

Sok-funkciós rádiófrekvenciás kutatóállomások a 21. században



Dr. Tóth L. Viktor
ELTE TTK, CRAF



- motiváció és kihívás
- híres sok-funkciós állomások
- egy referencia (?)
- fejlesztések
- optimális szinergia és ár/érték



Motiváció és kihívás

Környezet:

- űrtávközlési fejlesztések, űrtevékenység részesedése a gazdaságban
- új kommunikációs frekvencia sávok
- földi “internet of everything” fejlesztések
- RFI védett lokációk kijelölése folyik

Konklúzió:

- Aki nincs körön belül, kimarad a fejlesztésekből (üzletből !).
- Csak az RFI mentes lokációk versenyképesek (már akinek van ilyen).

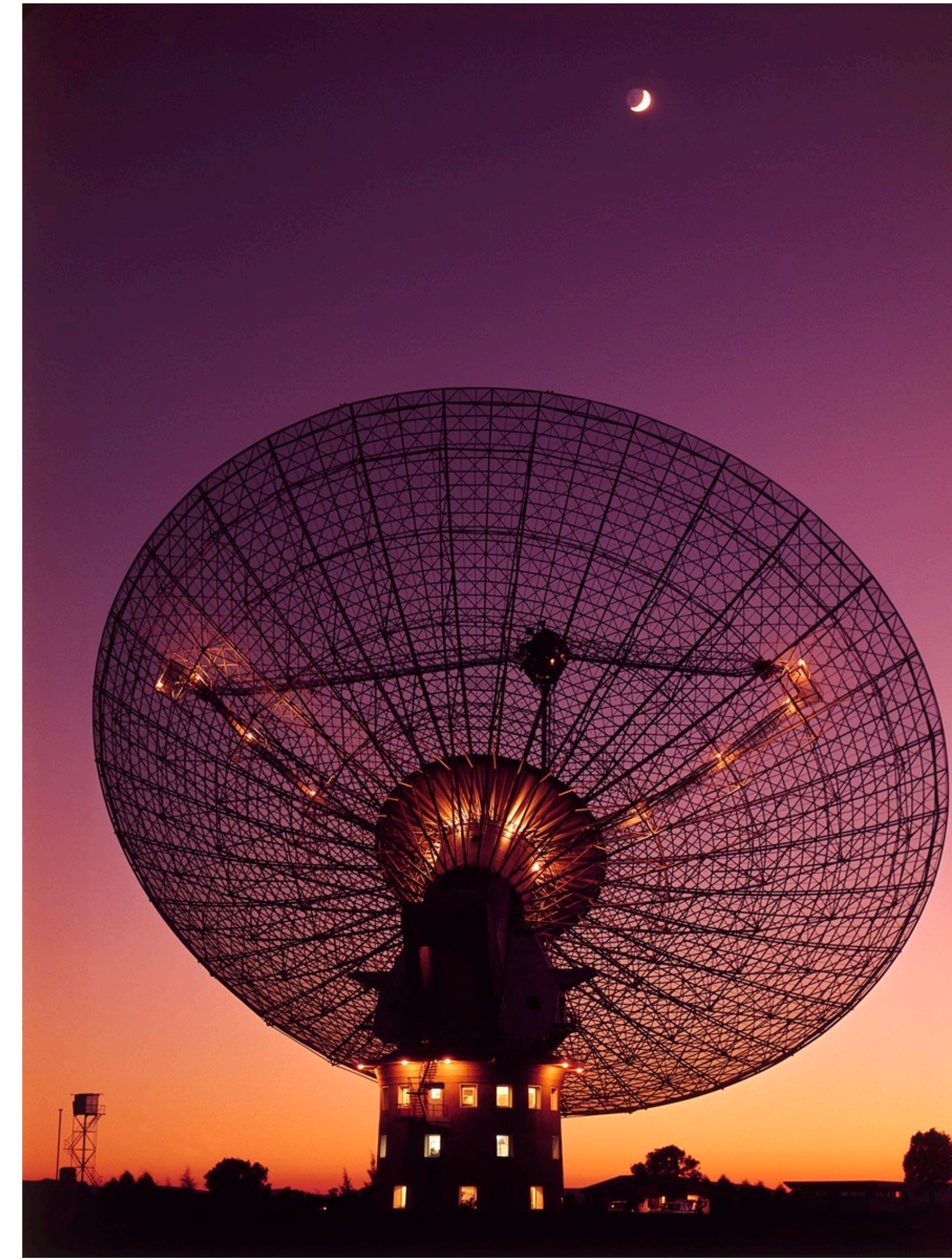
...már a régi **amerikaiak**...

1969. július 21-én “a sas leszállt”

- Az első holdséta TV közvetítése
- ausztrál Parkes-64m rádiótávcső (jobbra)
- csillagászati célú csúcsműszer űrtávközlésre

NASA DSN kommunikációs antennái

- kontinentális és interkontinentális interferometria
- csillagászati és geodéziai célú VLBI

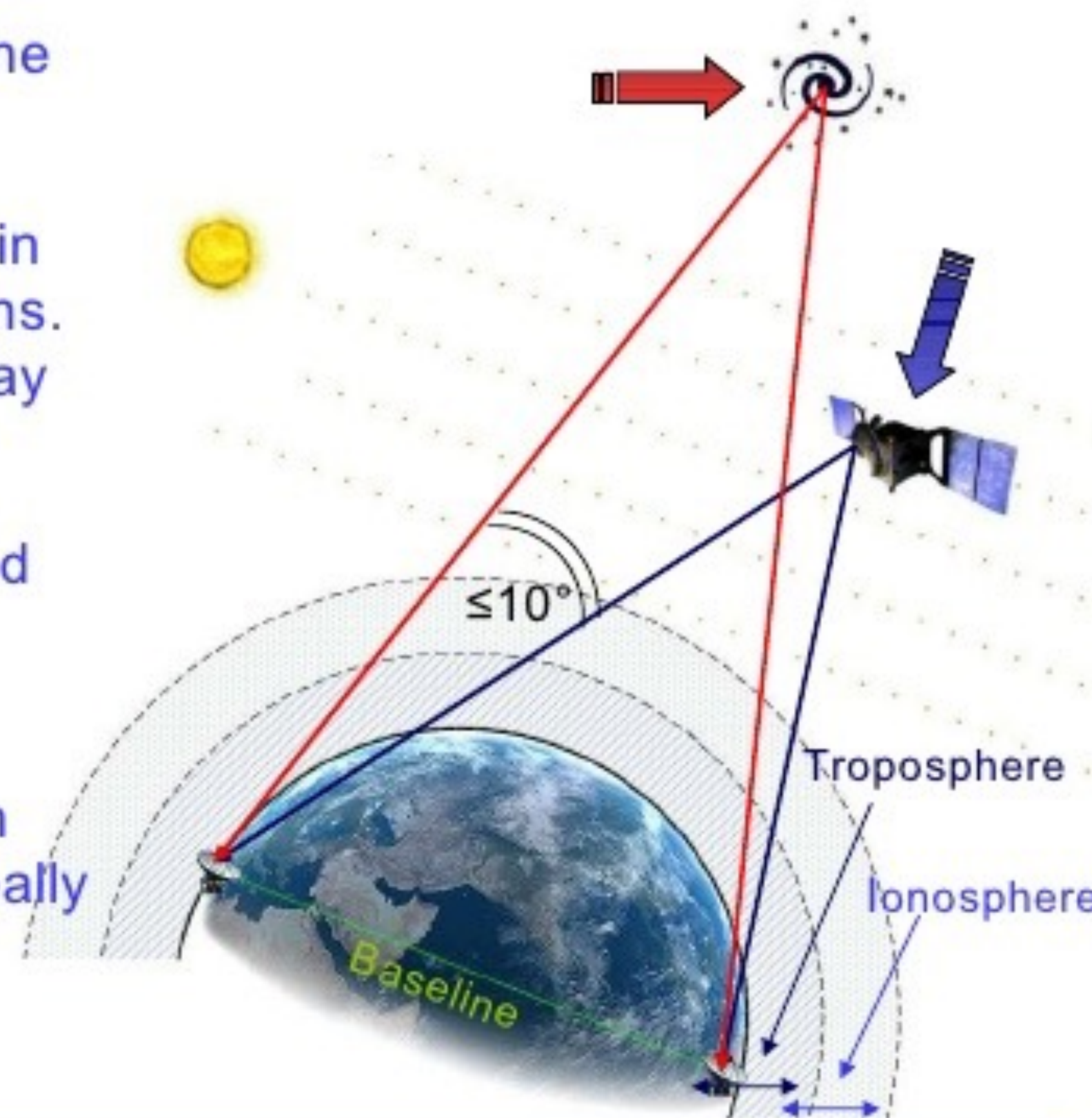


Δ -DOR távolságmeghatározás



Δ DOR definitions (1)

- y Δ -DOR stands for Delta-Differential One Way Ranging
- y DOR is the measure of the difference in signal arrival time between two stations. The observable is an **uncalibrated** delay between the two antennas
- y “Delta” is respect to a simple DOR, and refers to quasar calibration of the S/C DOR
- y Since the quasar signal is recorded on the same BW of the S/C channels, ideally any errors which are station or path dependent will cancel



- Az űreszköz jeladóját több földi antenna méri szimultán
- Légköri hatásokra közeli kvazár méréssel korrigálnak
- Mars távolságában pozíció meghatározás 300m pontossággal

Eseményhorizont távcső (EHT)

A 2020-as Breakthrough Prize in Fundamental Physics (3 millió \$) elismerést az Event Horizon Telescope Collaboration 347 tagja kapta

“Using eight sensitive radio telescopes strategically positioned around the world in Antarctica, Chile, Mexico, Hawaii, Arizona and Spain, a global collaboration of scientists at 60 institutions operating in 20 countries and regions captured an image of a black hole for the first time”



(Dánia, USA, Tajvan)

- Az Event Horizon Telescope (EHT) egy nagyon nagy bázistávolságú interferométer (VLBI) rendszer
- mm és szub-mm tartományra épített kb. 12m átmérőjű rádiótávcsövek, pár % eszközidő az EHT projektre
- egymástól a Föld átmérőjével összemérhető távolságokban
- a névleges ~1.3 mm-es működési hullámhosszon az EHT szögfelbontása (λ/D) ~25 μ as
- felbontja a közeli szuper-nagy tömegű feketelyuk jelölteket az eseményhorizontjuk méretének megfelelő skálákon



Oberer Bayerischer Wald, Németország

- a cseh határ közelében
- alacsony népsűrűség
- ipar hiánya
- repülési útvonalakon kívül esik

Tehát sötét: alkalmas műholdak vizuális megfigyelésére

- minimális RFI
- ezért antennákat is telepítettek

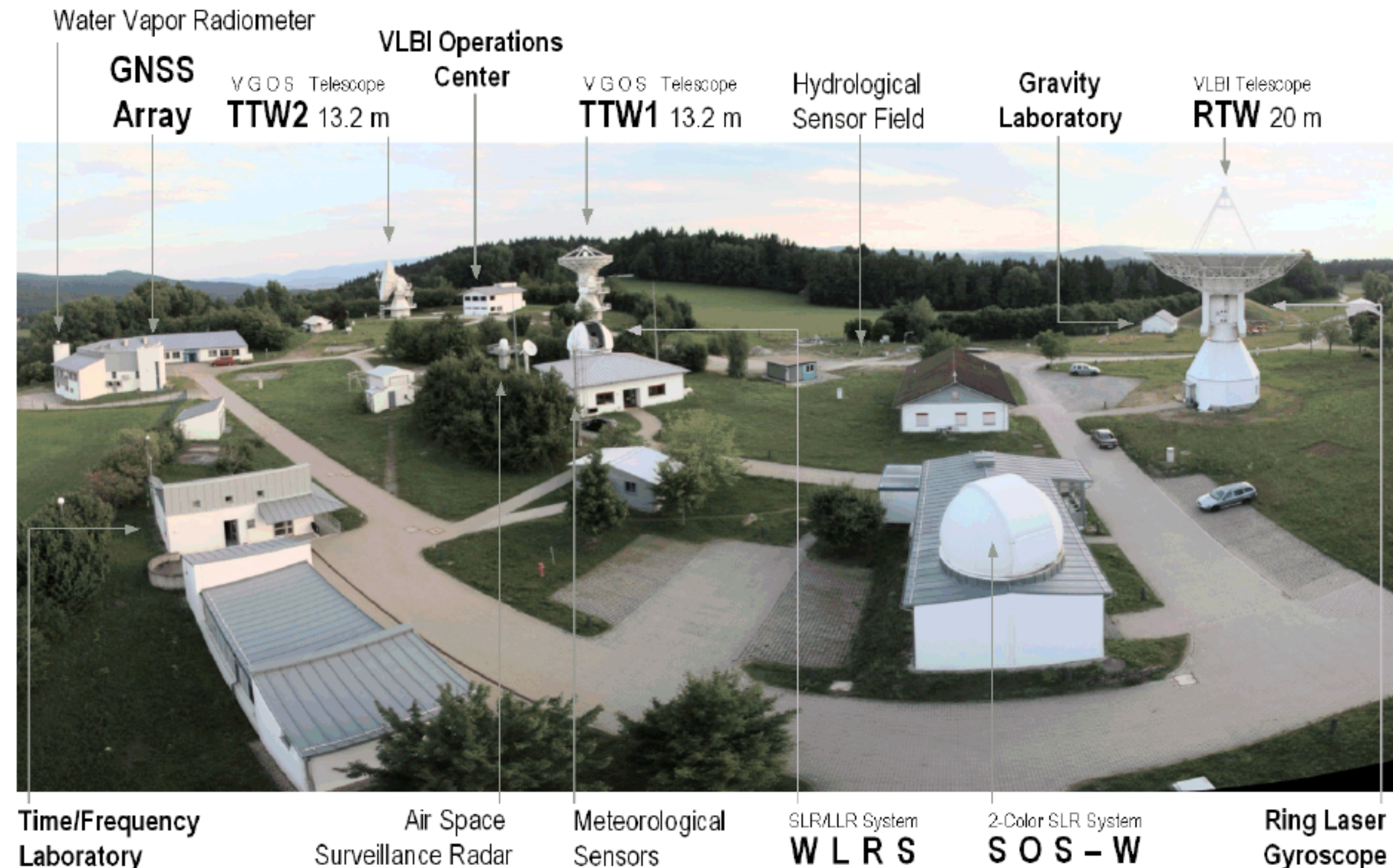


Wettzell, geodéziai obszervatórium

Das Geodätische Observatorium Wettzell ist eine präzise und integrierte Referenz für alle nationalen und inter-nationalen Anwendungen mit Raumbezug und zur Interpretation von Veränderungsprozessen im System Erde.

VGOS geodéziai VLBI; 2.5-14 GHz; 4 sáv; fast-slewing 13,2-m antennák; data rate >8 Gbps

- rádióantennák (1 + 2)
- VLBI állomás (...)
- optikai távcsövek lézer távmérővel
- GNSS állomás (multi-GNSS vevők)
- meteorológiai állomás
- fejlesztő/karbantartó műhely
- Föld forgási sebessége
- cm-mm pontos pozíció



Európai fejlesztések, ...



- Svédország (Onsala) új VGOS iker antennák (lásd fent)
- Portugália (Azori szigetek) épülő VGOS
- Olaszország (Medicina, Szicília, Szardínia) új/felújított több-célú antennák
- Németország AGGO in LaPlata Argentína és GARS Antarktisz (Chilével) VGOS, többcélú antennák
- German Antarctic Receiving Station (GARS) DLR műholdkövető állomása egyben geo VLBI
- SKA Dél-Afrika és Ausztrália



Afrikai fejlesztések, AVN és SKA

- African VLBI Network, részben kommunikációs antennák átalakítása
- Négyzetkilométeres antennarendszer (square km array, központ: Dél-Afrika)

Négyzetkilométeres rádiótávcső rendszer (SKA)



Afrikai VLBI hálózat

- South Africa,
- Botswana,
- Ghana,
- Kenya,
- Madagascar,
- Mauritius,
- Mozambique,
- Namibia, and
- Zambia

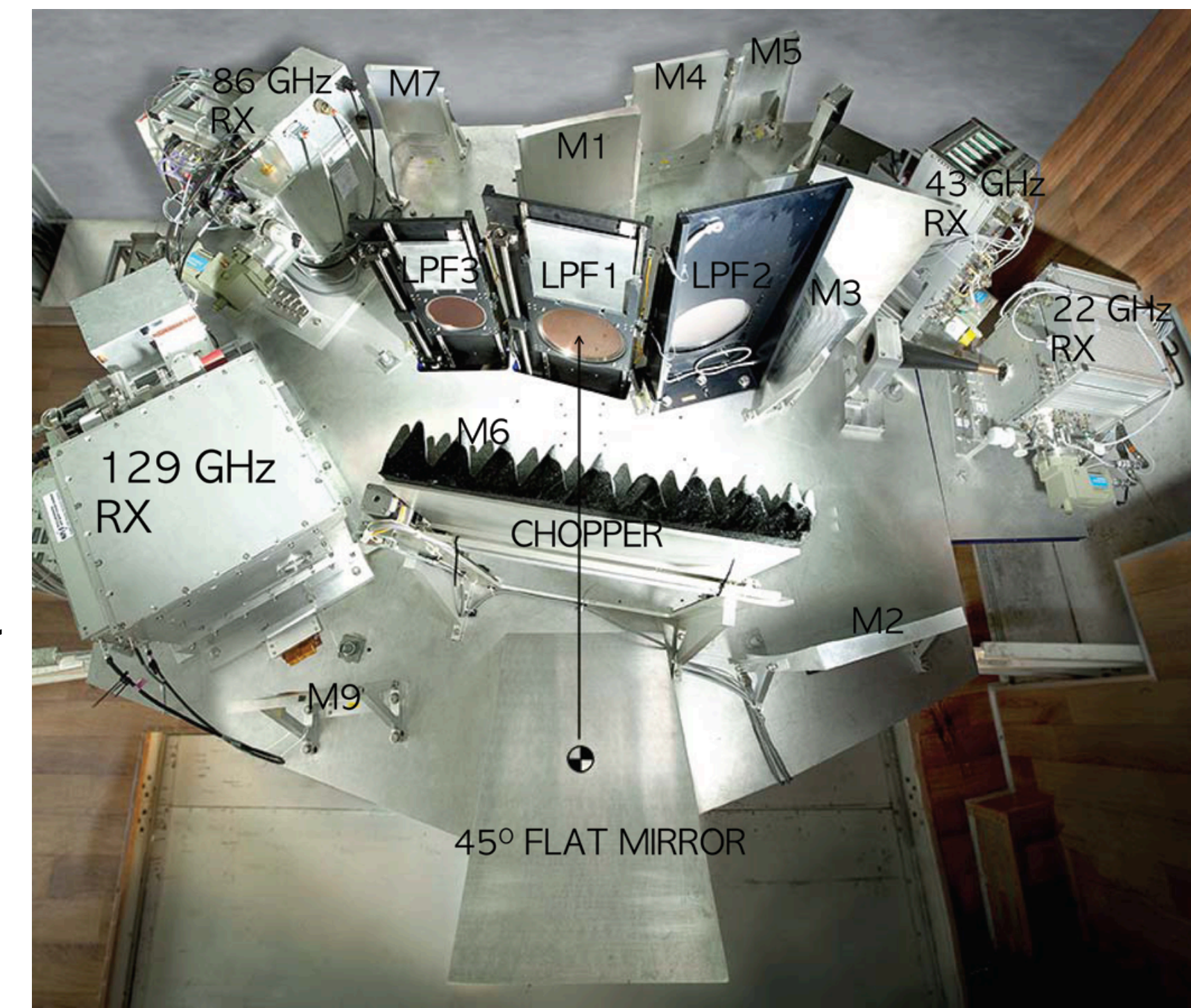


Több sáv szimultán mérése

- SETI Search for technosignatures - “parazita” rendszer: szimultán más célú adatelemzés 1990-től
- jellemző a széles sávú vevők terjedése
- Karl Jansky VLA (USA): 1-50GHz tartomány 8 db széles sávú vevővel
- Széles sávú és extrém széles sávú vétel több európai és ausztrál intézet terveiben is

Egy koreai példa (KASI fejlesztés):

- K, Q, W sávok (22, 43, 86, 129 GHz) szimultán
- széles sávú (2GHz) (Han+ 2013, PASP; Lee+ 2014 AJ)
- Fejlesztési cél: csillagászati célú interferometria
- új, kompakt 3 sávos vevő (CTR, Han+ 2018) ; másod-fókuszba
- Koreai partner nyitott a fejlesztési együttműködésre
- Felhasználás: ...



ár/érték optimalizálás

Fejlettebb, mint egy 20. századi műholdkövető állomás

- magas frekvenciák mérésére is alkalmas antennával - jövő kommunikációs technológiája
- 12-13m-es fő antenna - optimális méret, nagy követési sebesség (>6 deg/s) és pontosság
- meglévő és tesztelt alap technológia (mechanika, felületképzés - ALMA és VGOS antennák)
- több antenna, infrastruktúra (pl. 1Gb/s opt.) - kutatóbázis további funkciókkal bővíthető
- regionális központ - nemzetközi kutatási/képzési együttműködések és szolgáltatás
- rádiócsillagászati mérőhely - CRAF és ITU védettség

Sok funkció - kedvezményezettek és együttműködők széles köre

- egyetemi/intézeti kutatócsoportok: fejlesztés, kísérleti tevékenység eszköze - és tárgya
- egyetemi oktatás: kihelyezett laborok - karbantartás és felügyelet
- interferométer rendszerekbe integrálás - csúcstechnológia import (info-tech, számtech)

Időszűrőség

Regionális (nem geostacionárius) műholdkövető képesség

- saját űreszközök és szolgáltatás - “piacra lépés” a nagy felfutás előtt

Csatlakozás a kiépülő távcsőrendszerekhez (és tudásbázisokhoz)

- VGOS geo-VLBI, európai mm-VLBI, globális mm-es VLBI - regionális sötét foltok

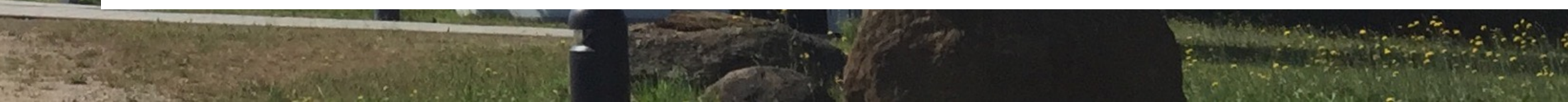
Rádióferkvenciás kutatóállomást az 5G és Starlink típusú szolgáltatás előtt

- Bejelentés: adminisztrátor (NMHH) és CRAF (nemzetközi támogatás); ITU regisztráció (védelem)
- utána telepített nemzetközi szolgáltatások a bejelentett frekvencia tartományban és környezetben korlátozva
- nemzeti adminisztrátor védelmi körzetet jelölhet ki, zónái: tiltott, korlátozott, egyeztetésre kötelezett

Van alkalmas antenna



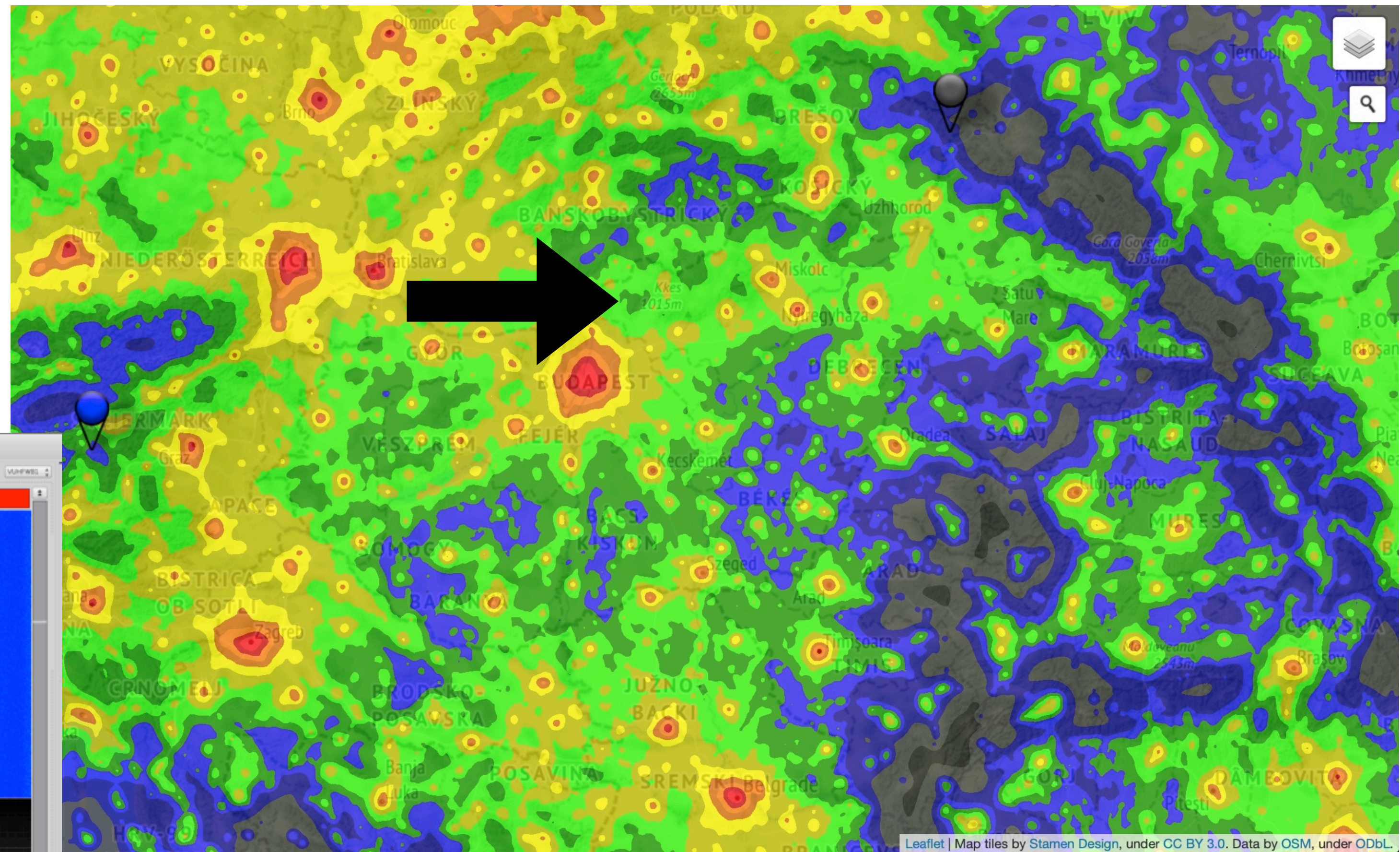
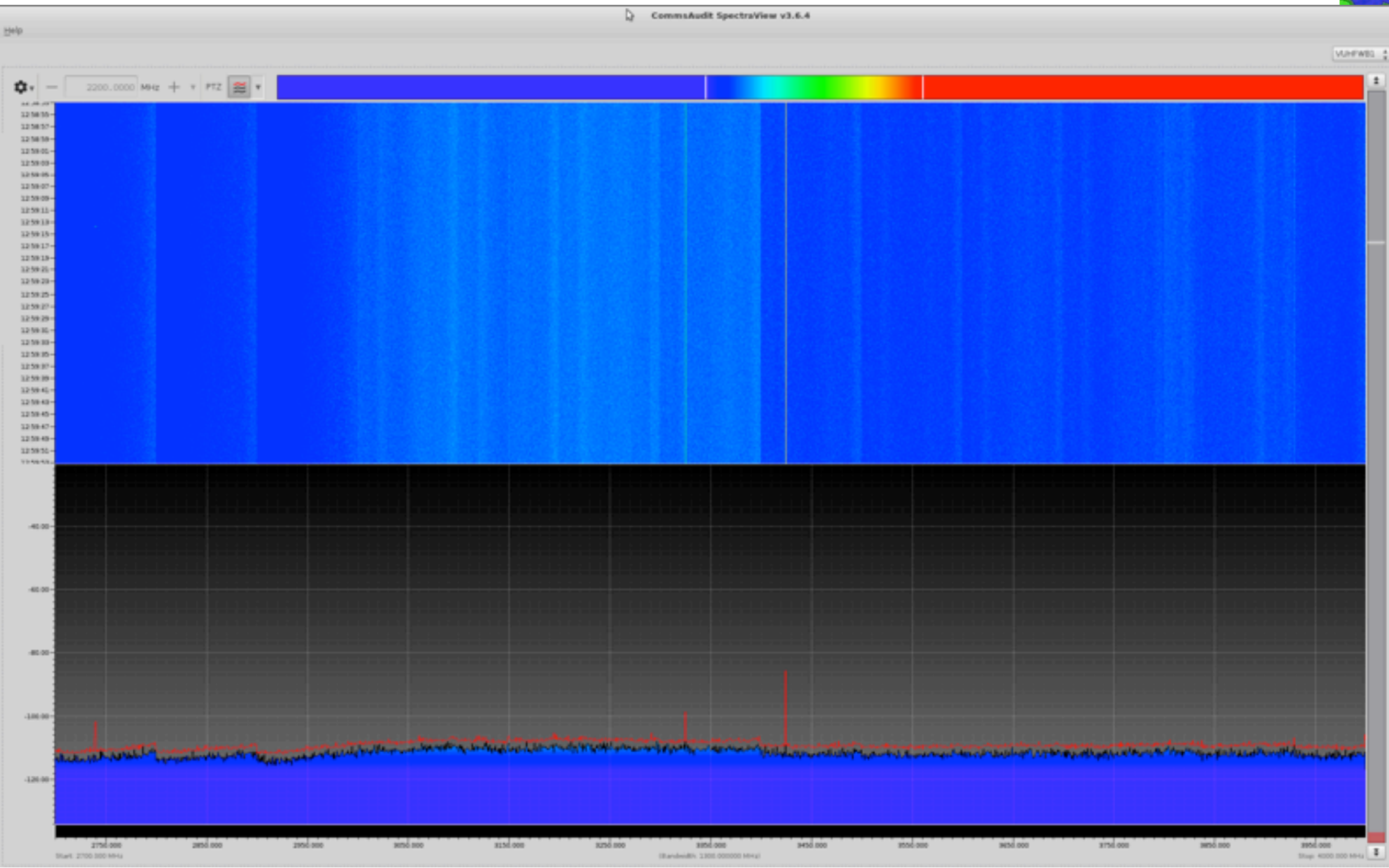
13.2m-es VGOS antenna, Wettzell



12m-es amerikai ALMA prototype antenna

...van-e alkalmas helyszín?

- NMHH (Jánosik András, Bodzsár Krisztián +)
- 2019 július-tól Nógrád megyében
- 3 helyszín (OK)



Kárpát-medence égbolt fényesség térképe
(darksitefinder.com)

ComsAudit Spectra (500ms integráció)
Nógrád 1; 2700MHz-4000MHz (NMHH)

Kutatóállomás építés nyertesei

- űrtevékenységben érintettek: saját űreszköz követés, szolgáltatás, fejlesztések
- felsőoktatás és intézményei: képzési hely, vonzerő (nemzeti és regionális)
- fejlesztő cégek: teszt központ és kreatív munkaerő utánpótlás
- telekommunikációs cégek: munkaerő nemzetközi tapasztalattal, beszállító spin-off-ok
- építésben résztvevő vállalkozások
- helyi közösség: presztízs, idegenforgalom - közvetlen és közvetett
- ország, politikai: pl. ENSZ feladat (geodéziai referencia rendszerhez csatlakozás)