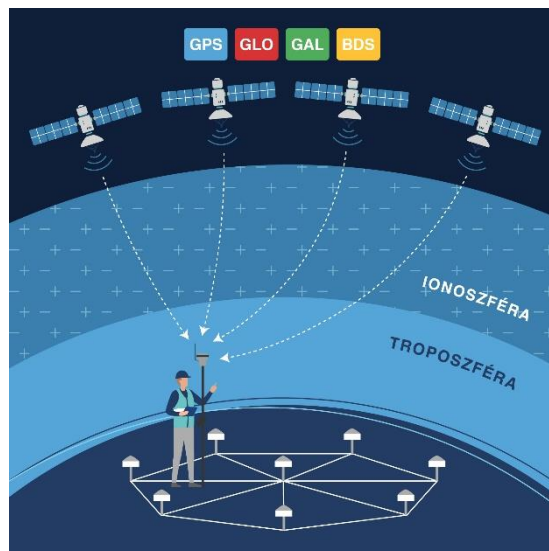


## GNSS RTK mérések és az ionoszféra: Hogyan alkalmazkodjunk?

Ma már minden gyakorlati szakember felhasználói és szolgáltatói oldalról is a GNSS RTK méréseket megnehezítő, sokszor lehetetlenné tevő megnövekedett ionoszférikus hatásokról beszél.

Amint azt már jól tudjuk, a **napfolttevékenység 11 éves periódust mutat, melyből a legközelebbi ciklus ugyan még csak 2025-re éri el a maximumát**, de már ezen a télen is megmutatta, mi vár ránk az elkövetkező években. A maximumhoz közeledve a Nap elektromágneses és részecskesugárzása sokkal nagyobb mértékben, **térben és időben is rendkívül változékony nagyságrendben ionizálja** az atmoszférában lévő semleges molekulákat. A nagy frekvenciával változó megnövekedett elektrontartalom, a GNSS jelkésleltetésben nemlineáris, a jelek követését megnehezítő, akár lehetetlenné tevő ugrásszerű hatásokat okoz. Ezt tapasztaljuk szolgáltatói oldalról az ún. ionoszféra maradékhibák emelkedésével, és felhasználói oldalon az inicializálási nehézségekkel, esetleges rosszul elvégzett inicializálással. Mivel a GNSS tömeges gyakorlati alkalmazása óta még csak egy ilyen napfolt maximum volt, és még csak most kezdődik a következő, nagyon sok felhasználó számára eddig nem tapasztalt nehézségeket támaszt.



Szolgáltatói oldalról mindent megteszünk annak érdekében, hogy felhasználóink sikeresen dolgozhassanak a terepen ilyen körülmények között is. Ennek egyik kulcsa a folyamatos hardver/szoftver fejlesztés, másik pedig a felhasználók felkészítése annak érdekében, hogy a naptevékenység fokozódó hatását a következő téli időszakban már felkészült közösség várja.

A várható helyzetre való felkészítés jegyében már tavaly, a 2022.02.10-i ionoszféra aktivitással kapcsolatos Facebook bejegyzésünkben ([https://gnssnet.hu/pdf/iono\\_2022.pdf](https://gnssnet.hu/pdf/iono_2022.pdf)), illetve a GISOpen konferencián (<https://www.gisopen.hu/2022/ppt/G4.pdf> (12-20. közötti diák) felhívtuk a közösség figyelmét az előttünk álló kihívásra.

A napfolttevékenység 11 éves ciklusán belül a maximum közeledtével még egy évszakos hatás is megfigyelhető. A **Föld Nap körüli keringéséből és forgástengelyének ferdeségéből eredően hazánkban ez a hatás télen erőteljes**. Ezt a téli időszakonként egyre nehezebbé váló RTK mérések, illetve a hálózati feldolgozásban keletkező statisztikai mérőszámok is igazolják.

Az ionoszférikus hatásnak **napi ciklusa is van**, amely a Föld forgásának következtében alakul ki, és hazánkban nappal, átlagosan **10-14 óra között a legerőteljesebb**. A mérések tervezésénél ezt is érdemes figyelembe venni, célszerű ezt az időszakot – amennyiben megoldható – elkerülni.

A felhasználóink tájékozódását és méréseik tervezését segítő ionoszféra maradékhibák a GNSSnet.hu szolgáltatás monitor oldalán valós időben (<https://monitor.gnssnet.hu>), illetve utólagosan, az archív adatokkal (<https://monitor.gnssnet.hu/minoseg-ellenorzes/ionoszfera>) követhetők nyomon.

A GNSSnet.hu szolgáltatásban a hálózati feldolgozásból származó **IP-I** (Irregularity Parameter of Ionosphere) **paramétert jelenítjük meg**, amely jellemzi, hogy a hálózati szoftver mennyire megbízhatóan tudja becsülni az állomások közötti távolságfüggő hibát az ionoszféra vonatkozásában. A méter mértékegységben megjelenített értéke az összes állomáson észlelt, valamennyi műholdra számított középhiba, amely – érdemes hangsúlyozni – **nem egy adott GNSS RTK mérés meghatározási hibáját jelenti**.

Fontos azt is tudni, hogy a **valós idejű információink hűen tükrözik az aktuális ionoszférikus állapotokat**, de ezek az adatok gyorsan változnak, és nem összevethetők esetleg más szolgáltató által publikált adatokkal. Főként, ha nem is azonos ionoszférikus paraméter, és nem azonos időbeli felbontású adatok kerülnek összehasonlításra.

Intenzív ionoszféra aktivitás során a referencia **állomástól távolodva válik egyre kritikusabbá az RTK mérés**. A hálózati feldolgozó szoftver ilyen szélsőséges körülmények között, a térben és időben gyorsan változó elektrontartalom miatt hibákkal terhelt tudja meghatározni a távolságfüggő hibát. Hogy mekkora távolságig képes megfelelően erre a szoftver, szinte lehetetlen pontosan megmondani, épp a gyorsan változó elektron tartalomból eredően. Általában **a referencia állomástól számított 15-20 km-en belül nem várható, vagy csak kismértékű mérési nehézség. E fölött viszont, a maradékhibák nagyságától függően, szembesülhetünk hosszabb inicializálási idővel vagy téves inicializálással is. Ilyen körülmények között tehát döntő jelentőségű a rover vevő és a referencia állomás közötti távolság!**

Emellett **az észlelt műholdszám is számottevő tényező**. Statisztikai adataink alapján egyértelműen látszik, hogy a multi GNSS adatokat (GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou) használó rover készülékek hatékonyabban birkóznak meg az ionoszféra okozta jelenséggel, mint a régebbi, csak GPS/GLO jelvételekre képes vevőkészülékek. Felhasználóink számára javasoljuk, hogy akinek lehetősége van rá, **frissítse készülékét a multi GNSS adatok vételére**. A műholdszám növelésével szélsőséges körülmények között is nagyobb eséllyel lehet eredményes munkát végezni.

**Jelen helyzetben az ellenőrző mérésekre különös hangsúlyt kell fektetni, a gyakrabban előfordulható téves inicializálások miatt!** Ionoszféra aktivitás során még abban sem lehetünk egészen biztosak, hogy akár egy nagyon gyorsan (10-30 mp alatt) elért ún. RTK fix meghatározás geodéziai pontosságú. Ráadásul a különböző GNSS rover típusoknál RTK fix és RTK fix között is lehet különbség, attól függően, hogy milyen megbízhatósági szint mellett fogadják el azt. Ha egy készülék alacsonyabb tolerancia szint mellett is RTK fixet mutat, magas ionoszféra aktivitásnál nagyobb eséllyel tévedhet, mint normál körülmények között.

Ugyanakkor az sem vehető kizártnak, hogy egy hosszabb, akár 5-10 percig tartó inicializálás (amennyiben az inicializálási tolerancia szint magas) biztosan rossz lesz (leszámítva persze a ráfordított idő okozta kellemetlenséget). Egyetlen dolog segíthet, ha **ellenőrző méréseket végzünk**, és megbizonyosodunk az inicializálásunk, az „RTK fix-ünk jóságáról”.

## **Mit tehetünk, hogy javuljon a helyzet?**

**A szolgáltatói oldalon** arra törekszünk, hogy a lehetőségeinkhez mérten a lehető leggyorsabban a teljes országra kiterjedő multi GNSS lefedettséget biztosítsunk. Emellett az állomás-hálózat egyes referencia állomásainak áthelyezésével, az **állomások közötti távolságok csökkentésével**, minél jobb geometriai elhelyezkedést érjünk el. Így a következő téli időszakra jobb mérési feltételekkel vághatnak neki Felhasználóink.

**Új hálózati korrekciós stream-ek bevezetése is napirendre került**, mind RTCM3.1, mind RTCM3.2 formátumoknál. Az új stream-ek esetében a rover által beküldött pozícióhoz képest lecsökkentett PRS (Pseudo Reference Station) távolságról kapja a rover a korrekciót, ezzel elősegítve a gyorsabb inicializálást. Ez a megoldás jelenleg tesztelési fázisban van, használatukról tájékoztatni fogjuk Felhasználóinkat.

Az elmúlt két év téli időszakának tapasztalatai alapján **figyelmeztetési szinteket határoztunk meg a monitor felületünkön az ionoszféra maradékhibák emelkedésére**, melyek alapján 5 cm-es maradékhiba alatt általában nem kell számítani -, 5-8 cm között várható -, 8 cm felett már jó eséllyel jelentkezhet mérési nehézség (részletesebb információ: <https://monitor.gnssnet.hu/informacio>).

**Felhasználóink számára javasolt** - a már említett - műszer korszerűsítés a multi GNSS adatok használatára, illetve szoftver frissítés mellett, ha lehetséges, akkor a mérések időzítése az alacsonyabb IP-I értékek időszakára.

Kérdések, probléma esetén, keressenek minket továbbra is bizalommal!  
Eredményes munkát kívánunk!

Üdvözlettel,  
GNSS Szolgáltató Központ