

# Célegyenesben a hazai GNSS kiegészítő rendszer építése

*Dr. Borza Tibor–Galambos István–Horváth Tamás–dr. Kenyeres Ambrus*  
Földmérési és Távérzékelési Intézet, Koszmos Geodéziai Observatórium



## Bevezetés

Minden túlzás nélkül kijelenthető, hogy a geodéziai helymeghatározás hatékonyságában a valós idejű műholdas technika hozta az eddigi legnagyobb változást. A technika a GNSS (Globális műholdas helymeghatározás) alaprendszerre (GPS, GLONASS, a későbbiekben Galileo) támaszkodik, mivel azonban azok önállóan, valós időben csak több méteres pontosságra képesek, a geodéziai pontosság eléréséhez földi kiegészítő rendszer (állomáshálózat és szolgáltató központ) kiépítése szükséges. (Itt jegyezzük meg, hogy a GNSS kifejezés az általánosan értelmezett műholdas helymeghatározást jelenti, beleértve az alap- és kiegészítő rendszereket.) Az erre alapozott hálózati RTK (valós idejű kinematikus helymeghatározási technológia) használatával lényegében bárhol – ahol a műholdas mérés feltételei adottak és van mobil adatkommunikációs kapcsolat – percek, másodpercek alatt geodéziai pontossággal lehet kitűzni, pontokat meghatározni.

Magyarországon a kiegészítő GNSS infrastruktúra kiépítésére kezdettől fogva csak a FÖMI KGO rendelkezett országos koncepcióval. Számos kezdeményezésünk volt más ágazatok bevonására, de csak az egyetértésig jutottunk el, tényleges együttműködést nem sikerült kialakítani, pedig pl. a közlekedés, a honvédelem, a környezetvédelem is érdekelt a kérdésben.

Ma már nem sajnáljuk, hogy így történt, hiszen kizárólag az állami földmérés kezében lévő országos rendszer fenntartása, fejlesztése előnyösebb, mint az ágazatokon átnyúló közös rendszeré. A hazai aktív GNSS hálózat és Szolgáltató Központ kiépítése 2007 végére éri el az országos lefedettséget, ennek kapcsán cikkünkben átfó-

gó képet szeretnénk nyújtani a hazai kiegészítő rendszerről, bemutatva kiépítésének történetét, aktuális állapotát, az általa nyújtott szolgáltatásokat és a közeljövőben várható további fejlesztési lépéseket.

## Előzmények

### *Kezdeti nehézségek, kibontakozás*

A penci referenciaállomás 1996-os indításával (Kenyeres és Borza 1996) a megfelelő időben csatlakoztunk az IGS (Nemzetközi GNSS Szolgálat) és az EPN (EUREF Permanens GNSS Hálózat) hálózatokhoz.

Az első, a hazai aktív GPS hálózat létesítésével foglalkozó tanulmányt nemzetközi szinten is még időben, 1998 augusztusában terjesztettük fel az ágazat vezetése felé azzal a megjegyzéssel, hogy a témát kiemelten kérjük kezelni (Borza 1998). Ez a tanulmány belső használatra készült, attól tartva, hogy valamely jobb feltételekkel rendelkező intézmény felhasználva a leírtakat, az állami földmérést megelőzve építi ki a rendszert. A konkurencia a saját fejlesztési lehetőségeinket korlátozta és problémát okozhatott volna, ha nem elégti ki a geodéziai igényeket. Mint tudjuk a földmérőknek megfelelő infrastruktúra minden más helymeghatározási igény kiszolgálására alkalmas. Volt ok az óvatosságra, azóta több országban is létesítettek párhuzamosan állami és magánkézben lévő hálózatokat, amelyek együttélése nem problémamentes. Magyarországon az állami földmérésnek a GNSS infrastruktúra kiépítése területén azonban a mai napig nem akadt versenytársa. Ennek tudható be, hogy a hálózat építésének 2001-es indulásáig kiesett három év

sem veszélyeztette országunkon belül a FÖMI kezdeményező, vezető szerepét.

Az építés lassú tempóban, anyagi források hiányában másodkézből vásárolt GPS vevőkkel 2001-ben az OROS, majd 2002-ben a NYIR referenciaállomás indításával kezdődött. 2000-ben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Általános- és Felsőgeodézia tanszéke beüzemelte a BUTE nevű referenciaállomást, amely ma is fontos állomása a hálózatnak. PENC, OROS, NYIR és BUTE egyben részévé vált az EPN-nek (Európai Permanens GNSS Hálózat) is.

Több sikertelen pályázat után 2002-ben, az akkori Országos Műszaki Fejlesztési Bizottságtól elnyert projekt lendítette túl a holtpontra a hálózatfejlesztést, majd 2004-ben sikeres Gazdasági Versenyképesség Operatív Program pályázat tovább gyorsította a kiépítés folyamatát. Mindkét pályázathoz az állami földmérés 50% saját forrást nyújtott. Figyelemre méltó, hogy a rendszer építéséhez hozzájárultak magánvállalkozások is; 2006 végére az állomások harmada volt külső, azaz nem az állami földmérés tulajdonában. Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézete a Regionális Baross Pályázat támogatásával csatlakozott a hálózathoz. Ekkor már 22 állomás üzemelt.

#### *Nemzetközi áttekintés: közép-európai helyzetkép*

Nyugat-Európához képest bizonyos fáziskéséssel, de régióknak valamennyi országában folynak a geodéziai célú aktív GNSS hálózati fejlesztések, általában az EUPOS (Európai műholdas helymeghatározó rendszer) program szabványainak elfogadásával. Közvetlen szomszédainkat tekintve a földi GNSS infrastruktúra vagy már rendelkezésre áll, vagy egy-két éven belül teljes lefedettséggel elkészül.

A következőkben röviden összefoglaljuk a GNSS infrastruktúra kiépítésének helyzetét az egyes országokban.

**Ausztria** példája lehet a késlekedő állami szerepvállalás és a tökeerős lokális érdekeltsgű magánvállalkozások megjelenése miatt kialakult bonyolult helyzetnek (*Zahn* 2005). A felelős BEV-nek (Oszták Hitelesítési és Mérésügyi Hivatal) nem kis erőfeszítésbe telik az országos lefedettség elérése új állomások és a meglévő magánhálózatok (nem mindig sikeres) integrálásával. 2007-ben az APOS hálózat 39 állomással működik a BEV, az Oszták Akadémia és a KELAG energiaszolgáltató közös üzemeltetésével. A hálózat a VRS (Virtuális referencia-

állomás) technológiát alkalmazza, 2007-ben kezdi meg a korrekciók Ntrip alapú szolgáltatását. Az APOS hálózattal párhuzamosan üzemel a BEWAG, a Wien Energy és az Oszták Vasutak üzemeltetésében 12 állomásból álló hálózat, ami az ország keleti felét fedi le.

**Szlovákia:** 2006-ban egy lépésben megtörtént a 21 állomás telepítése. Az SKPOS VRS alapú, az állomásokon Trimble NETR5 GPS/GLONASS vevők üzemelnek (*Klobusiak, Leitmannova* 2006). A munkát megfelelő törvényi szabályozás támogatja. (Az állomások interferencia vizsgálathoz mi nyújtottunk segítséget.)

**Románia:** a tervezett 50 állomásból jelenleg 28 működik, ebből 15 GPS/GLONASS. 2007-ben tervezik a hálózati RTK szoftver beszerzését, és ezt követően az Ntrip alapú szolgáltatás beindítását ([www.cngcft.ro/dgc/rnsgp.htm](http://www.cngcft.ro/dgc/rnsgp.htm)).

**Szerbia:** párhuzamosan állami (31 pontos VRS) és magánhálózat (jelenleg 16 ponttal) működik (*Odalovic* 2006).

**Szlovénia:** a 15 állomásból álló VRS alapú SIGNAL hálózat működik.

**Ukrajna:** jelenleg 10 állomás működik, további 13 telepítését tervezik.

**Horvátország:** az EU PHARE programja keretében elnyert forrás felhasználásával 2007-ben pályáztatják meg a 30 állomásból álló tervezett hálózatuk műszereit (*Bosiljevac et. al* 2006).

**Csehország** példáját érdemes még megemlíteni, ahol néhány évvel ezelőtt hasonló volt a helyzet, mint most Magyarországon. Azóta állami támogatással és szisztematikus építkezéssel elkészült a 26 állomásból álló országos CZEPOS hálózat (*Kostecky* 2006). Minden állomást földhivatalban helyeztek el, ugyanaz a GPS vevő- és antennatípus üzemel minden állomáson. A teljesen kiépült hálózat 2006-ban még tesztüzemben működött. A fizetős szolgáltatás bevezetése 2007 januárjában történt meg. Megjegyzendő, hogy Csehországban egy másik, 15 állomásból álló, szigorúbb követelményeknek megfelelő valós idejű GPS mozgásvizsgálati permanens állomáshálózat is üzemel a CZEPOS-szal párhuzamosan.

#### **A *gpsnet.hu* kiegészítő rendszer**

##### *Az aktív GNSS hálózat*

Minden kiegészítő rendszernek alapja a permanens GNSS állomásokból álló aktív hálózat. Minél sűrűbb a hálózat, annál stabilabb a rendszer

és pontosabb a helymeghatározás, ugyanakkor egyre költségesebb a kiépítés és a fenntartás. Jelenleg az optimálisnak mondható állomások közötti távolság 50–60 km, ami hazánkat tekintve mintegy 35 referenciaállomás felállítását jelenti. Hálózatról akkor beszélhetünk, ha az állomások mérései valós időben eljutnak egy feldolgozó és szolgáltató központba, ahol bonyolult modellszámításokat végezve előállítják a precíz helymeghatározáshoz szükséges korrekciókat és elérhetővé teszik a felhasználók számára. Mindez 1–2 másodperc alatt történik. Az állami földmérés keretében a referenciaállomások felállítására jó lehetőséget kínált a földhivatalok hálózata. A szükséges szaktudás, a biztonságos üzemeltetés mellett a TAKARNET nevű intranet hálózat is rendelkezésre áll. A referenciaállomásokról áramló mérési adat bár folyamatos, nem jelent számottevő mennyiséget. A közel 120 hivatal jó lehetőséget kínál a geometriai feltételek kielégítésére is, ezért már az első, 1998-as felterjesztésben is ezt javasoltuk. Jelenleg kivételnek számít a nem földhivatali állomás.

Milyen alapvető feltételeket kell kielégítenie egy referenciaállomásnak?

- Geometriai szempontok (40–60 km sűrűség).
- A referenciapont megfelelő stabilitása.
- GNSS mérések zavartalan végezhetősége (kitakarás-mentesség, zajmentesség).
- A 24 órás üzemeltetés biztosítása, számítógépes kapcsolatban a GNSS Szolgáltató Központtal.

Ha az állomások száma előre adott, akkor a földhivatalokra támaszkodva, aránylag könnyen megtervezhető egy hálózat. Esetünkben a realitások előbb egy 12 állomásos hálózat megtervezését és kivitelezését kínálták, majd évek múlva erre kellett rátervezni a több mint 30 állomást tartalmazó hálózatot, ami azzal járt, hogy helyenként át kell majd helyezni a már évek óta üzemelő állomást is. A megszüntetett referenciaállomások helyén a jövőben monitorállomásokat üzemeltünk, amelyek szükséges elemét képezik a rendszer folyamatos ellenőrzésének.

A referenciaállomások kiépítése 2002-től kezdve 2007-ig gyorsuló ütemben folyt. Az állomások száma 2007 végére meghaladja a 30-at, amihez hozzászámítva számos határon túli állomást, a hálózat stabil szolgáltatásra nyújt lehetőséget.

A referenciapont állandósítása az esetek többségében azt jelenti, hogy egy 2"-os fémcsőt rögzítünk a sátozott szerkezethez, mintegy 60 cm-es kiemelkedéssel a gerinc fölé, lapos tető esetén,

pedig egy stabil 2 m magas szerkezetet állítunk fel. Maga a referenciapont a fémcső tetejébe süllyesztett és rögzített réz adapternek a hossz-tengelye, illetve felső pereme. Az antenna szabatosan illeszthető a szabvány menetes adapterre. A GNSS vevő rendszerint a szerver helyiségben helyezkedik el, amit az antennával 30 m-es, ritkábban 10 m-es kábel köt össze.

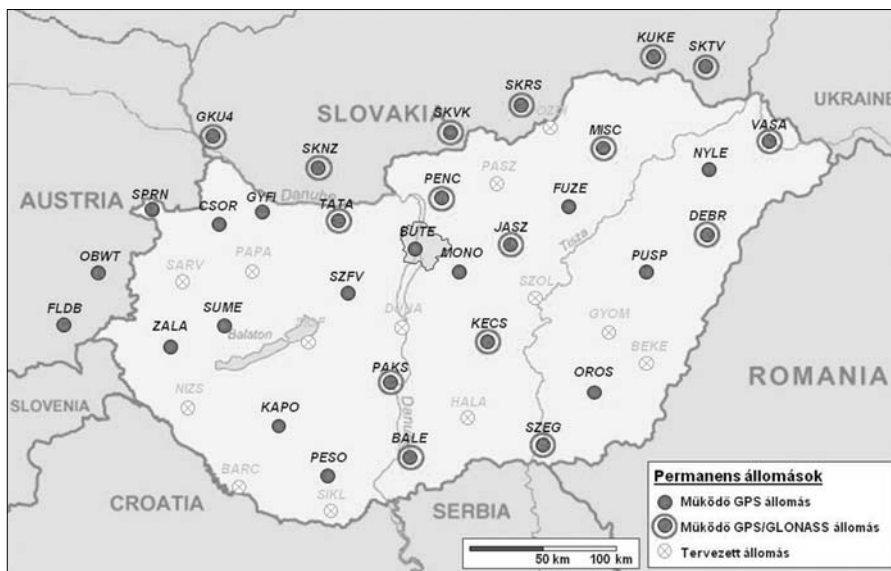
Előfordul, hogy a kiválasztott helyen zavaró rádiójelek észlelhetők a GPS, illetve a GLO-NASS frekvenciákon. Ezek az illegális jelek interferenciát okozhatnak, ami zavarja a mérést. Ennek megelőzésére az állomásokon spektrum analízátorral zajméréseket végzünk. Két helyen is találtunk zavart (Budapest, Kecskemét), amit bejelentve az illetékes hatóságnak azonnal megszüntettek. A mérések szempontjából alapvető a minél kevesebb horizont fölötti kitakarás. Általában olyan helyet választunk, ahol 10 fok felett már zavartalan a kilátás, néha azonban kompromisszumra kényszerülünk.

A 24 órás üzemeltetésre néhány földhivatal nem volt felkészülve (a gyakorlat az volt, hogy csak munkaidőben „éltek” a hivatal számítástechnikai berendezései). A segítőkészség, a közös érdek minden esetben eredményre vezetett.

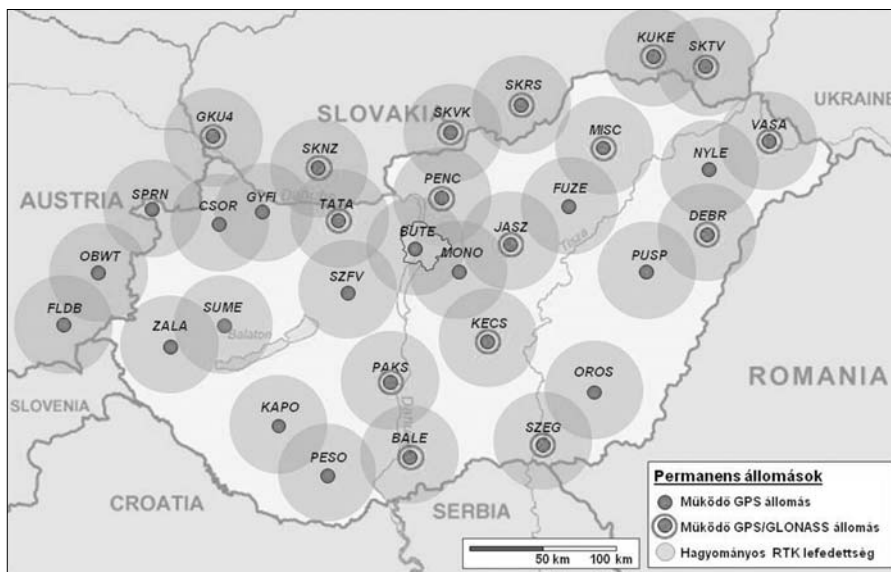


1. ábra Egy sátozott és egy lapos tetős referenciapont

Magyarország tagja az EUPOS együttműködésnek, ami a közép- és kelet-európai országok többségének részvételével, német kezdeményezésre jött létre. Az EUPOS egységes, harmadik generációs kiegészítő rendszer kiépítését célozta meg. Az EUPOS itthoni megvalósítási tervének elkészítését a MŰI finanszírozta (Borza et al. 2005). A GNSS hálózat létesítésekor szem előtt tartottuk az EUPOS előírásait, de az anyagi források korlátai miatt ez egyelőre csak részben valósult meg.



2. ábra A gpsnet.hu kiegészítő rendszer aktív GNSS hálózata, 2007 tavaszán



3. ábra A hagyományos RTK lefedettség, 2007 tavaszán

### Szolgáltató Központ

A referenciaállomások növekvő száma elengedhetlenné tette, hogy immár ne csak a penci obszervatóriumban folyó kutatómunka melléktermékeként nyújtsunk GNSS-alapú szolgáltatásokat, hanem hozzunk létre kizárólag e célból működő központot. Az Országos GNSS Szolgáltató Központ (GSzK) 2004 szeptemberében alakult meg a

KGO-ban. A GSzK-ban három fő dolgozik teljes munkaidőben, ezen kívül további 4–5 fő vesz részt a KGO-ból a rendszer fejlesztésében és üzemeltetésében.

Kezdetben a referenciaállomásokon telepített feldolgozószoftverek segítségével állítottuk elő az utólagos feldolgozáshoz szükséges RINEX (Receiver Independent Exchange format) adatokat és a valós idejű RTCM (Radio Technical

Commission For Maritime Services) korrekciókat. A 15, illetve 30 másodperc rögzítési gyakoriságú RINEX fájlokat FTP-vel (File Transfer Protocol) töltöttük le az állomásokon üzemelő számítógépekről, majd tettük fel a KGO internetes RINEX szerverére. A regisztrált felhasználók innen tudtak hozzáférni a kívánt adatokhoz. A RINEX adatok minőségellenőrzése ekkor még gyakorlatilag a rendelkezésre állás ellenőrzésére korlátozódott. Valós idejű korrekciókat korábban csak UHF/VHF rádión keresztül lehetett eljuttatni a bázistól a rover vevőig. Ez a megoldás országos rádiós infrastruktúra kiépítését tette volna szükségessé, ami kivitelezhetetlen volt. A német SAPOS rendszer példáját követve a KGO-ban már korábban is volt egy próbálkozás a DGPS korrekciók mobil telefonon keresztül történő továbbítására. A szűkös kapacitás és a GPS mesterséges pontosságrontásának (Selective Availability) 2000-es eltörlése miatt a felhasználók száma olyannyira lecsökkent, hogy nem volt értelme fenntartani a szolgáltatást.

Ígazi áttörést a mobil telekommunikációban megjelenő adatforgalom-alapú GPRS szolgáltatás jelentett, ahol a felhasználók már nem a kapcsolódás időtartamától függő díjat fizettek, hanem csupán a letöltött adatmennyiség után. A mobil adatkommunikációban rejlő lehetőséget hamar felismerték a GNSS hálózatokat üzemeltető cégek és fejlesztőközpontok is. A német Szövetségi Térképészeti és Geodéziai Hivatal (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, BKG) 2003-ban dolgozott ki egy új Internet alapú, RTCM korrekciók továbbítására szolgáló szabványt, amit Ntrip-nek (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) neveztek el. Az Ntrip protokoll segítségével a referenciaállomásokon előállított korrekciókat immár gazdaságosan lehetett a felhasználók felé eljuttatni. Az Ntrip-en keresztüli adattovábbítás lényege, hogy az állomásokról bejövő korrekciós adatokat egy központi szerver valós időben képes akár több száz, egy időben kapcsolódó felhasználó számára továbbítani az Interneten keresztül. A szolgáltató szempontjából a módszer nagy előnye, hogy semmilyen új kommunikációs infrastruktúra kiépítését nem igényli, mindenhol, ahol van GPRS vagy EDGE, illetve 3G/HSDPA kapcsolat az országban, ott a korrekciókat is el lehet érni. (A rövidítések rádiós adatkommunikációs szolgáltatás megoldásokat takarnak.) A hozzáféréshez GPRS (illetve a nagyobb sávszélességhez EDGE/3G/HSDPA) adatátvitelre képes mobiltelefonra és felhasználó oldali Ntrip

kliens szoftverre van szükség. Az Ntrip kliens szoftvernek nagyon sok fajtája létezik, van mobiltelefonon, GPS vevő kezelőfelületén, PDA-n, asztali számítógépen futtatható verziója is.

A referenciaállomásokon előállított korrekciók továbbításának korábban két nagy hátránya volt az, hogy

- az egyes állomásokon különböző feldolgozó szoftverek működtek, az előállított korrekciók így nem voltak teljesen egységesek;
- az egyes állomásokra vonatkozó korrekciók a GNSS méréseket terhelő távolságfüggő hibák miatt (műhold pályahibák, ionoszféra, troposzféra okozta hibák) az állomásoktól távolodva egyre kevésbé pontos és megbízható helymeghatározást tettek csak lehetővé. 40–50 km-re az állomásoktól az RTK inicializálás megbízhatósága jelentősen romlik, ennél is távolabb pedig általában már nem is lehetséges a cm pontos fix megoldás. Ebből következik, hogy a hagyományos megközelítéssel csak igen nagy számú referenciaállomással lehetne lefedni az országot.

A probléma megoldása már a 90-es évek végén megszületett: a referenciaállomások nyers mérési adatait együttesen kell feldolgozni egy központban, ahol így lehetőség nyílik az állomásokkal lefedett területre vonatkozó hibamodellezésre is. Több mint egy éves szoftvertesztelés után a KGO 2006-ban írt ki központi feldolgozó szoftver vásárlására vonatkozó pályázatot. A győztes programcsomag a német Geo++ cég GNSMART (GNSS-SMART = GNSS State Monitoring And Representation Technique) valós idejű feldolgozó szoftvere lett. A GNSMART szoftver az állomásokról beérkező nyers észlelési adatok alapján képes nagyon pontosan modellezni és monitorozni a GNSS méréseket terhelő hibákat. Ez ahhoz szükséges, hogy a szoftver a feldolgozásba bevont összes állomásból képzett hálózatban egységesen fel tudja oldani a ciklus-többértelműséget. A GNSS mérések kiegyenlítése a GNSMART szoftverben állapotér-modellezésen alapszik. Az állapotér-modellezés során a tényleges hibaforrásokat kívánjuk modellezni a hibák hatásának modellezése helyett. Ezzel a módszerrel jobban különválaszthatók egymástól az egyes hibaforrások (pl. a troposzférikus késleltetés a vevő órahibájától), továbbá sokkal pontosabban írható le a GNSS mérések valódi fizikai háttere. A szoftver többlépcsős modelleken keresztül, valós időben becüli egyebek mellett a műholdak pályá- és órahibáit, az ionoszféra és a troposzféra okozta késést, a

vevő oldali multipath-t (többutas jelterjedést), a vevők órahíbeit és a vevőantennák koordinátáit.

A szoftver másik fő feladata, hogy a lefedett területen belül képes legyen a GNSS hibák aktuális értékéről információt nyújtani. A GNSMART számos formátumban és módon képes továbbítani ezt az információt a felhasználók felé, ezek közül az FKP (Flächenkorrekturparameter=Korrekciófelületi paraméter) paraméterek és a VRS (Virtual Reference Station=Virtuális Referenciaállomás) korrekciók előállítására. Az FKP esetében a kiválasztott referenciaállomásra vonatkozó korrekciók mellett a távolságfüggő hibák modellezésére és továbbítására a szoftver kiegyenlítő felületet állít elő, amely az adott állomáshálózat területére vonatkozik. A felhasználók közelítő pozíciójuk ismeretében ezen a korrekciófelületen határozzák meg az elhelyezkedésüknek megfelelő javításokat, amelyekkel az RTK korrekciók pontosíthatók. A VRS esetében a felhasználó pozíciójának megfelelő korrekció-lokalizálást a központi szoftver végzi el. Itt tehát arra van szükség, hogy a felhasználó beküldje a közelítő pozícióját a penci Szolgáltató Központba. A beérkezett adatoknak megfelelően a szoftver képes ún. virtuális referenciaállomás mérési eredményeket, illetve korrekciókat generálni, majd továbbítani a felhasználónak. A felhasználó számára a VRS olyan, mint egy közvetlen közelben lévő valódi referenciaállomás (Busics és Horváth 2006). A fent említett két eljárást, valamint az itt nem részletezett hasonló módszereket gyűjtőnéven hálózati RTK-nak nevezzük. A hálózati RTK korrekciókat változatlanul Ntrip-en keresztül juttatjuk el a felhasználókhöz.

2007 márciusa óta az utólagos feldolgozáshoz szükséges RINEX adatokat is a GNSMART szoftverrel állítjuk elő. A referenciaállomásokról valós időben beérkező nyers észlelési adatokból képzett 1 másodperc rögzítési gyakoriságú RINEX állományokat tárolunk. A felhasználók a GNWEB-nevű új webszerver segítségével szabadon definiálhatják a letölteni kívánt RINEX fájlok rögzítési gyakoriságát és időtartamát. Lehetőség van ezen kívül ún. virtuális RINEX adatok letöltésére is. Ezeket az állományokat az állapotvektor-modellezés során archivált állapotvektor fájlok alapján állítja elő a szoftver.

A Szolgáltató Központ a feldolgozott és továbbított adatok minőségéről a korábbiaknál lényegesen szélesebb körű információt tesz közzé az Interneten. A felhasználókat grafikus minőségellenőrző

oldalak segítik annak megítélésében, hogy az általuk használni kívánt szolgáltatások megfelelnek-e elvárásaiknak. RINEX adatok alapján többek között a referenciaállomások koordináta idősorait, az észlelt műholdak számát, a többutas jelterjedés értékét, a ciklusugrások számát, a jel/zaj viszony értékeket lehet ellenőrizni. A valós idejű adatok felhasználói információt kaphatnak az állomásonkénti aktuális műholdszám értékéről, valamint a központi kiegyenlítő szoftver működéséről.

A GSZK szolgáltatásai a nap 24 órájában, hétvégén is működnek, felhasználói támogatást ugyanakkor csak munkaidőben (hétfőtől péntekig, fél 8 és 16 óra között) tudunk nyújtani.

A Szolgáltató Központban dolgozó kollégák telefonon és e-mailben is szívesen válaszolnak a szolgáltatásokkal összefüggő kérdésekre. Természetesen általános GNSS/DGNSS kérdésekkel is fordulhatnak hozzánk.

## Felhasználói szegmens

### *Szolgáltatások típusa*

A GSZK egyrésztől RTCM formátumú valós idejű DGPS és RTK korrekciókat, illetve fázismérési adatokat, másrésztől utólagos feldolgozásra alkalmazható, RINEX 2.10 formátumú mérési adatokat biztosít a felhasználók részére.

### *A valós idejű korrekciók és adatok elérése, típusai*

Az NtripCaster-re kapcsolódva választhatók a hagyományos Differenciális GPS és RTK (valós idejű kinematikus helymeghatározáshoz szükséges) korrekciók, illetve fázismérési adatok, vagy hálózati RTK korrekciók, vagy fázismérési adatok. Az első esetben egy kiválasztott referenciaállomás valós idejű adatai érhetők el az alábbi név alatt és formában:

1. Ntrip mountpoint: SGO\_DGPS-RTCM2.1 (DGPS kód korrekciók RTCM 2.1 formátumban, csak GPS adatokat tartalmaz);
2. Ntrip mountpoint: SGO\_RTK-RTCM2.3 (RTK kód- és fáziskorrekciók RTCM 2.3 formátumban, GPS és GLONASS adatokat is tartalmaz);
3. Ntrip mountpoint: SGO\_RTK-RTCM3.0 (RTK kód- és fázismérési adatok RTCM 3.0 formátumban, csak GPS adatokat tartalmaz);
4. Ntrip mountpoint: SGO\_RTK-RTCM3.0-GLO (RTK kód- és fázismérési adatok RTCM 3.0

formátumban, GPS és GLONASS adatokat is tartalmaz).

Az RTCM 3.0 kb. 70%-al tömörebb formátum, mint az RTCM 2.3, tehát jelentősen csökkenti a GPRS költséget.

A mérés kezdetén a felhasználónak be kell küldenie a közelítő pozícióját a feldolgozó központba NMEA GGA formátumban. Ennek alapján a központi szoftver automatikusan választja ki a legközelebbi állomást, és annak az adatait továbbítja a felhasználónak. Ügyelni kell arra, hogy a referenciaállomástól távolodva romlik a pozíció megbízhatósága. 40–45 km-re eltávolodva már nem minden esetben biztosítható a geodéziai pontosság.

A hálózati RTK korrekciók esetében a központi szoftver az állomások adatait együttesen kezeli. A hálózat területére modellezi a méréseket terhelő hibákat, így a hálózat bármely pontjában becsülhetők a hibahatások. A feldolgozásban a teljes hálózat részt vesz. Az adatfeldolgozás azonban mindig egy bázisvonalra vonatkozik, még akkor is, ha a referencia állomás virtuális. Ilyen módon homogén pontosság érhető el a hálózatba kapcsolt állomásokkal lefedett területen.

A valós idejű hálózati RTK adatok típusai az alábbiak:

5. Ntrip mountpoint: SGO\_FKP-RTCM2.3 (RTK kód- és fáziskorrekciók RTCM 2.3 formátumban a felhasználóhoz legközelebbi állomásról kiegészítve korrekciófelületi paraméterekkel RTCM 59-es formátumban);
6. Ntrip mountpoint: SGO\_VRS-RTCM2.3 (RTK kód és fáziskorrekciók RTCM 2.3 formátumban a rover pozíciójára lokalizálva);
7. Ntrip mountpoint: SGO\_VRS-RTCM3.0 (RTK kód és fázismérési adatok RTCM 3.0 formátumban a rover pozíciójára lokalizálva);
8. Ntrip mountpoint: SGO\_VRS-CMR (RTK kód és fázismérési adatok Trimble CMR formátumban a rover pozíciójára lokalizálva).

Az FKP esetében a rover készülék beküldi a pozícióját, a központi szoftver így ki tudja választani a hozzá legközelebb eső hálózati feldolgozásban résztvevő állomást. A szerver ennek az állomásnak az RTK korrekcióit, valamint a területre vonatkozó korrekciófelületi paramétereket küldi vissza a felhasználónak. A kapott adatokból a rover maga végzi a pontosított hálózati RTK korrekciók számítását.

A VRS esetében a központi szoftverre hárul ez a feladat, vagyis a korrekciók lokalizálása. Ehhez szükséges, hogy a rover helyzete mindig is-

mert legyen (10 másodpercenkénti NMEA GGA üzenet küldése a központba), ezért folyamatos kétoldalú kapcsolatra van szükség a rover és a központi szoftver között.

A hálózati RTK eljárások pontossága közel azonosnak mondható.

A GLONASS-os hálózati RTK szolgáltatás elindításához a jelenlegi háromnál több kombinált GPS/GLONASS referenciaállomásra van szükség.

#### *Utólagos feldolgozáshoz szükséges adatok*

A GSzK az állomásokról beérkező nyers mérési adatokból állítja elő az utólagos feldolgozásra alkalmas RINEX és virtuális RINEX adatokat. A RINEX adatok létező referenciaállomásokról származnak, a virtuális RINEX adatok a felhasználó által meghatározott pozícióra, egy virtuális referenciaállomásra vonatkoznak. A központi szoftver a megadott hely környezetében lévő állomások észleléseiből határozza meg a virtuális RINEX állomás adatait. Ebből adódik, hogy csak ott használható, ahol az állomások adatai hálózatként kerülnek feldolgozásra. A virtuális RINEX segítséget nyújt az egyfrekvenciás vevőt használóknak (nincs referenciaállomás távolsági korlát a hálózaton belül), és a kétfrekvenciás vevőt használóknak is (rövidebb mérési idő). Az adatletöltés a [www.gpsnet.hu](http://www.gpsnet.hu) honlapról érhető el a *Szolgáltatások / Utólagos felhasználáshoz / Adatkérés (GNWEB) / Tovább a GNWEB-hez* lépéseken keresztül. A GNWEB futtatásához Java™ Runtime Environment környezet szükséges. A rendszer rugalmas adatletöltést biztosít, a felhasználó saját maga határozhatja meg a rögzítési gyakoriságot és a kért időtartamot. A GPS/GLONASS állomásokról lehetőség van GLONASS méréseket is tartalmazó RINEX fájlok letöltésére is.

#### *Felhasználói teendők*

A GSzK adatait csak regisztrált felhasználók vehetik igénybe. A regisztrációhoz az adatszolgáltatási szerződést két példányban kitöltve, aláírva, a FÖMI központjába kell eljuttatni. Külön szerződés szükséges a valós idejű és külön az utólagos adatok elérésére, de két szerződés esetén is csak egyszer kell regisztrációs díjat fizetni. A szerződések a [www.gpsnet.hu](http://www.gpsnet.hu) honlapról a *Szolgáltatások / Valós idejű felhasználáshoz* vagy *Utólagos felhasználáshoz / Regisztráció* menüpontnál érhetőek el.

A rendszer zökkenőmentes használata – a megfelelően működő referenciaállomások biztosítása mellett – a felhasználói oldalra is terhelhető. Valós idejű használatnál elengedhetetlen követelmény a rover készülék tökéletes ismerete. Ez nemcsak a mérési stílusok közötti – alkalmanként szükségszerű – „navigálást” jelenti, hanem pl. a készülékben látható középhiba érték követését is a pontmeghatározás ideje alatt. Elkerülhetetlenek az ellenőrző mérések, különösen igaz ez az alappont meghatározásokra. A helyes, körültekintő használatról bővebb útmutatás található a [www.gpsnet.hu](http://www.gpsnet.hu) honlapon a *Letöltések* menüpont alatt:

- AJÁNLÁS a GNSS technikával végzett pontmeghatározások végrehajtására, dokumentálására, ellenőrzésére;
- Alapismertetek a valós idejű GNSS technika alkalmazásánál előforduló hibákkal, problémákkal kapcsolatban.

Az utólagos adatfeldolgozás érzékeny pontja az adott terepi viszonyok melletti megfelelő mérési idő megválasztása. A virtuális RINEX szolgáltatás elindítása óta az eddiginél rövidebb mérési idő is elegendő lehet. Az adatletöltés folyamatában segítséget ad a

- Felhasználói útmutató a GNWEB használatához.

A műholdas technika ETRS89 rendszerében kapott téradatokat szinte minden esetben át kell transzformálni az EOVS rendszerbe. Az utólagos megoldásra a FÖMI kidolgozta és közreadta az EHT szoftvert, amely az OGPSH adataira támaszkodva, külső adatbevitel nélkül oldja meg a problémát. A valós idejű meghatározásokhoz az EHT nem alkalmas, mert számítástechnikailag bonyolult, ezért a FÖMI kifejlesztette a VITEL (Valós idejű transzformációs eljárás) megoldást, amely egy alap-transzformációra és egy járulékos korrekciós interpolációra egyszerűsíti le a transzformációt. Ez a megoldás már képes elvégezni a számítás a valós idejű alkalmazásokhoz szükséges igen rövid idő alatt, ezért be lehet építeni a rover egységekbe. A Leica és a Sokkia műszereknél ez már meg is történt, a többi műszer esetében csak a gyártókon múlik, hogy mikor lesz elérhető a VITEL.

### Megtérülési kérdések

A geodéziai referenciarendszerek kiépítése és fenntartása történelmileg úgy alakult, hogy az alappontok eladásából származó bevételek min-

dig is csak töredékét tették ki az alaphálózatokra fordított kiadásoknak. A geodéziai hálózatok stratégiai jelentősége miatt nem merült fel a deficit kérdése. A valódi értéke a referenciarendszereknek a végtermékben, tehát a térképekben van. Az önmagában veszteséges alaphálózatokat vagy külön forrásból, vagy a térkép eladásokból származó bevételek egy részének átcsoportosításával támogatták. Hogy a térképek értékének hány százaléka az, ami az alaphálózatokat illeti, nem mutatták ki, a hálózatfejlesztések kampányszerűen folytak, részben külön források biztosításával. A fentiek miatt hamis az a vélekedés, miszerint „ha az aktív GNSS hálózat olyan fontos, magától is megvalósul, mert a piac kikényszeríti”. Bármennyire is hatékony a műholdas technika, nem lehet a felhasználókra terhelni a teljes megvalósítás és fenntartás költségeit, mert ez a hagyományos infrastruktúra konzerválását jelentené, ami versenyképességünk csökkenéséhez vezet.

Tekintsünk el most a megvalósítás költségeitől, foglalkozzunk csak a fenntartással. A mintegy 30–35 állomás működésének biztosítása csak az amortizáció következtében évi 25–30 M Ft-ot igényel. A dologi és személyi költségekkel együtt a rendszer fenntartása 50–60 M Ft/év. Összevetve a hagyományos hálózat fenntartásával, csak az EOVA évi 153 M Ft-ot igényel (Vass et al. 2007).

Az aktív GNSS hálózat működtetéséből – ellentétben a hagyományos technológiával – jelentősebb bevételek is származnak. Ahhoz, hogy önállóan is megtérüljön a rendszer fenntartására fordított összeg, a jelenlegi mintegy 200 regisztrált felhasználónak egyenként évi 400 órát kellene használnia a valós idejű szolgáltatást, vagy a felhasználók számát kellene jelentősen növelni. A földhivatali hálózat, állami alapfeladatok végzéséhez térítésmentes kvótát élvez, viszont a keretet meghaladó szolgáltatásért már nekik is fizetniük kell. Egyelőre egyetlen országban sem sikerült megtérüléses rendszert kialakítani, ezzel szemben térítésmentes szolgáltatásra vannak példák. A szolgáltatás árának felső határát az határozza meg, hogy mibe kerül egy saját bázis üzemeltetése. (Lokális igények kielégítésére egy saját bázis alkalmazása gazdaságosabb, mint egy országos rendszer fenntartása, mert csak ott és akkor üzemelteti, amikor szükséges. Országos rendszer csak egy bizonyos számú felhasználó fölött lehet gazdaságos.)



## További fejlesztési tervek

A 2006. év végén a FÖMI közbeszerzési eljárást írt ki GPS és GLONASS jelek vételére is alkalmas referenciaállomás vevők vásárlására. A tender eredményeképpen a gpsnet.hu hálózat 15 db új, csúcstechnológiát képviselő eszközzel gazdagodott. A kiváló minőségű vevőkhöz referenciaállomásokra tervezett Chokering típusú antennákat vásároltunk. Eddig egyedülálló módon az új antennákat abszolút robotkalibrációs eljárással egyenként kalibráltattuk Németországban, amivel az egyedi fáziscentrum-eltéréseket is ki tudjuk küszöbölni. Az új vevők részben régi, elavult készülékeket fognak kiváltani, részben pedig új állomásokat tudunk kiépíteni. A BME-n (BUTE) rövidesen ugyanilyen típusú vevőre fogják cserélni az ott üzemelő készüléket, továbbá Baján (BALE) is ugyanezt a típust üzemelteti a Geopro Kft. Összességében tehát 17 kombinált GPS/GLONASS vevő működik majd az országos hálózatban.

Az országos hálózati RTK lefedettség eléréséhez szükség van a szomszédos országokban a határok mentén működő GNSS állomások adataira is. Az adatcserét kétoldalú szerződések szabályozzák. A külföldi állomások integrálása 2007 tavaszán megkezdődött. Első lépésben szlovák és osztrák állomások adataihoz jutunk hozzá, cserébe a mi határközeli állomásaink adataiért. Az év végéig a GLONASS lefedettség is jelentősen javul. Mivel azonban marad néhány, csak GPS jelek vételére alkalmas vevőnk, a GLONASS-os hálózati RTK korrekciók várhatóan még nem lesznek mindenütt elérhetők. A térképen látszik, hogy jövőre további állomások telepítését tervezzük, amelyekkel befejeződik az országos hálózatsűrítés. A már említett monitorállomásokkal (kb. 3 ilyen állomást tervezünk) teljessé válik a gpsnet.hu kiegészítő rendszer.

A rendszer kiépülésével 2007-ben elkerülhetetlenné válik az OGPSH és az aktív hálózat állomásai koordinátáinak felújítása is. Mint ismeretes, régióinkban Magyarország 1991-ben az elsők között csatlakozott az egységes európai 3D vonatkozási rendszerhez az ETRS89-hez. Az akkor meghatározott 5 EUREF pontra alapoztuk mind az OGPSH, mind az aktív hálózat vonatkozási rendszerét. Az eltelt 15 év gyökeres változást hozott a GPS mérési és feldolgozási technológiákban, emiatt válik elodázhatatlanná az ETRS89 referencia koordinátáink pontosítása. A váltás

nem érinti majd az EOVS koordinátákat, csak az EOVS és az ETRS89 rendszerek közötti transzformációs megoldásokat. Emiatt fel kell újítani majd pl. a VITEL szoftver adatbázisát is. A felújítás várhatóan magában foglalja a szoftver magasságmeghatározási képességének pontosítását is.

Terveink között szerepel még a jelenlegi minőségellenőrző rendszer továbbfejlesztése, amelyben segítségünkre lesz az RTCM szabvány új verziója is, amely már a hálózati RTK korrekciókra vonatkozó valós idejű minőség adatokat (maradékhibák) is tartalmaz majd. Ezek az információk is segítik majd a felhasználókat (a rover vevők beépített szoftvereit) a helyes modellek kiválasztásában és az optimális eredmények biztosításában.

A jelentős fejlesztések végéhez közeledve elkerülhetetlenné válik az eddig ingyenesen hozzáférhető valós idejű korrekciós szolgáltatás fizetössé tétele is. A percdíjas rendszer bevezetése 2007 második félévétől várható.

## Összefoglalás

A műholdas helymeghatározás néhány évtized alatt az egyetlen pont meghatározására alkalmas, igen nehézkes fotografikus technikától eljutott a rádióhullámokkal működő, valós idejű, cm pontos helymeghatározásig. A kezdetben megmosolygott technika pontosságban, de főleg hatékonyságban utolérte, majd több vonatkozásban is nagyságrendekkel megelőzte a hagyományos módszereket. A műholdas hely-meghatározás új, globális vonatkozási rendszert is bevezetett, ami megkönnyíti az országok közötti térinformatikai kommunikációt. A műholdas technikára való áttérés, más szavakkal a technológiaváltás két tényező függvénye: rendelkezik-e a felhasználó megfelelő technikával, és ha igen, rendelkezésre áll-e az országban a korszerű technikához nélkülözhetetlen infrastruktúra. Jelen írásban ez utóbbi kérdésre adtuk meg a választ, miszerint 2007-ben, ha még nem is az optimális, de megfelelő színvonalú GNSS kiegészítő rendszer áll a felhasználók rendelkezésére.

## IRODALOM

1. *Kenyeres, A., Borza, T.* (1996): Az első hazai permanens állomás: PENC. A 11. Kozmikus Geodéziai Szeminárium előadásainak gyűjteménye, pp. 100–112, MH Térképészeti Hivatal Budapest, 1996
2. *Borza, T.* (1998): Az Aktív GPS hálózat: A közeljövő geodéziájának infrastruktúrája.

- FM-FTF, FÖMI belső használatra. 1998. augusztus
3. *Klobusiak, M., Leitmannova, K.* (2006): SKPOS and 3D projektive space. GPS+GLO-NASS +Galileo: nové obzory geodézie seminar organizovany KGZ SvF STU. 8.11.2006. [www.gku.sk/slo/doc/3D.pdf](http://www.gku.sk/slo/doc/3D.pdf).
  4. *Kostelecky, J., Kostelecky, J.* (2006): New permanent GNSS networks in the Czech Republic and their use in geosciences. [www.fomi.hu/CEGRN/public/Kostelecky\\_Kostelecky\\_05.pdf](http://www.fomi.hu/CEGRN/public/Kostelecky_Kostelecky_05.pdf).
  5. *Zahn E* (2005): APOS- Austrian Positioning Service. [www.gkf.at/download/GKF\\_2005\\_APOS.pdf](http://www.gkf.at/download/GKF_2005_APOS.pdf).
  6. *Bosiljevac M et. al* (2006): National Report of Croatia. [www.euref-iaig.net/symposia/2006-Riga/07-04.pdf](http://www.euref-iaig.net/symposia/2006-Riga/07-04.pdf).
  7. Reteaua Nationala de Statii GPS Permanente. [www.cngcft.ro/dgc/rnsgp.htm](http://www.cngcft.ro/dgc/rnsgp.htm)
  8. *Odalovic, O.* (2006): Nation – Wide Trimble VRS system in Serbia. Munich, GPSNet Users Conference, May 2006
  9. *Borza, T., Fejes, I., Galambos, I., Horváth, T., Kenyeres, A.* (2005): EUPOS megvalósítási tanulmány, <http://www.sgo.fomi.hu/EUPOSTan.pdf> pp. 92 old. IHM-MŰI megbízásából 2005. május
  10. *Busics, Gy, Horváth, T.* (2006): Új lehetőség a geodéziai pontmeghatározásban: a hálózati RTK. *Geodézia és Kartográfia*, 2006/4, pp. 9–16.
  11. *Vass, T., Borza, T., Lévai, P.* (2007): Vízszintes és magassági felsőrendű alappont hálózatok jellemzése. GIS OPEN 2007. Székesfehérvár, 2007. március 12–14. Előadás és CD kiadvány

### Building up of the Hungarian GNSS Positioning Service: the final steps

*Borza, T.–Galambos, I.–  
Horváth, T.–Kenyeres, A.*

#### Summary

All over the world we are witnessing an extensive advancement of the GNSS positioning techniques. However when we want to establish services conforming also to the geodetic needs, further significant efforts are required in each country to establish national augmentation systems improving the positioning accuracy and integrity.

This paper as introduction gives an overview on the status of the GNSS infrastructure development in the Central European region, where we treat in detail the development of the Hungarian Positioning Service. We introduce the history of the network establishment, the actual status and constituents, the services provided and the further development steps being done in the near future.



*Marosvásárhely, Főpiacz  
(Magyarország és Erdély eredeti képekben, Darmstadt 1856; Lange Gusztáv György)*