben elkülönülten (kétszer) végzünk mérést. Ha az új pont felkeresése csak egyszer történik (lásd az OGPSH mérését), akkor a pontraállást mindenképp kétszer kell végrehajtani, eltérő antennamagassággal.

#### PONT ADATLAP

Feltételezve, hogy a hagyományos alappontok használata az aktív GPS hálózat mellett még hosszabb ideig fennmarad, a későbbi GPS mérések tervezéséhez az lenne kívánatos, hogy a felkeresett pontokat a GPS mérésre való alkalmaság szempontjából minősítsük [7]. Az egyik ilyen jellemző a kitakarás, amit egyszerű megoldásként például öt kategóriába sorolhatnánk, becslés alapján. A másik jellemző a pont könnyű vagy nehéz megközelíthetősége, amit szintén lehetne kódolni. Fontosnak tartanánk, hogy minden országos alappont időszakos helyszínelésekor készüljön ilyen adatlap, ami a kifedés változására is kiterjedne.

#### A mérés

##### TEREPI MÉRÉSI ADATOK

A mérésnek a felhasználó által pontonként meghatározandó két legfontosabb adata a pontszám és az antennamagasság, amiket – más műszerparaméterekkel együtt – dokumentálni kell. A beírás történhet adatrögzítő egységet alkalmazva (terminál, kontroller), a mérési fájlhoz hozzárendelve, elektronikusan vagy manuálisan. Kontroller hiányában (amikor csak a nyers mérési ada-

tok kerülnek rögzítésre) kötelező terepi mérési jegyzőkönyvet vezetni. Nem javasoljuk valamely terepi mérési jegyzőkönyv általánosítását, mert annak tartalma erősen függ az alkalmazott műszertől és mérési technológiától. Tapasztalat szerint még kontroller esetén is célszerű saját készítésű terepi jegyzőkönyvet vezetni. Lényeges, hogy legyen olyan dokumentum, amely tartalmazza a mérést végző műszer és antenna típusát, számát, a mérés kezdetét és végét, az adatfájl nevét, az adatrögzítés gyakoriságát (az integrálási idő), a beállított minimális magassági szöveget (kitakarás szöge, maszk), a mérést végző személy nevét és nem utolsósorban a pont számát, valamint az antenna magasságának az értékét. A fáziscentrum vonatkozási pontja, az antennamagasság értelmezése olyan fontos kérdés, amire a műszaki leírásban ki kell térni, mert az eltérő értelmezésből félreértések adódhatnak.

##### NYERS MÉRÉSI ADATOK

A klasszikus vízszintes alappont-sűrítésnél az eredeti mérési eredményeket papír-formájú jegyzőkönyvekben megőrizték, az országos hálózat minden adata ma is hozzáférhető a központi adatárban. Ezt az elvet érdemes követni a GPS esetben is, hiszen az eredeti nyers adatok (raw data) elektronikus adathordozón könnyen tárolhatók (legfeljebb az ésszerű könyvtár-szerkezetet érdemes előírni), ez a munka végrehajtójának nem okoz külön terhet. A nyers adatok megőrzésének indoka az, hogy kritikus esetben csak az újrafeldolgozás segít a probléma feltárásában, továbbá bármilyen jövőbeni, más szempontú feldolgozásra (például pontosabb magassági kiértékelésre) is az eredeti mérésből célszerű kiindulni. További előnyt jelent, hogy így a későbbiekben a térbeli hálózat mintegy „tovább építhető”. Például, egy OGPSH pont ismételt pótlása esetén a régebbi és az újabb mérés együttes feldolgozása erősebb hálózatot eredményez, bár lehetséges, hogy annak egyes pontjai a valóságban már elpusztultak. Az eredeti mérési eredményeket vevőtől független, ún. RINEX formátumban kell leadni.

##### A FEJELŐKÖVEK ELTÁVOLÍTÁSA

Célszerű előírni, hogy az OGPSH pontokon az eredeti anyaponton történjen minden GPS mérés, elkerülendő a fejelőkö vízszintes vagy magassági külpontos elhelyezéséből eredő hibákat. Tehát – ellentétben a mai szabályozással – nem tiltani kell a fejelőkö eltávolítását a mérés idejére, hanem ép-penséggel kötelezővé tenni.

## A feldolgozás

A GPS mérések feldolgozását három részre szokás elkülöníteni: a vektorok meghatározására, a térbeli koordináták meghatározására és a GPS–EOV transzformációra.

### VEKTOROK MEGHATÁROZÁSA

A relatív GPS mérés eredménye a térbeli vektor, amelyet általában a vevőhöz tartozó kereskedelmi szoftverrel számítunk ki. Ezek a szoftverek formailag igen eltérőek, de vannak közös jellemzőik, és megadhatók olyan elvek és mérőszámok, amelyek betartása alappont-meghatározáskor indokolt. Ilyen elvek a következők.

1.) Csak olyan vektort szabad elfogadni, és a továbbiakban felhasználni, amelynél a fázis-többértelműség (phase ambiguity) egész (fix) számként volt meghatározható. A fix megoldást a feldolgozó programok statisztikai próbákhoz kötik, ahol a nullhipotézis például az, hogy a kapott megoldás középhibája kisebb egy apriori értéknél, vagy a számos fix megoldásból az első és a második legjobb varianciájának az aránya elég magas.

2.) Vizsgálható paraméter a vektor-összetevők középhibája (varianciája). Tudnunk kell, hogy ez a mérési eredmények (kettős különbségek) szórásából számítható, ún. belső középhiba, ami nem feltétlenül felel meg a realitásoknak (például az ionoszféra jelentős hatása, a mérés rövid időtartama miatt nem jelenik meg).

3.) A vektorfeldolgozásról ún. napló-fájlt készítenek a szoftverek, ami az elektronikus dokumentáció részét kell, hogy képezze. A napló-fájlból (eredmény-listából) ki kell tűnnie a vektor két végpontja számának és koordinátáinak, a vektor-komponenseknek és a megbízhatósági adatoknak, valamint az antenna-magasságnak, illetve annak, hogy azt figyelembe vették-e. Vannak szoftverek, amelyek ezek mellett átszámítják a vektorokat topocentrikus rendszerbe is.

### KOORDINÁTA-MEGHATÁROZÁS KIEGYENLÍTÉSSEL

Alappont-meghatározásnál mindig van fölös mérés, tehát a végeredményhez, az új pontok térbeli koordinátáihoz kiegyenlítéssel jutunk. A kiegyenlítés a szoftver függvényében történhet 3D térben, vagy a 2D ellipszoid felületén. A kiegyenlítés feltétele a durva hibák előzetes kiszűrése. Ebben a többször mért vektorok összehasonlítása, a vektor-sokszög záróhibáknak a számítása, a többször mért, vagy a több adott pontról mért új pontok előzetes koordinátáinak egybevetése segíthet.

A térbeli kiegyenlítés előnye az egyértelműség mellett a pontossági mérőszámok közlése. Az eredmény-listán be kell mutatni a kiegyenlítés bemenő adatait (az ismert pontok koordinátáit, a mért vektorok adatait), a térbeli vektor-összetevők javításait, az új pontok koordinátáit és azok középhibáit, illetve hibaellipszoid-adatait. A vektorok javításainak nagysága vagy a javítások eloszlásának hisztogramja jó tájékoztatást ad a pontok megbízhatóságáról. A javításokra hibahatárokat lehetne megadni.

Természetesen a térbeli hálózatnál is alapkövetelmény, hogy megfelelő számú fölös mérés (vektor) legyen a hálózatban. A teljes térbeli hálózat egyetlen pontossági mérőszámmal is jellemezhető. Például az új pontok átlagos középhibájával, a mért vektorok átlagos középhibájával, a hálózat relatív hibájával.

### GPS–EOV TRANSZFORMÁCIÓ

A hazai gyakorlatban a leadandó koordinátákat az EOVS rendszerben kell megadni, ezért a GPS-szel meghatározott pontok térbeli derékszögű vagy földrajzi ellipszoidi koordinátáit át kell számítani EOVS rendszerbe. A transzformációt a mindkét rendszerben ismert, ún. közös pontok alapján lehet elvégezni. Dokumentálni kell minden olyan körülményt, adatot, aminek révén a transzformáció a későbbiekben újra elvégezhető. A dokumentáció a következő adatokat tartalmazza.

1.) A transzformáció jellege (ez leggyakrabban térbeli hasonlósági modell, 7 paraméterrel) és szoftvere. Nem lehet megkötni a használt transzformációs eljárást vagy szoftvert, de két ajánlással élünk. A FÖMI-KGO által kifejlesztett (EHT)2 nevű szoftver ingyenesen hozzáférhető ([www.gpsnet.hu](http://www.gpsnet.hu)), és a lehető legpontosabb háromdimenziós áttérést biztosítja a GPS–EOV között. Ha az OGPSh pontjain kívül, mindkét rendszerben ismert saját pontjaink is vannak, akkor lokális transzformáció végezhető a GeoCalc transzformációs moduljával ([www.geocalc.hu](http://www.geocalc.hu)).

2.) A transzformációba bevont közös pontokat. A közös pontok száma nem lehet négynél kevesebb.

3.) A közös pontok maradék ellentmondásait (javításait) lehetőleg topocentrikus rendszerben. A transzformációból ki kell szűrni azokat a pontokat, amelyek maradékhibái meghaladják a feladathoz megszabott határt.

## A részletmérés technológiája

### Az előkészítés

Az előkészítés során döntünk arról, hogy milyen mérőfelszereléssel, milyen módszerrel vé-

gezzük a felmérést. A módszer lehet félkinematikus vagy folyamatos kinematikus módszer, utófeldolgozással vagy valós időben. A továbbiakban a fázismérésen alapuló valós idejű RTK módszerre, mint jellemző technológiára vonatkoznak megállapításaink.

A részletmérés célja lehet csak vízszintes vagy csak magassági értelmű felmérés, illetve térbeli részletpontok létrehozása. A részletmérést szolgáló GPS technológiához elegendő egy adott pontra támaszkodni. A referenciapont kiválasztására a következő lehetőségek vannak.

1.) A referenciapont egy permanens állomás. Ez esetben – a GNSS Szolgáltató Központ korrekcióira támaszkodva – a referencia garantált.

2.) A referenciapont OGPSH pont, ekkor is megbízhatóak az eredeti koordináták, ha a feljelőkövet eltávolítottuk.

3.) Vízszintes felmérésnél a referenciapont lehet egy EOVA országos alappont.

4.) A referenciapont saját telepítésű új pont (ideiglenes pont, vesztett pont), mert a bázisvevő elhelyezése itt gazdaságos. Ilyenkor a referenciapont WGS koordinátáinak meghatározásakor kétféleképpen járhatunk el.

– A felmérési alappontokra vonatkozó szabályok szerint határozzuk meg a koordinátákat.

– Elfogadjuk a referenciapont pillanatnyi navigációs koordinátáit, vagy azokat néhány perces abszolút mérésből (single point positioning) veszünk. Ezzel egy önálló térbeli rendszert hoztunk létre, amely több méterre eltérhet az ETRS89 rendszertől. A továbbiakban az összes bemért pont ebben a „kvázi WGS” rendszerben mérendő be.

Az előkészítés része a munkaterület lokális transzformációs paramétereinek meghatározása, amely a referencia kiválasztása szerint a következőképp történik.

Az 1.) és 2.) esetre az alappont-sűrítésnél írtak érvényesek, a közös pontokat az OGPSH pontok köréből választjuk ki.

A 3.) esetben a környező OGPSH pontok alapján előbb meghatározzuk a térbeli hasonlósági transzformáció paramétereit oda-vissza irányban. Átszámítjuk a referenciapont EOVA koordinátáit (és magasságát) WGS84 rendszerbe (EOVA–WGS). Ennek alapján elvégezzük a mérést, majd az ellentett irányú paraméterekkel (WGS–EOVA) átszámítjuk a részletpontokat.

A 4.) esetben a bázisvevő önálló rendszerében (nevezünk ezt „kvázi WGS” rendszernek) meghatározzuk legalább négy EOVA országos alappont

térbeli koordinátáit. Az így bemért alappontok lesznek a transzformáció közös pontjai. Számítjuk a transzformációs paramétereket („kvázi WGS”–EOVA), ami alapján a részletpontok transzformálhatók. Fontos arra ügyelni, hogy minden egyes újrainduló méréskor a referenciapont első alkalommal meghatározott koordinátáit használjuk.

A transzformációt az alappont-sűrítésnél írtaknak megfelelően kell dokumentálni.

Magassági felmérésnél az adott pontok között legalább egy magassági alappontnak kell lennie.

### *A mérés és feldolgozás*

A mérés és a feldolgozás az RTK esetében a mozgó vevőnél gyakorlatilag azonnal, a helyszínen megtörténik, a pont pontossági mérőszámai (amelyek a referenciaponthoz viszonyítva értenedők) is azonnal láthatók. Utófeldolgozásnál ezek az adatok csak az irodában állnak rendelkezésre.

A részletpont meghatározó vektora (az alappontokhoz hasonlóan) csak akkor fogadható el, ha a fázistöbbértelműség egész szám volt (fix megoldás). Ez akkor biztosított, ha a ponthiba 2 cm alatt van. RTK használatkor meg kell várni, amíg a kijelzett ponthiba a hibahatár alá esik. A mérés paramétereit (konfigurálás) úgy célszerű beállítani, hogy nem-megfelelőség esetén ne történjen adat-rögzítés. A mérés jóságának utólagos megítélése miatt a ponthibákat (középhibákat) tárolni kell. (Kivételes esetben ötödrendű részletpontok kód-méréssel is meghatározhatók, de ez nem tárgya ennek az ajánlásnak.)

Kinematikus mérés esetén veszélyes hibaforrás a referenciapont koordinátáinak téves bevitele. Ezért a dokumentációban feltétlenül szerepelnie kell minden egyes újrakezdett mérés (lác) során a referenciapont mindkét rendszerbeli (WGS, EOVA) koordinátáinak és az antennamagasságnak.

A részletmérés végeredménye a részletpontok koordináta-jegyzéke, amelyet elektronikus formában mindkét rendszerben el kell készíteni, és tartalmaznia kell a koordináta-középhibákat is.

Az elsőrendű részletpontok egy meghatározott százalékát (5–10%) ellenőrizni kell. Ez történhet ugyanazon vagy másik referenciapont melletti ismételt GPS méréssel, vagy földi irány- és távméréssel.

### *Összefoglalás*

A hazai geodéziában már másfél évtizede jelen van a műholdas helymeghatározás, de mind-ezideig nem történt meg a hagyományostól gyö-

keresen eltérő technológia átfogó, hivatalos szakmai szabályozása. Mindez indokolja egy technológiai ajánlás megfogalmazását, amely felveti a közös gondolkodás igényét, és amelyben a szereplők közös érdeke is megjelenik. Ennek az ajánlásnak a korábbiakhoz hasonlóan nincs kötelező érvénye, de a hivatalos szakmai szabályozásig, közmegegyezéses alapon segíthet a problémák áthidalásában.

## IRODALOM

1. *Ádám-Bányai-Borza-Busics-Kenyeres-Krauter-Takács: Műholdas helymeghatározás. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004*

2. *Borza T.-Busics I.-Czobor Á.-Hörcsöki F.-Nagy I. B.-Pakuts T.-Uzsoki Z.-Wagner Gy.: Szabályzatkiegészítés az országos negyedrendű hálózat létesítésére GPS-technika alkalmazása esetén. FM FTH Utasítás, Budapest, 1990*

3. *Borza T.-Busics I.: Szempontok a GPS-szel végzett geodéziai munkák vizsgálatára. FÖMI, KGO, 1993*

4. *Borza T.: Segédanyag a GPS technikával végzett pontmeghatározások munkarészeinek elkészítésére, archiválására, ellenőrzésére. FÖMI, KGO, 1998*

5. *Kenyeres A.-Borza T.: Technológia fejlesztés a III. rendű színtezés GPS technikával történő kiváltására. Geodézia és Kartográfia, 2000/1, 8*

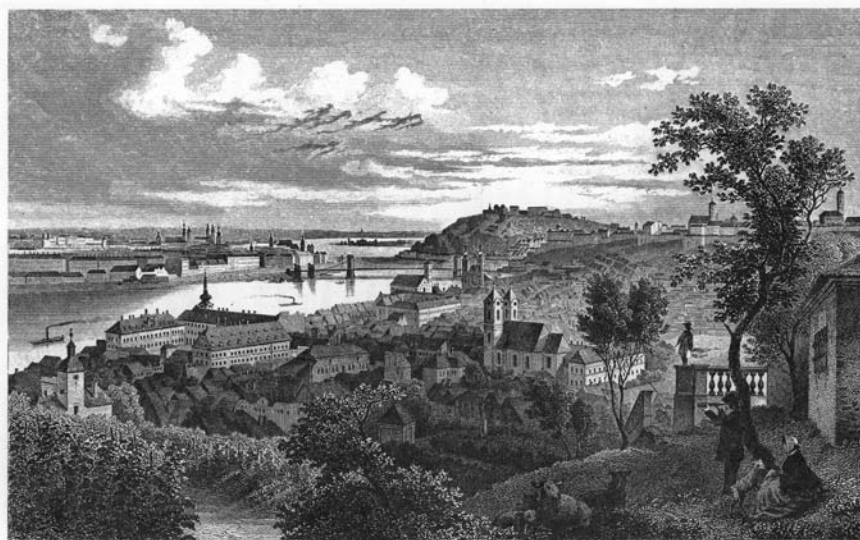
6. *Horváth T.: Javított valós idejű helymeghatározás Interneten keresztül. Geomatikai Közlemények, VIII., 2005*

7. *Busics Gy.: GPS felmérési hálózatok tervezési és minősítési szempontjai. Geodézia és Kartográfia, 2000/3, 23*

## On the regulation of GPS-based geodetic point determination and its documentation

*T. Borza – Gy. Busics  
Summary*

Satellite positioning appeared in the Hungarian geodesy 15 years ago, however the comprehensive, official and professional regulation of this radically new technology has not happened so far. This justifies the formulation of a technological recommendation, which raises the demand of common thinking and represents the common interests of the stakeholders. Like previously issued statements, this recommendation has no obligatory force either, but on the basis of consensus it can help easing problems until an official, professional regulation is released.



*J. Kallner del.*

Druck & Verlag v. O. Lange in Darmstadt.

*A. Pöschel sculp.*

PEST ES BUDA.

PEST ET BUDA OFFEN.

Lith. v. Stoll, K. u. K. Hof- u. Staatsdruckerei in Pesten.