



A SZABATOS ABSZOLÚT HELYMEGHATÁROZÁS (PPP) ÉS MÉRNÖKGEODÉZIAI ALKALMAZHATÓSÁGA

Mérnökgeodézia Konferencia 2024

Rózsa Szabolcs, Takács Bence, Ács Ágnes

2024. október 26.



BUDAPESTI MŰSZAKI
ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Építőmérnöki Kar - építőmérnöki képzés 1782 óta

Általános és Felsőgeodézia Tanszék

ALAPFOGALMAK

- Geodéziai pontosságú helymeghatározás – a fázismérés és nehézségei

$$\Psi_P^S = \frac{\rho}{\lambda} + [\delta^S(t) - \delta_P(t)]2\pi f + N_P^S - I + T$$

- Megoldási lehetőségek:
 - Relatív helymeghatározás (utófeldolgozott statikus/kinematikus vagy RTK) – a hibák kiejtése, csökkentése különbségképzéssel
- OSR – Observation Space Representation – hibák kiejtése vagy eredője, mint korrekció
- pályahibák / mh. órahibák / HW késések / légköri hatások

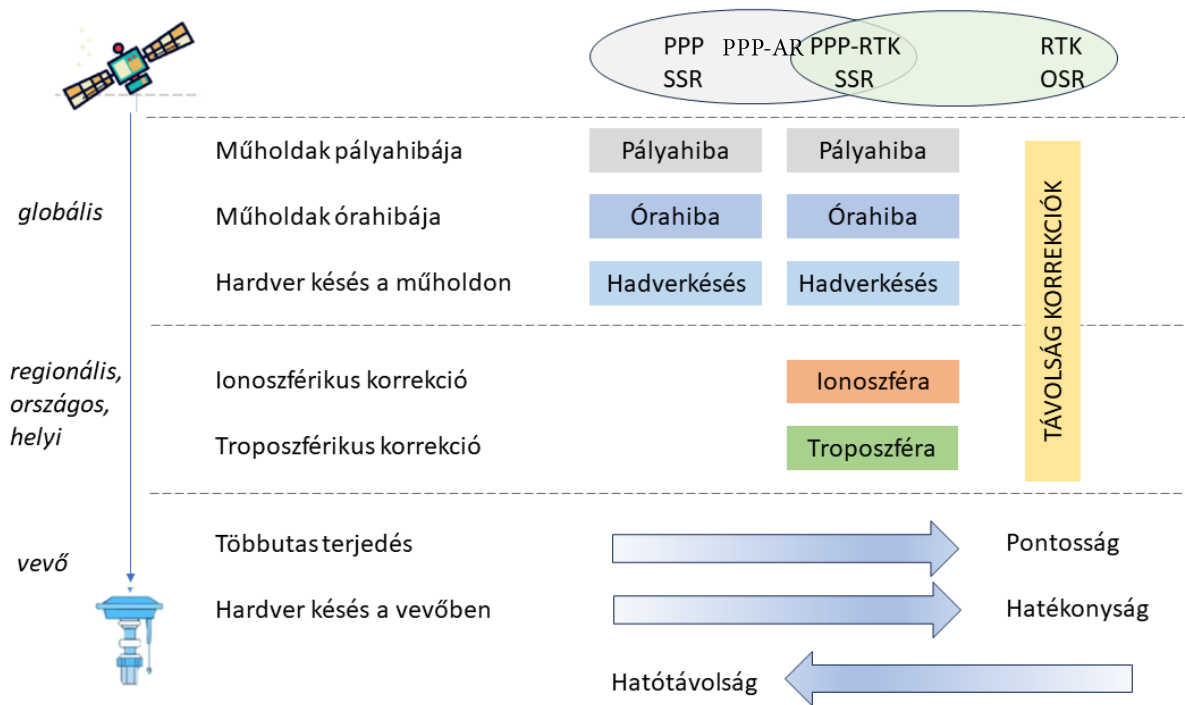
ALAPFOGALMAK

- Geodéziai pontosságú helymeghatározás – a fázismérés és nehézségei

$$\Psi_P^S = \frac{\rho}{\lambda} + [\delta^S(t) - \delta_P(t)]2\pi f + N_P^S - I + T$$

- Megoldási lehetőségek:
 - Szabatos abszolút helymeghatározás (PPP – precise point positioning)
SSR – State Space Representation – egyes hibák meghatározása, figyelembe vétele

ALAPFOGALMAK



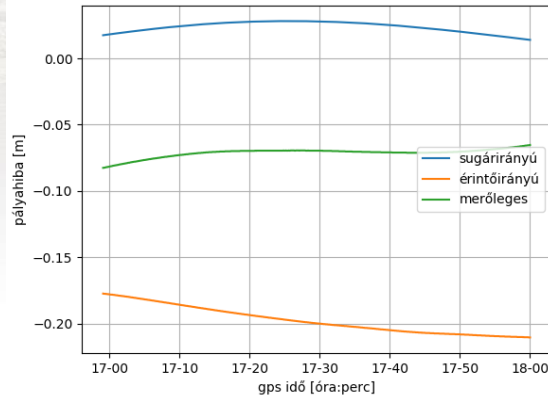
Forrás: Li, X., Huang, J., Li, X. et al. Review of PPP-RTK: achievements, challenges, and opportunities. *Satell Navig* 3, 28 (2022). <https://doi.org/10.1186/s43020-022-00089-9>

SZABATOS ABSZOLÚT HELYMEGHATÁROZÁS (PPP)

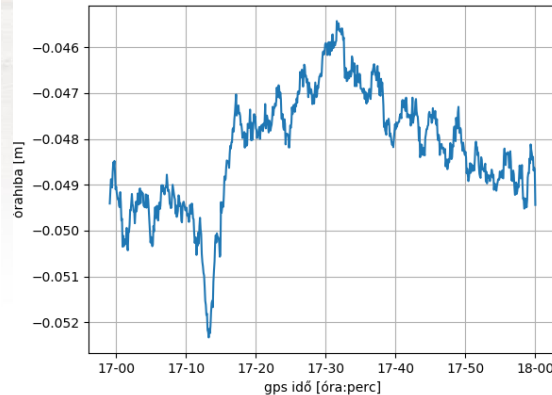
- minden egyes szabályos hiba meghatározása és figyelembe vétele
- „referencia állomás nélkül, egyetlen vevővel”
- ciklustöbbsértelműség feloldása nélkül is
- néhány 10 perc alatt, néhány cm pontos megoldás bárhol
- szolgáltatások: pl. [IGS](#), utófeldolgozó szoftverek: pl. [RTKLib](#)
- gyakorlati alkalmazás



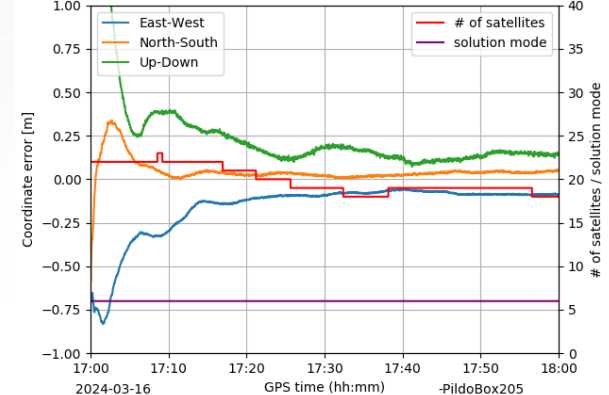
Pályahiba PRN=G25



Műhold órahiba PRN=G25

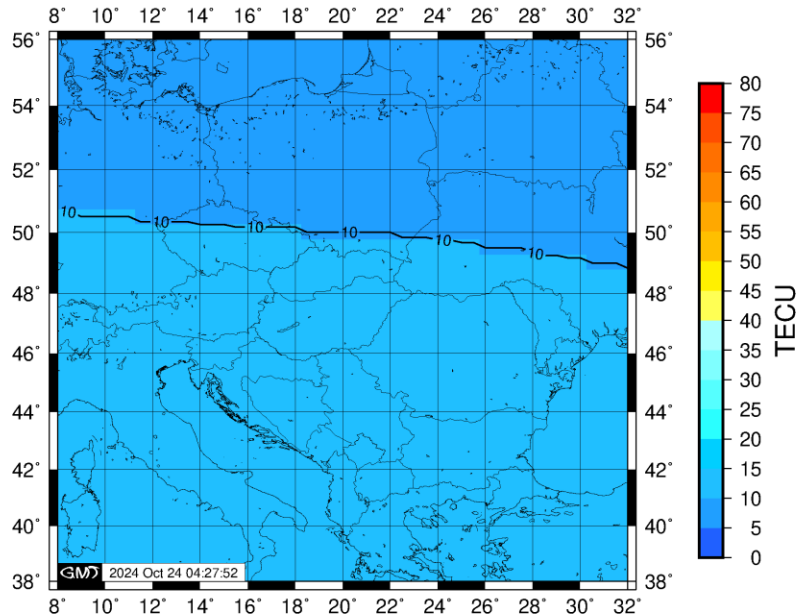


Position Error Graph PPP with SSR corrections GPS GLONASS GALILEO

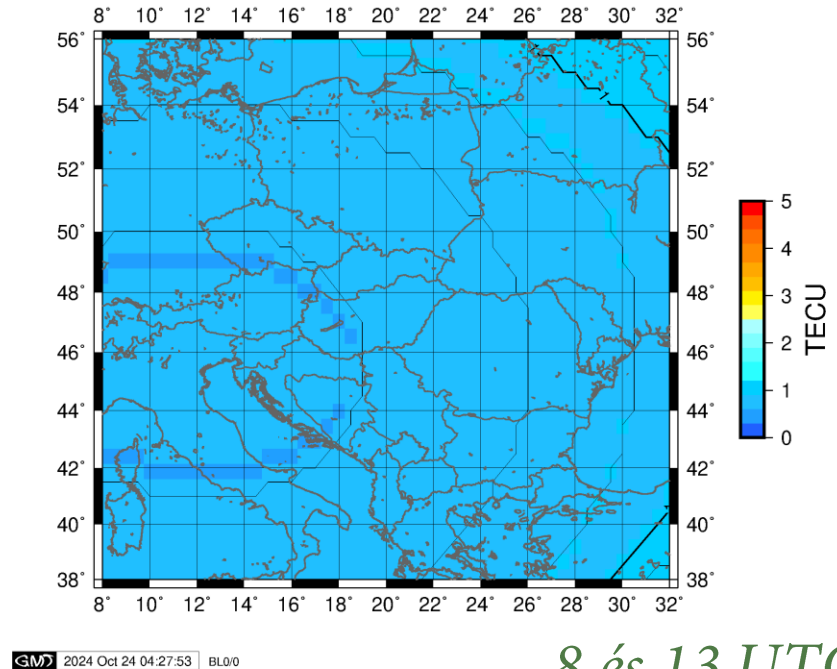


SZABATOS ABSZOLÚT HELYMEGHATÁROZÁS (PPP)

VTEC (2024-298 01UTC)

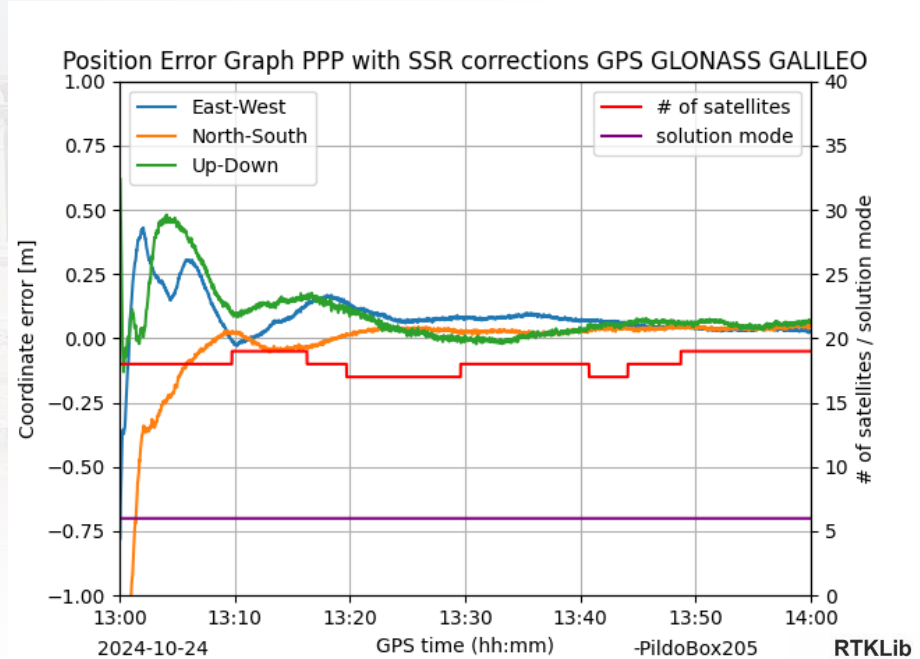
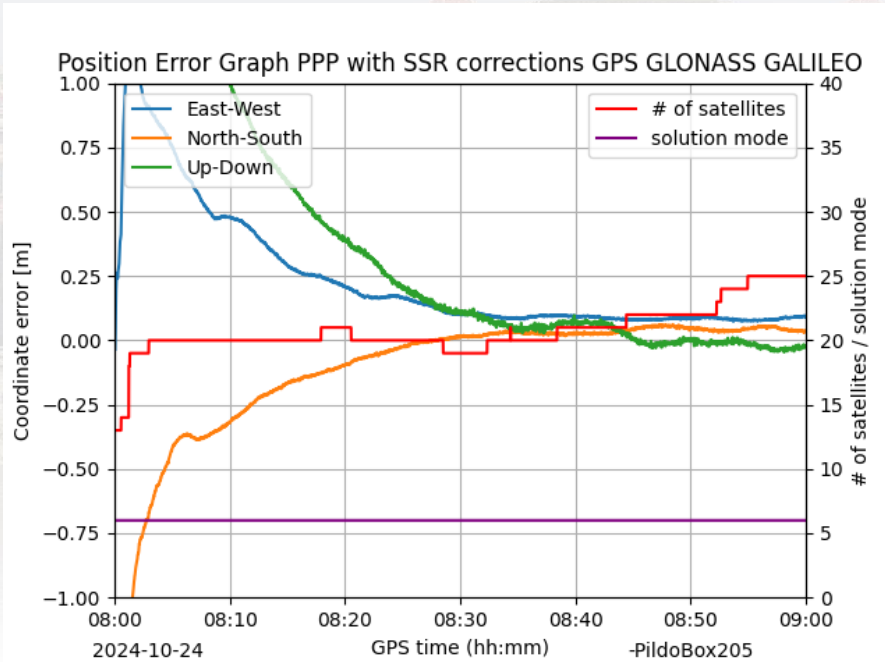


VTEC RMS (2024-298 01UTC)



8 és 13 UTC!

SZABATOS ABSZOLÚT HELYMEGHATÁROZÁS (PPP)



dm-es pontosság – erősen függ a modellek pontosságától



PPP <> PPP-AR

Teszt:

- Adat: OROS – 1 hét - 30 s
- Különböző hosszúságú mérések: 1H, 2H, 4H, 8H, 12H, 24H
- Kiegészítő adatok: Final/Rapid/Ultra rapid products
- Feldolgozás: Pride PPP-AR
- Feldolgozási módszer:
 - ciklustöbbértelműség feloldásával (fix) – PPP-AR
 - ciklustöbbértelműség feloldása nélkül (float) - PPP



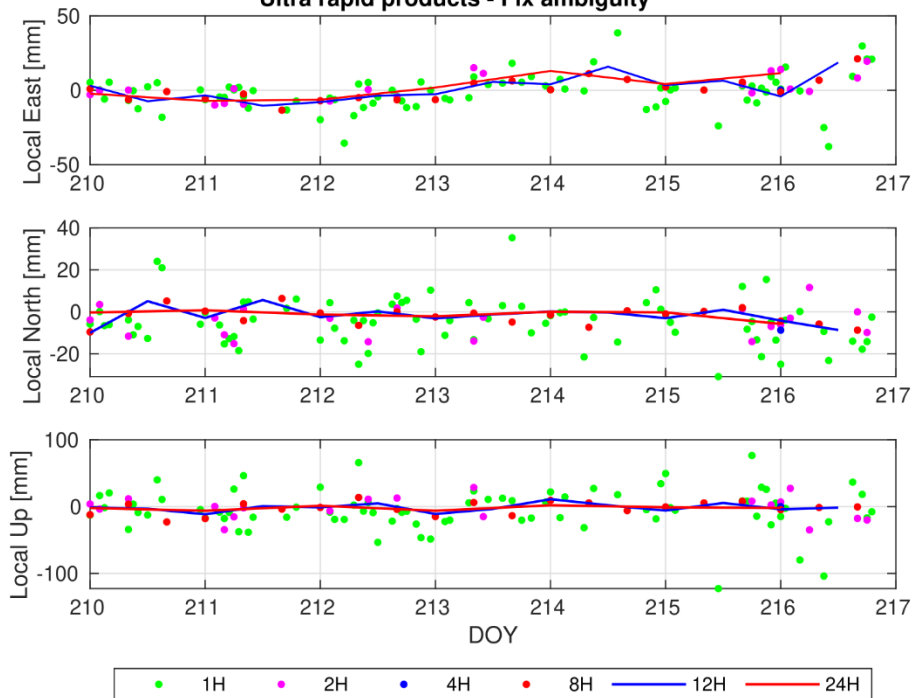
Features of PRIDE PPP-AR ver. 3.0

- 1) Multi-GNSS data processing with GPS, GLONASS, Galileo, BDS-2/3 and QZSS;
- 2) All-frequency PPP-AR on any dual-frequency ionosphere-free combinations of GPS, Galileo, and BDS-2/3;
- 3) High-rate GNSS data processing up to 50 Hz;
- 4) High-dynamic mobile platforms applicable for aerial photogrammetry, ship-borne gravimetry, etc;
- 5) Kinematic orbiting for LEO satellites;
- 6) Multi-day processing up to 108 days without day-boundary discontinuities;
- 7) IPPP clock estimation for time and frequency transfer;
- 8) Troposphere modeling with Vienna Mapping Function 1/3 (VMF1/VMF3);
- 9) Second-order ionospheric delay correction with GIM products;
- 10) Receiver clock jump detection and mitigation;
- 11) Adoption of the latest IGS conventions: Bias-SINEX, IGS20 reference frame, ORBEX, RINEX 4, etc.;
- 12) User-friendly operation and visualization for early-career researchers with lite-version GUI;
- 13) Ambiguity-float PPP with backward compatibility from 1994 when selective availability (SA) was on;

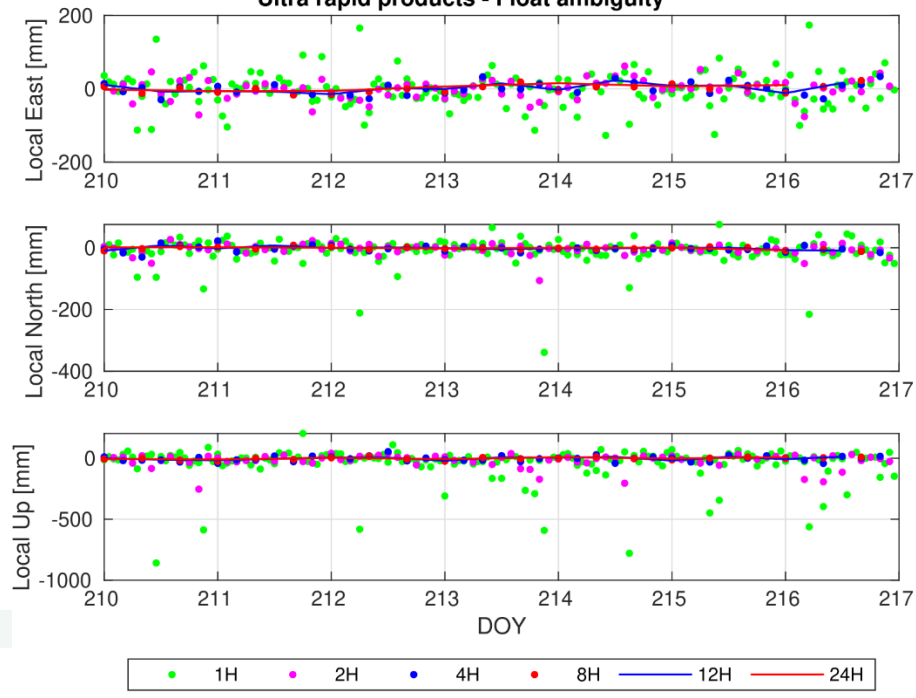
PRIDE PPP-AR FELDOLGOZÁS EREDMÉNYE

ULTRA RAPID PÁLYÁKKAL

Ultra rapid products - Fix ambiguity



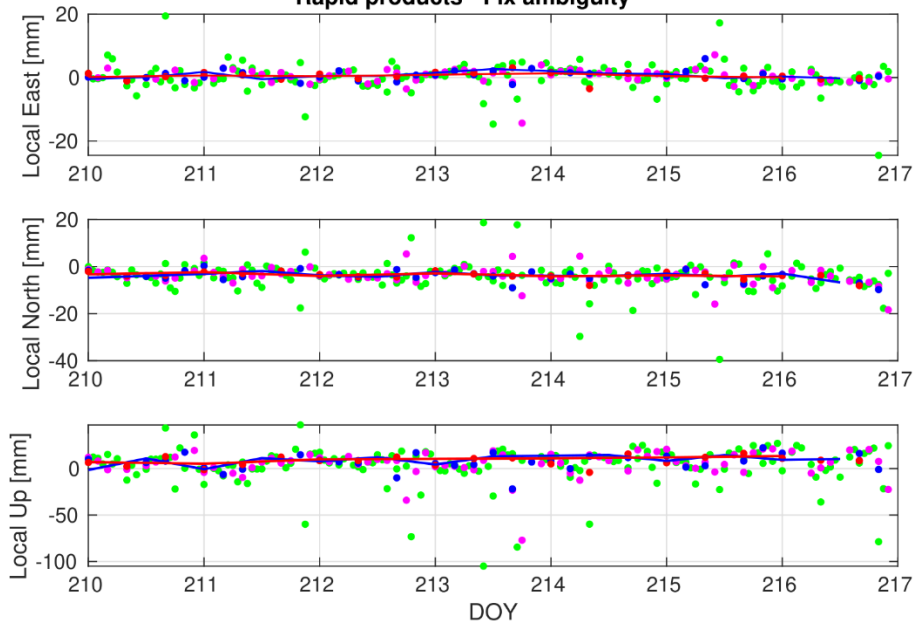
Ultra rapid products - Float ambiguity



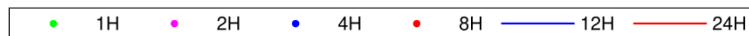
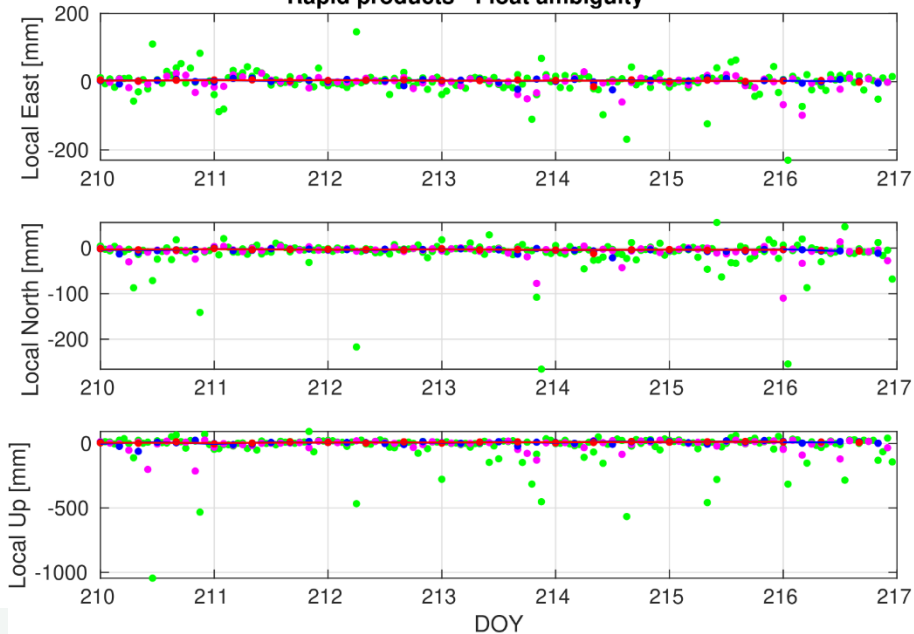
PRIDE PPP-AR FELDOLGOZÁS EREDMÉNYE

RAPID PÁLYÁKKAL

Rapid products - Fix ambiguity



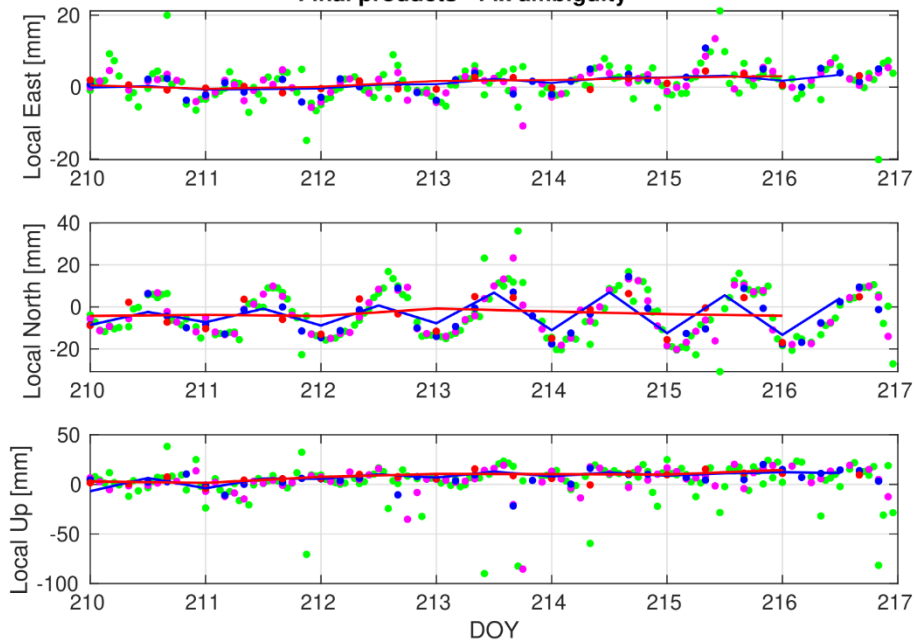
Rapid products - Float ambiguity



PRIDE PPP-AR FELDOLGOZÁS EREDMÉNYE

FINAL PÁLYÁKKAL

Final products - Fix ambiguity



Final products - Float ambiguity



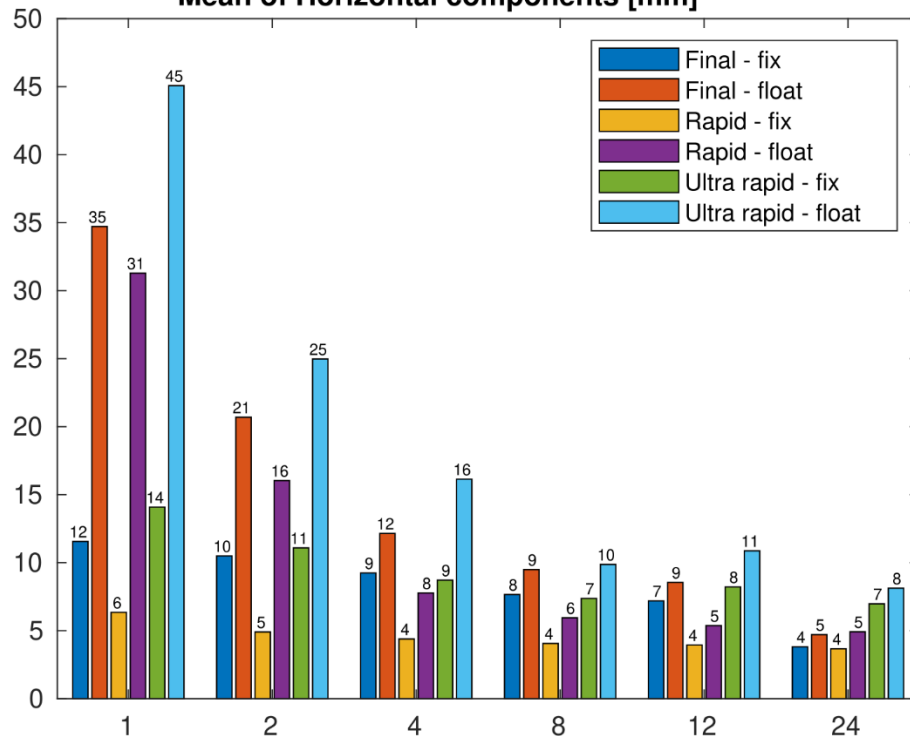
PRIDE PPP-AR FELDOLGOZÁS EREDMÉNYE

CIKLUSTÖBBÉRTELMŰSÉG FEOLDÁS SIKERESSÉGE

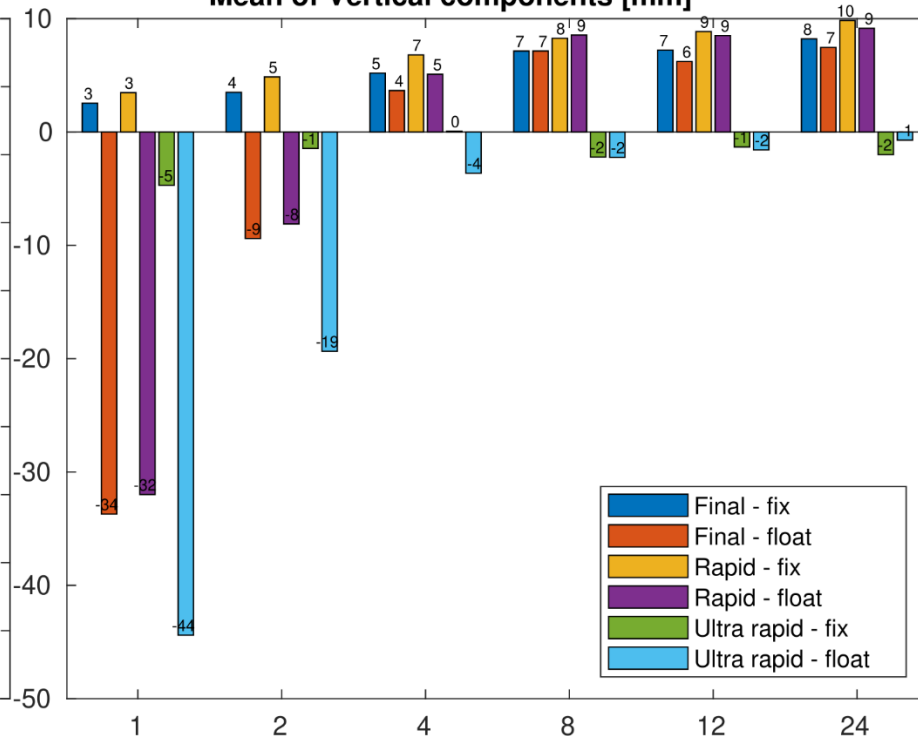


PRIDE PPP-AR FELDOLGOZÁS EREDMÉNYE

Mean of Horizontal components [mm]

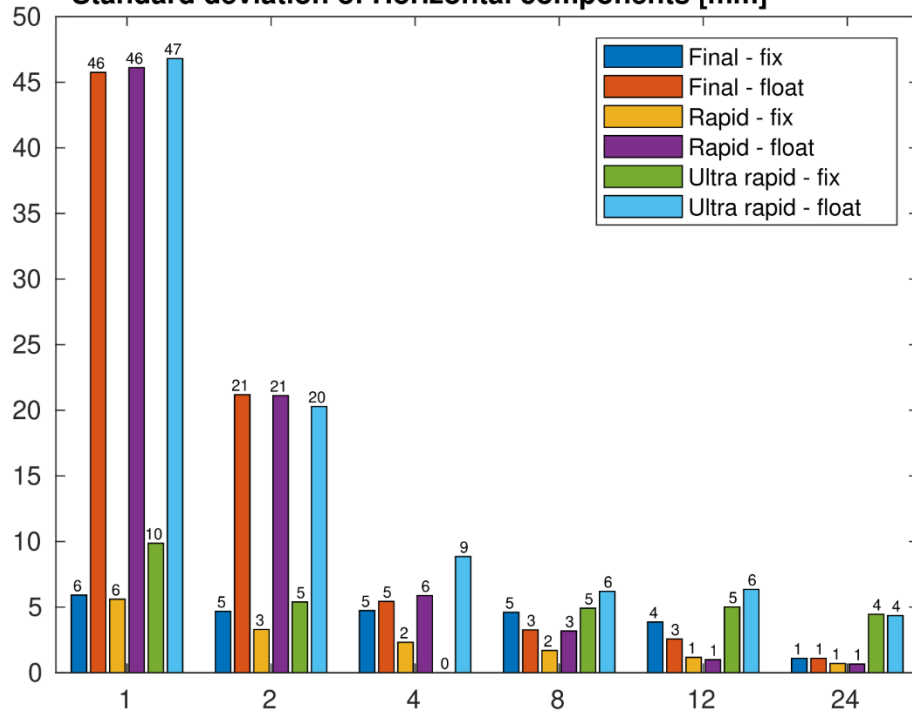


Mean of Vertical components [mm]

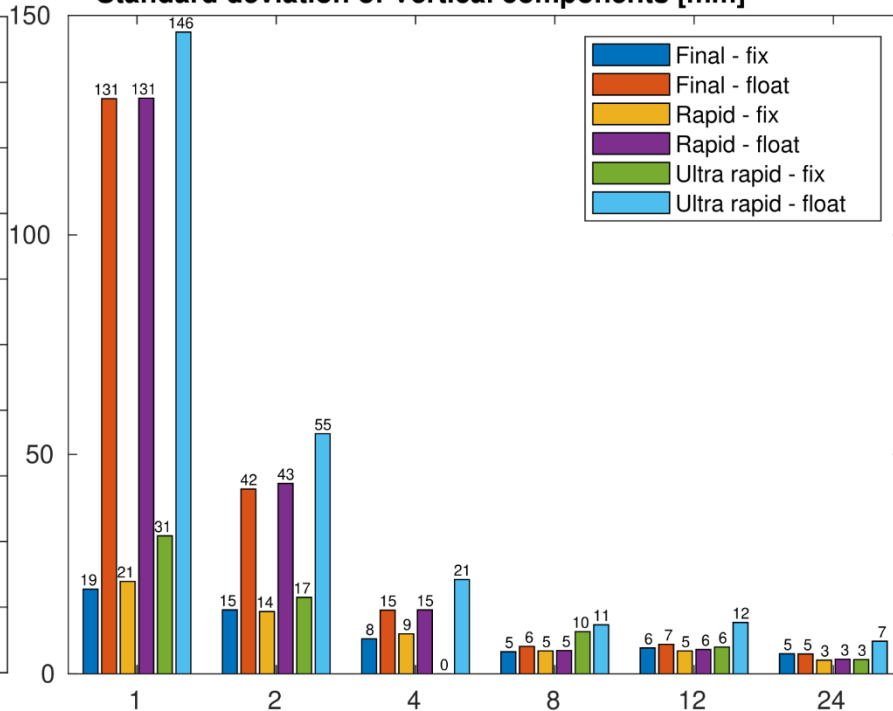


PRIDE PPP-AR FELDOLGOZÁS EREDMÉNYE

Standard deviation of Horizontal components [mm]



Standard deviation of Vertical components [mm]



PRIDE PPP-AR FELDOLGOZÁS EREDMÉNYE

Final products – fix ambiguity - Horizontal

Duration [H]	Max [mm]	Mean [mm]	St.dev. [mm]
1	37	12	6
2	23	10	5
4	18	9	5
8	17	8	5
12	13	7	4
24	5	4	1

Final products – fix ambiguity - Vertical

Duration [H]	Min [mm]	Max [mm]	Mean [mm]	St.dev. [mm]
1	-90	38	3	19
2	-85	20	4	15
4	-22	20	5	8
8	-4	16	7	5
12	-7	13	7	6
24	2	15	8	5

Final products – float ambiguity - Horizontal

Duration [H]	Max [mm]	Mean [mm]	St.dev. [mm]
1	358	35	46
2	142	21	21
4	25	12	5
8	17	9	3
12	14	9	3
24	5	5	1

Final products – float ambiguity - Vertical

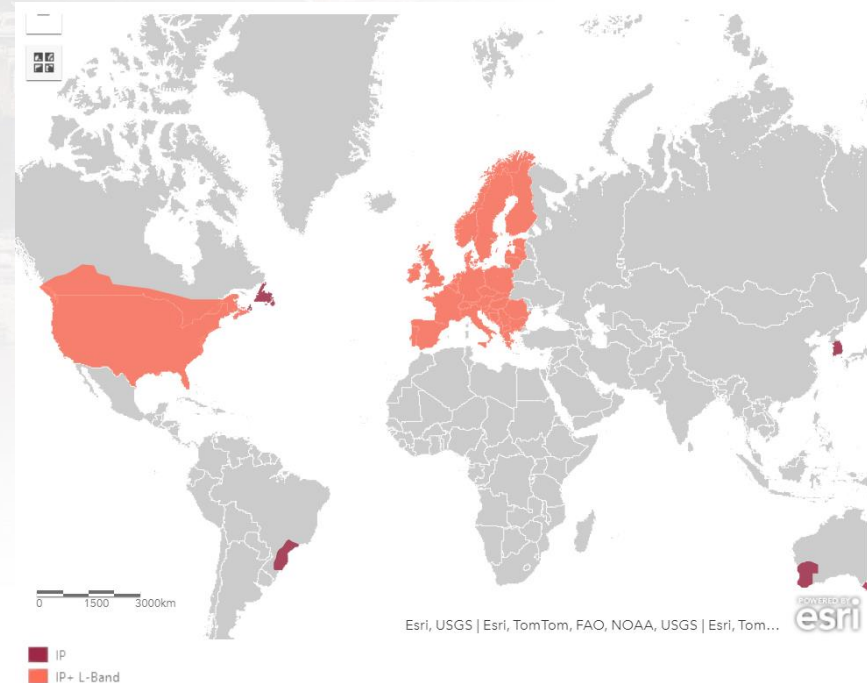
Duration [H]	Min [mm]	Max [mm]	Mean [mm]	St.dev. [mm]
1	-1048	86	-34	131
2	-203	29	-9	42
4	-62	23	4	15
8	-8	19	7	6
12	-7	15	6	7
24	1	14	7	5

PPP-RTK

- ✓ korrekciók valós időben
- ✓ helymeghatározás valós időben, vevőbe építve
- ? troposféra, ionosféra modellek
- ✓ ciklustöbbértelműség feloldása

Miért? → Globális szolgáltatások:

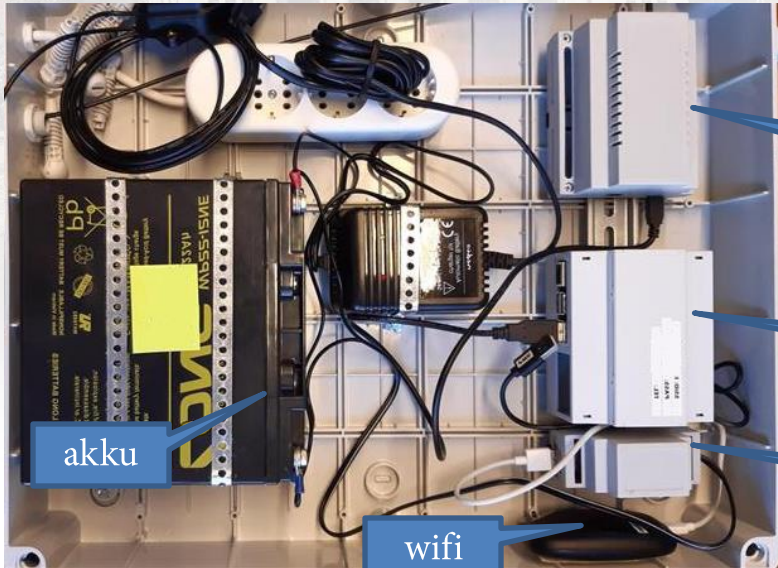
- [PointPerfect \(ublox\)](#)
- [Skylark \(Swiftnav\)](#)
- [Trimble CenterPoint RTX](#)



PPP-RTK (RTK) MONITOR ÁLLOMÁS

- Olcsó, kétfrekvenciás GNSS-vevő (~300euró), (4GNSS), beépített PPP-RTK motorral
- 2,5 percenként a GNSS-vevő ki/bekapcsolása
- Rózsa Szabolcs előadása a Mérnökgeodézia 2021. konferencián (DÖVH): [ppt](#), [videó](#)
- Takács Bence előadása a Mérnökgeodézia 2023. konferencián (RTK monitoring): [ppt](#)

u-blox
vevő



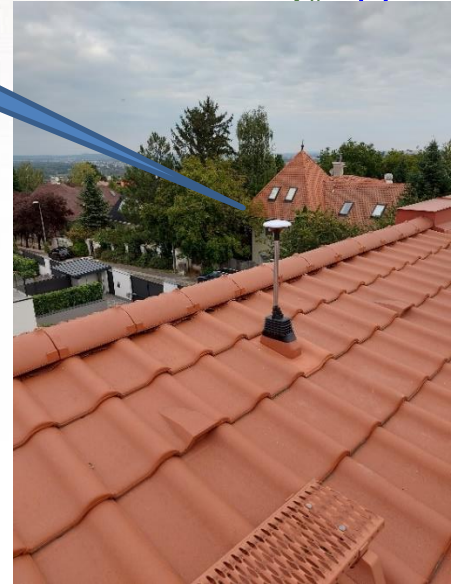
compact
antenna

u-blox
vevő

R-pi

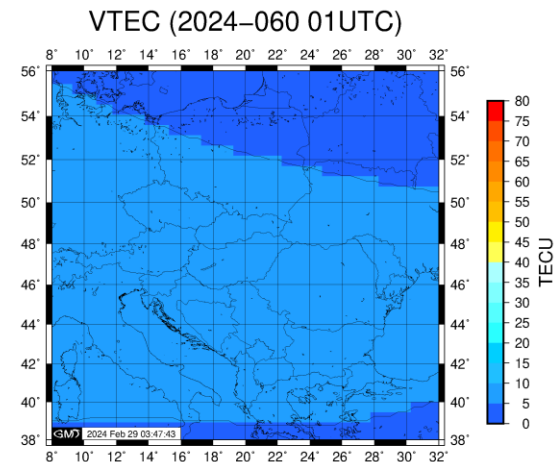
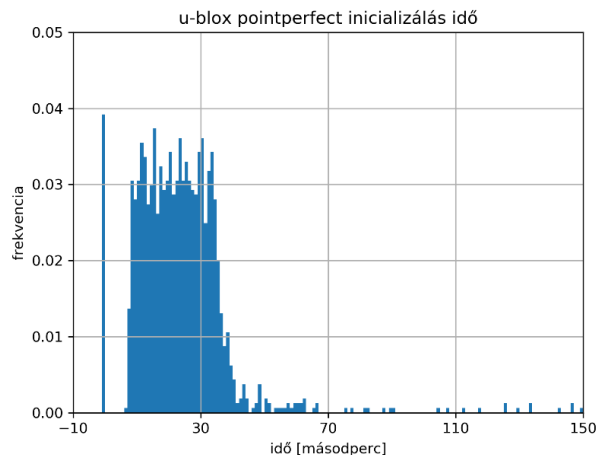
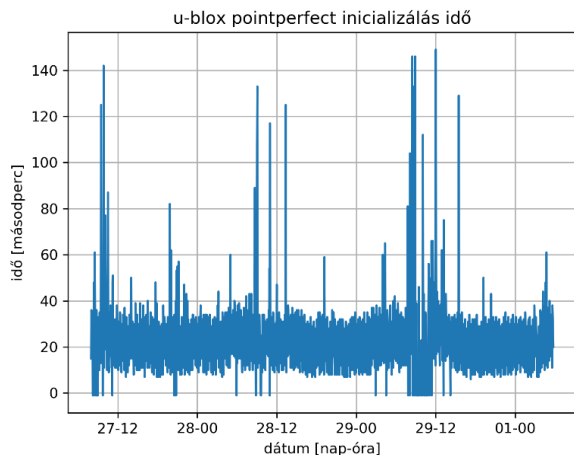
12V→5V

wifi



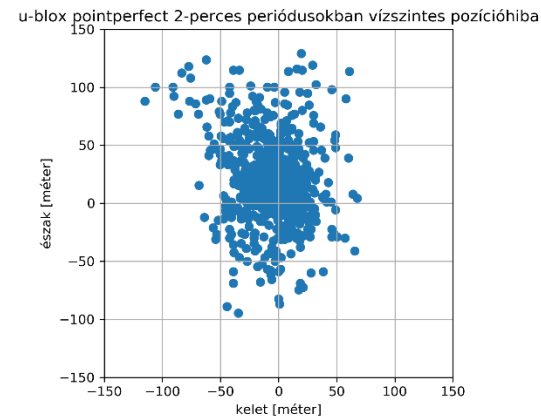
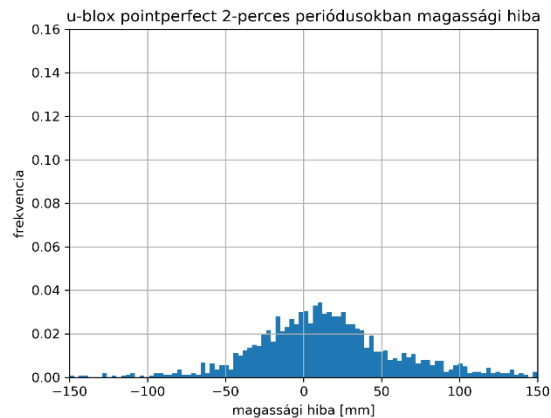
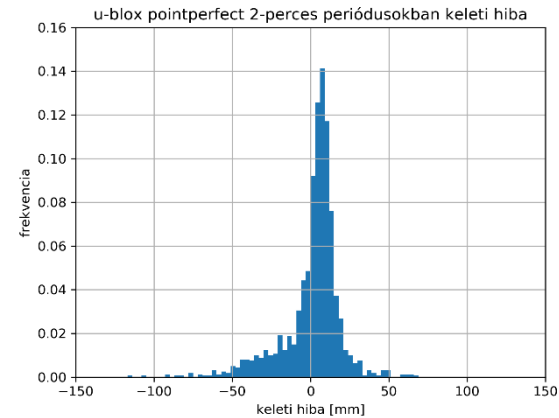
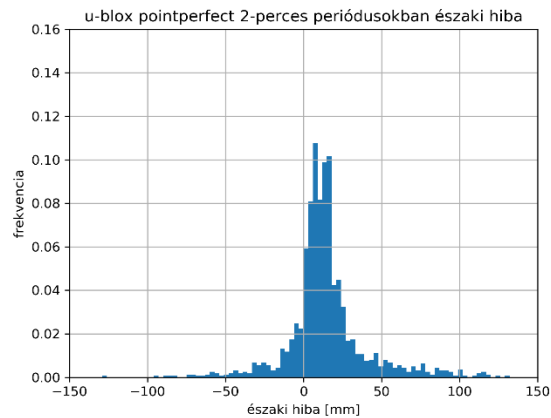
INICIALIZÁLÁS

- Mérés 2024. február 24. 8:00 és 2024. március 1. 5:45 között
- 1600 2,5 perces periódus
- 96%-ban fix megoldás, jellemzően 40 másodperc alatt



PONTOSSÁG

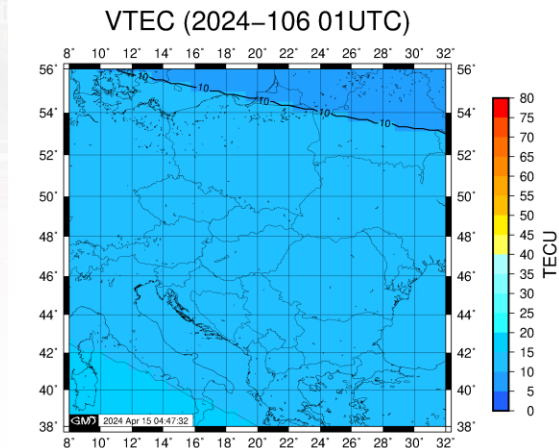
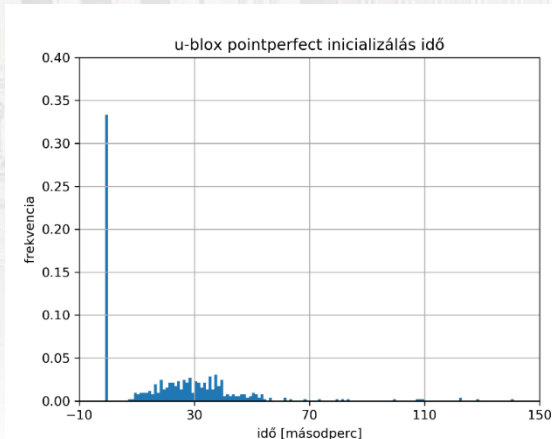
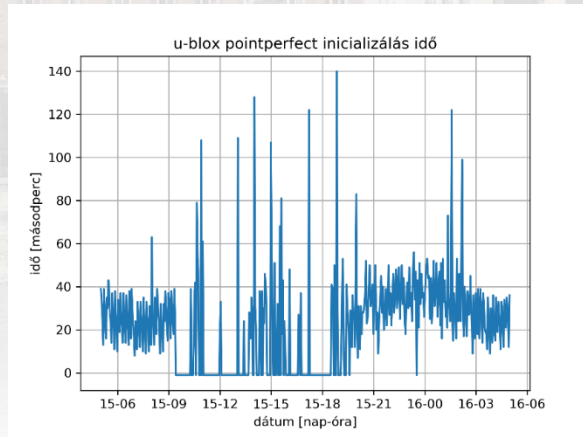
- RTK méréseknél némileg pontatlanabb
- magasságmérésben akár extrém hibák
- fals fixek is előfordulnak



	Kelet [mm]	Észak [mm]	Magasság [mm]
Átlag	+1	+15	+11
Szórás	±28	±26	±109
Min	-731	-128	-2709
Max	+400	+194	+318

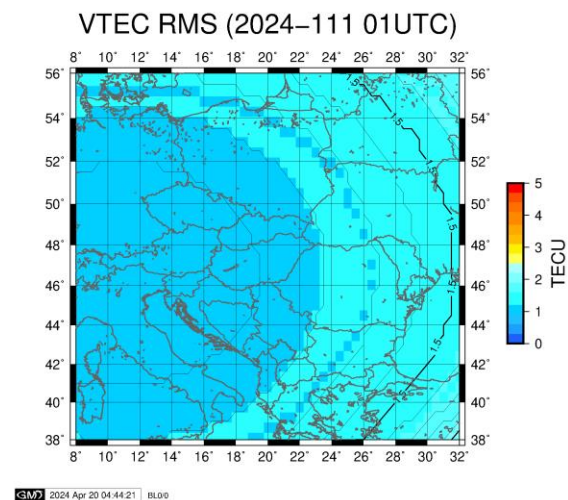
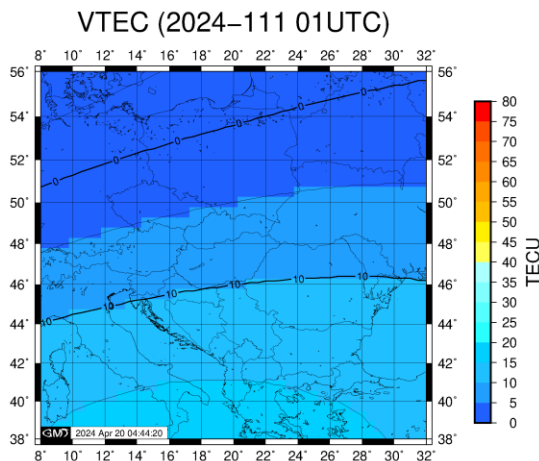
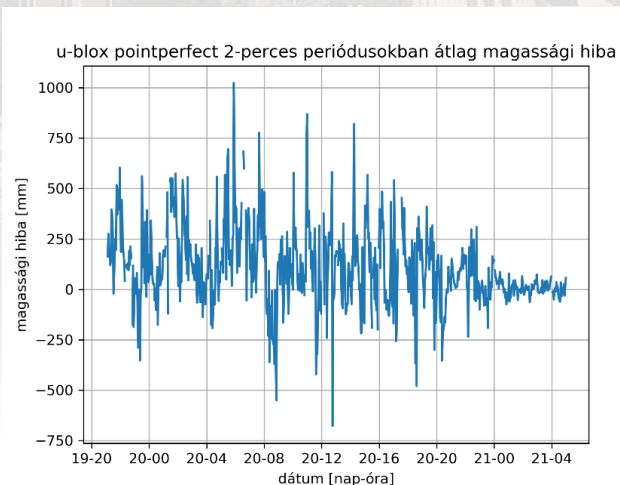
NEM MINDIG ILYEN JÓK AZ EREDMÉNYEK 1.

pl. 2024. április 15-én, fix megoldás csak a periódusok 67%-ban



NEM MINDIG ILYEN JÓK AZ EREDMÉNYEK 2.

pl. 2024. április 20-án, átlag magassági hiba sokszor dm nagyságú a 2 perces periódusokban



ÖSSZEFOGLALÁS

- PPP nagy létszámú „kliens” kiszolgálására alkalmas korrekciós szolgáltatás
- Hibamodellek $\leftrightarrow$ a hibák kiejtése
- PPP-AR: >8 órás statikus mérések utófeldolgozásánál hasonló eredmények, mint a relatív helymeghatározásnál
- alkalmazása monitoring rendszerekben
- PPP-RTK: „új”, „globális”, „cm pontos” műholdas helymeghatározási módszer
- A tapasztalt pontosság erősen függ a szabályos hibák modellezhetőségétől
- mérnökgeodéziai alkalmazásra még nem érett meg

KÖSZÖNJÜK A FIGYELMET!

