



NMHH

Nemzeti Média- és
Hírközlési Hatóság

Drónok használata rádiófrekvenciás mérésekhez

Bodzsár Krisztián
Monitoring központ vezető
NMHH

Társosztályok részéről felmerült mérési igények:

- Antenna karakterisztikai mérés (ERP meghatározása)
- EMF mérések végzése drónnal
- Zavarkeresés támogatása drónokkal
- Rádiómonitoring állomások antennáinak állapotfelmérése





Első „pilótás” próbálkozások - 2015



- Mobil mérőgépjármű mint adóállomás
- Kisméretű spektrumanalizátor, beépített GNSS vevővel
- „Útvonalregisztrációs” mérési konfigurációval, automatikus rögzítéssel
- „Ideiglenes árbóc”-ra rögzített antennák

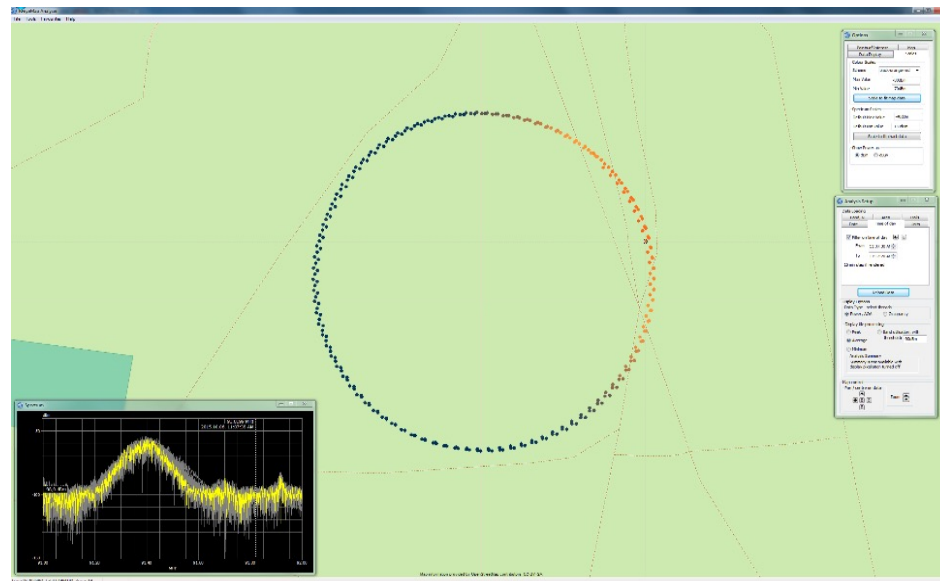
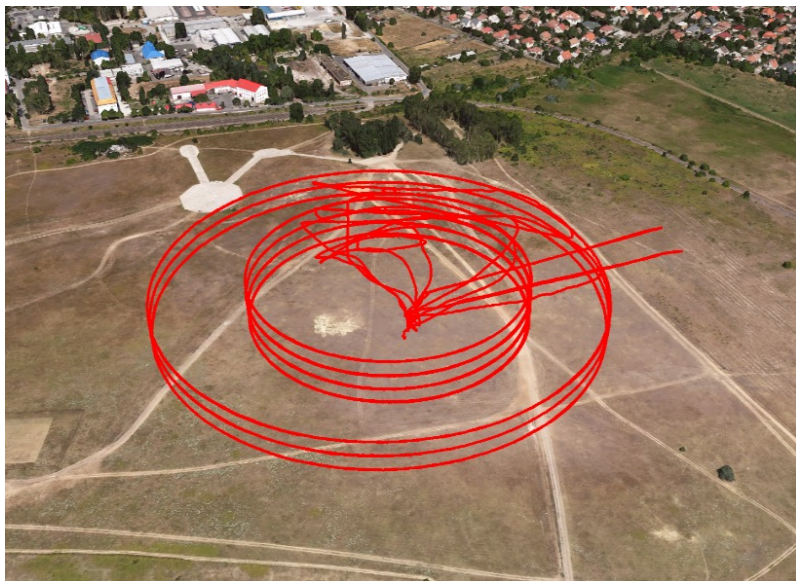
Első drónos próbálkozások - 2016



- Kísérleti mérőrendszer kereskedelmi forgalomban kapható drónra való felszerelése
- Egyszerű dipól antenna
- Csak utólagos kiértékelésre volt lehetőség mivel az adatok csak a drónon lévő mérőrendszerre lettek rögzítve



Első mérési eredmények vizualizációja





Első antennakarakterisztika mérési eredményei és a tapasztalatok

- Relatív rövid repülési idő
- Az adatok időszinkronizációja nem volt megfelelő
- A mérőeszköz szelektivitása, illetve szintmérési pontossága alul multa az elvárásokat





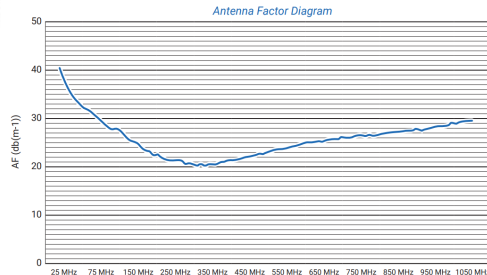
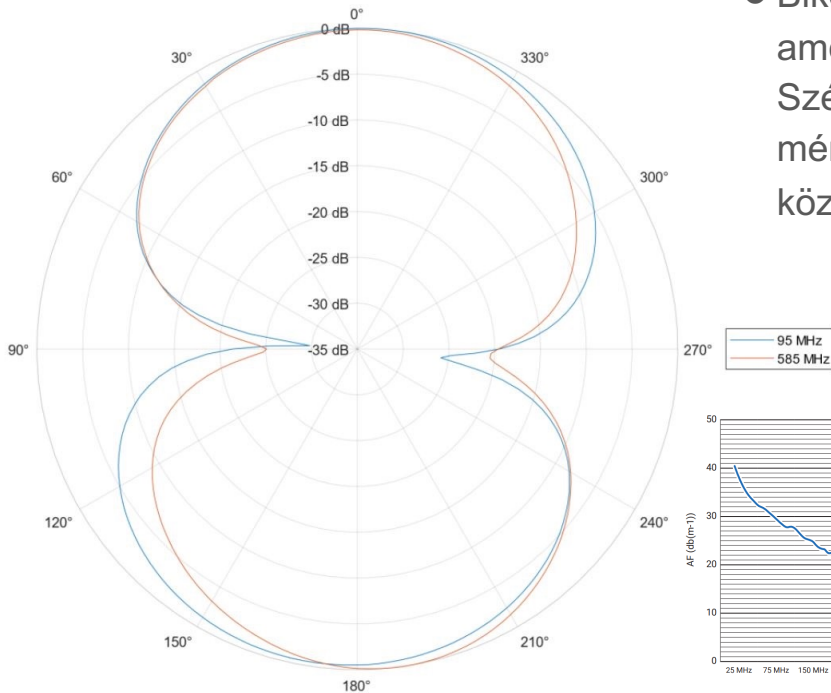
Új szerződés keretében speciális drón és mérőrendszer használata - 2019



- Hasznos teher maximum 12 kg
- Legalább 20 perces repülési idő
- IP55 besorolás
- Autonóm előre programozott repülésre képes
- Új, precízebb mérőrendszer
- LTE kvázi valós idejű kapcsolat a levegőbe lévő mérőrendszerrel

Mérőantenna kalibrációja

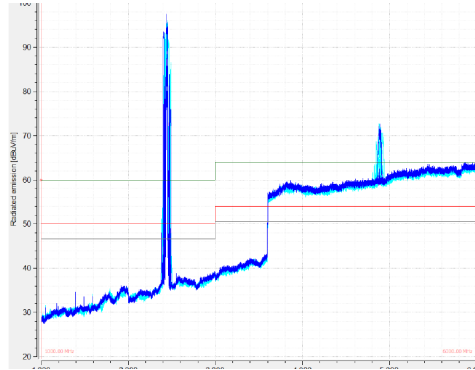
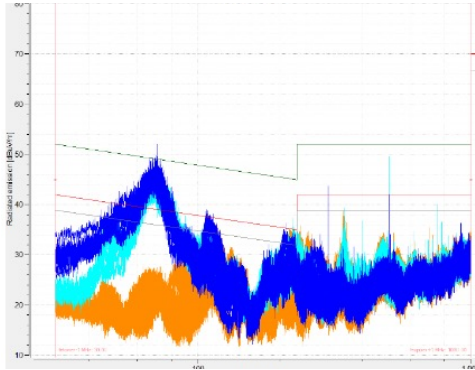
- Bikónikus antennát használtunk a mérésekhez, amelynek a pontos antenna faktor méréseit a Széchenyi István Egyetemmel együttműködésben mértük meg 95 MHz illetve 586 MHz középfrekvenciákon



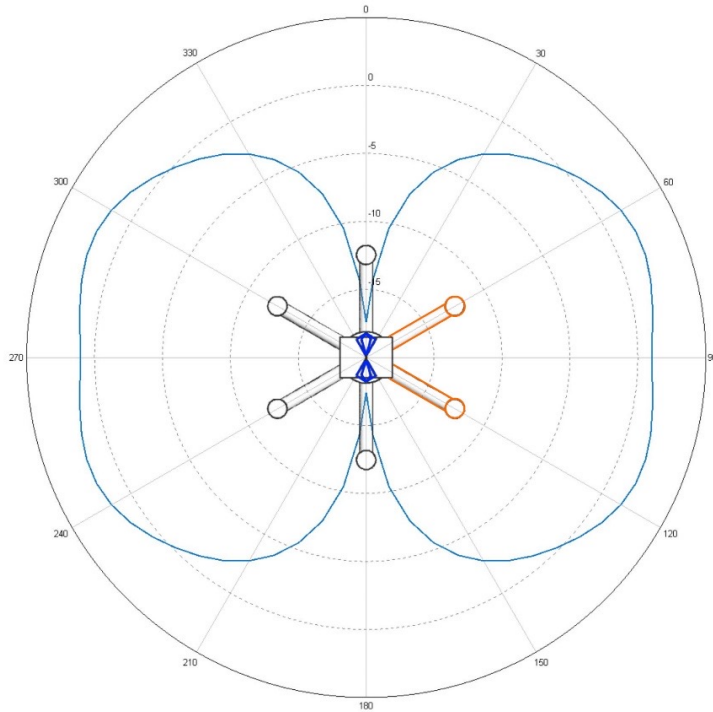


Drón által sugárzott zavar kibocsájtásának mérése (EMC)

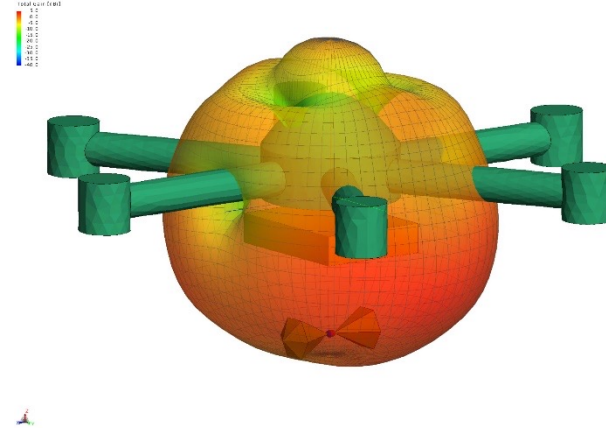
- A méréseket 30 MHz és 6 GHz között végeztük
- A PWM által vezérelt hajtóművek jelentős, szélessávú sugárzással rendelkeznek 70 MHz-es középfrekvencián
- Több keskenysávú csúcs átlépte a szabványban meghatározott határértékeket
- 2,4 GHz-es frekvencia sávot használta a drón az elsődleges kommunikációra



Antenna karakterisztika szimulációk



- Szimulációkat készítettünk az antenna karakterisztikájának változásáról ha az általunk használni kívánt drónra szereljük azt



„Airborne verification of antenna patterns of broadcasting stations”

3 Method of measurement

An antenna pattern measurement is basically a series of field-strength measurements, each taken at an exactly known distance from the antenna to be measured. With these two values the absolute EIRP in that point can be calculated. If we measure the EIRP at a series of points positioned on a circle around the antenna, the horizontal antenna pattern emerges. Other diagram cuts can be measured at will. The formula for calculating absolute EIRP is, in linear form:

$$P_{EIRP} = \frac{P_{RX} \cdot R^2}{g_{RX}} \cdot \left(\frac{4\pi f}{c} \right)^2 \quad (1)$$

where:

- P_{EIRP} : power relative to an isotropic radiator (W)
- P_{RX} : power at the receiver input terminals (W)
- R : distance (m) between the receive and transmit antennas
- g_{RX} : gain (linear value) of the receive antenna relative to an isotropic radiator
- f : frequency (Hz)
- c : speed of light (m/s).

Care must be taken to measure position and P_{RX} at exactly the same time. If this condition is not met, the resulting EIRP-value is not correct. In this formula P_{EIRP} and g_{RX} are expressed relative to an isotropic radiator. Additional losses such as cable losses, antenna alignment loss or polarization loss should be included in the value for g_{RX} . Generally, using a logarithmic version of the same formula is more practical:

$$P_{EIRP} = P_{RX} + 20 \log(R) - G_{RX} + 20 \log(f) + 20 \log(4\pi/c) \quad (2)$$

In formula (2) P_{EIRP} and P_{RX} are expressed in dBW, G_{RX} in dBi.

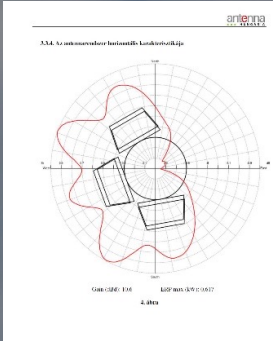
Depending on the broadcast application and the broadcast band used, the standardized reference antenna may differ from the isotropic radiator, e.g. a half wave dipole or a short lossless monopole. To calculate ERP (half wave dipole reference), the following formula may be used:

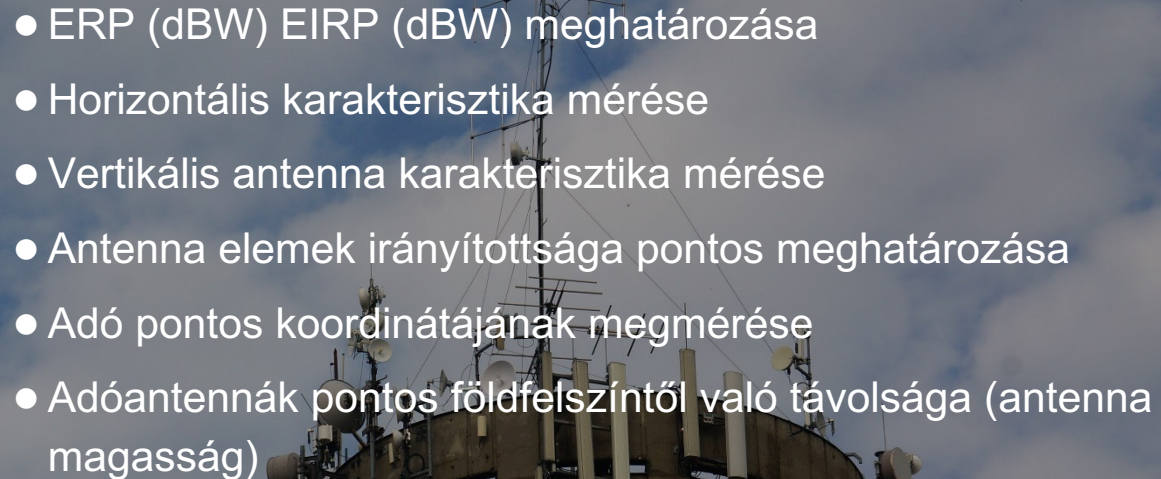
$$P_{ERP} = P_{EIRP} - 2.15 \text{ dB}, \quad (3)$$

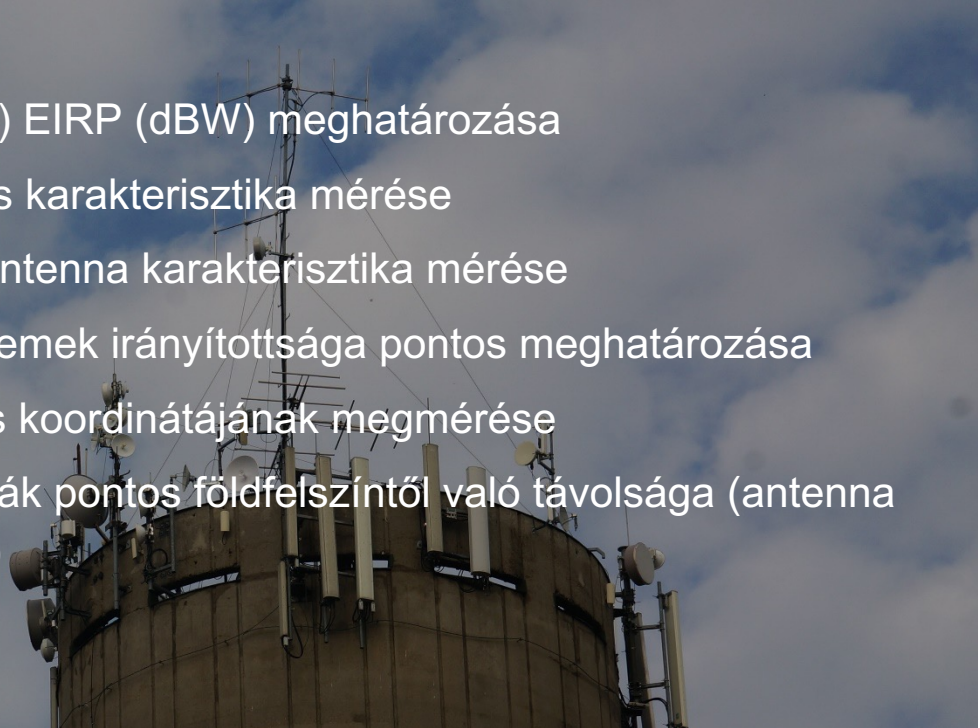
as the antenna gain of a half wave dipole is 2.15 dBi.

- ITU-R SM.2056-1 ajánlás alapján végeztük a méréseinket (helikopteres mérésre vonatkozó ajánlások)
- Különböző repülési módokat alkalmaztunk:
 - adó körbepérése (karakterisztika)
 - vertikális repülés az adó mentén (height scan)
 - adó horizontális megközelítése az antenna magasságában (route scan)
- Térerősségből való ERP származtatás

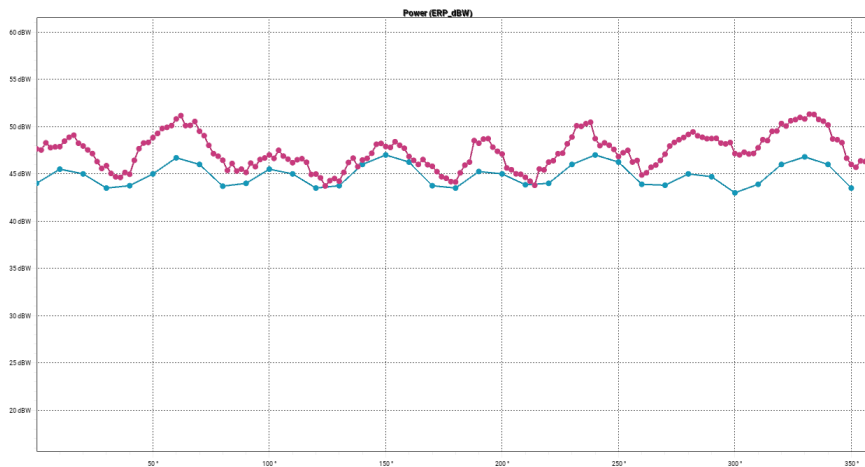
Műsorszóró adókkal kapcsolatos mérési igények

[illegible]

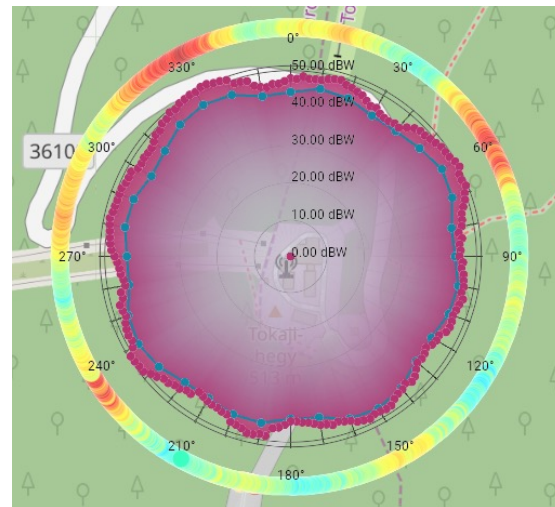
- 
- ERP (dBW) EIRP (dBW) meghatározása
 - Horizontális karakterisztika mérése
 - Vertikális antenna karakterisztika mérése
 - Antenna elemek irányítottsága pontos meghatározása
 - Adó pontos koordinátájának megmérése
 - Adóantennák pontos földfelszíntől való távolsága (antenna magasság)



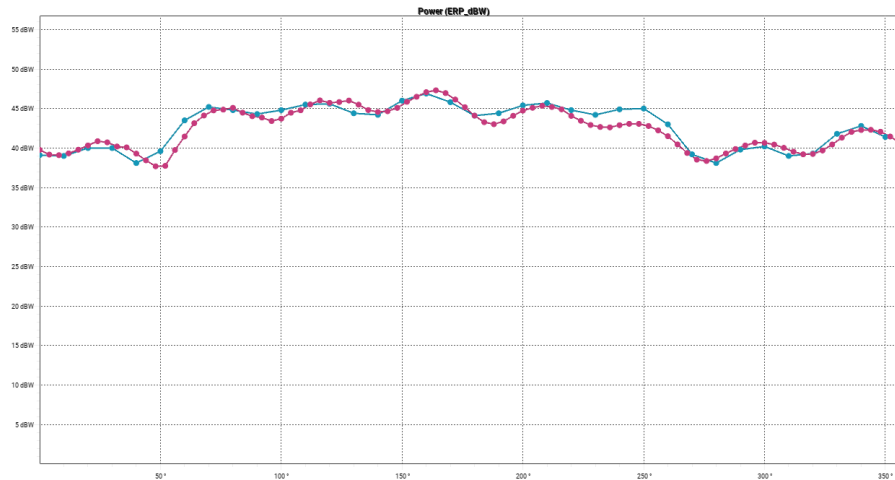
Kisugárzott teljesítmény meghatározása URH-FM



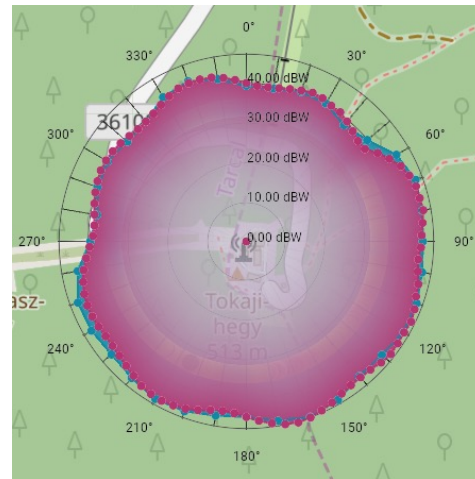
- Az ERP térerősség általi meghatározása, illetve a számított eredmények között **2-3 dBW** különbség



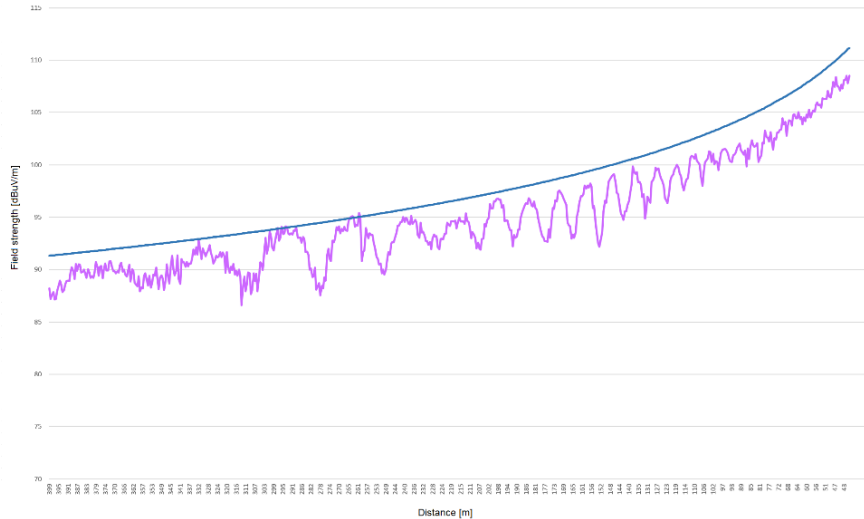
Kisugárzott teljesítmény meghatározása DVB-T



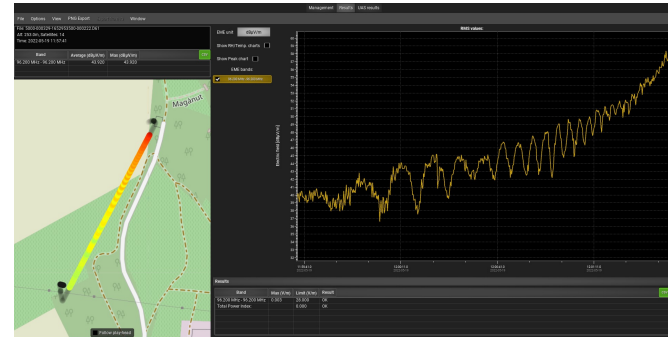
- Az ERP térerősség általi meghatározása, illetve a számított eredmények között kevesebb mint 1 dBW különbség



Horizontális repülés - route scan URH-FM



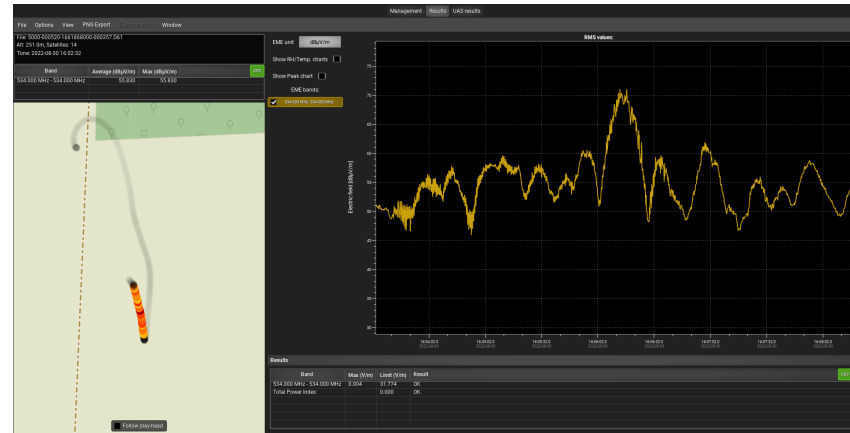
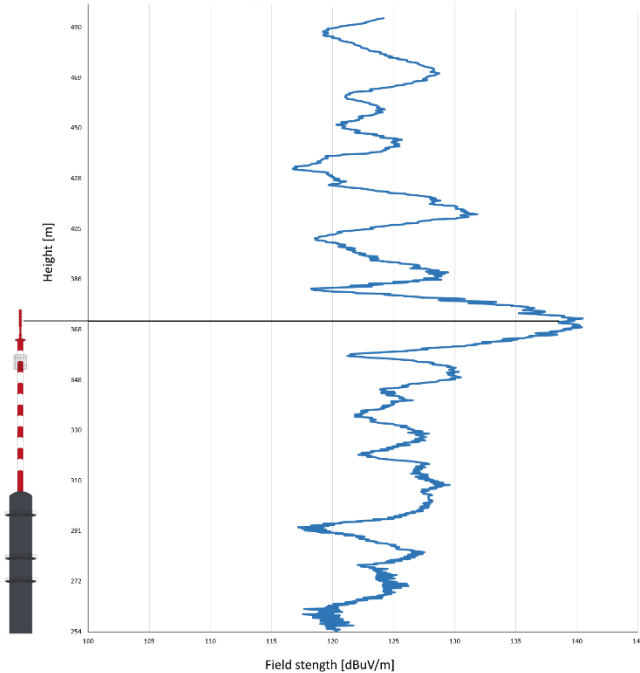
- A drón elkezdett távolodni az adóállomástól az antenna fő sugárzási irányában az antenna magasságában
- A 40 és 400 m közötti távolságban való repülés eredményeit kiértékelve láthatóvá válik a reflexiók által való befolyásoltság az elméleti, számított térerősség értékekhez képest





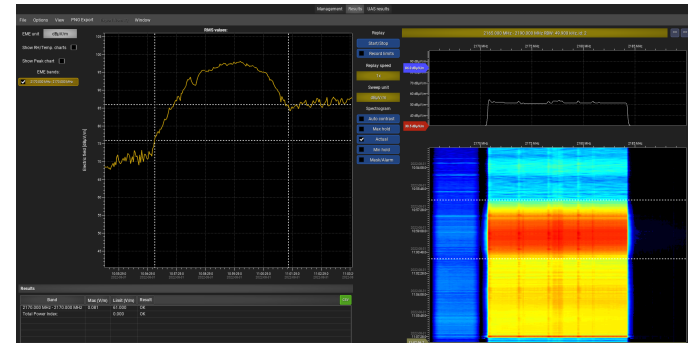
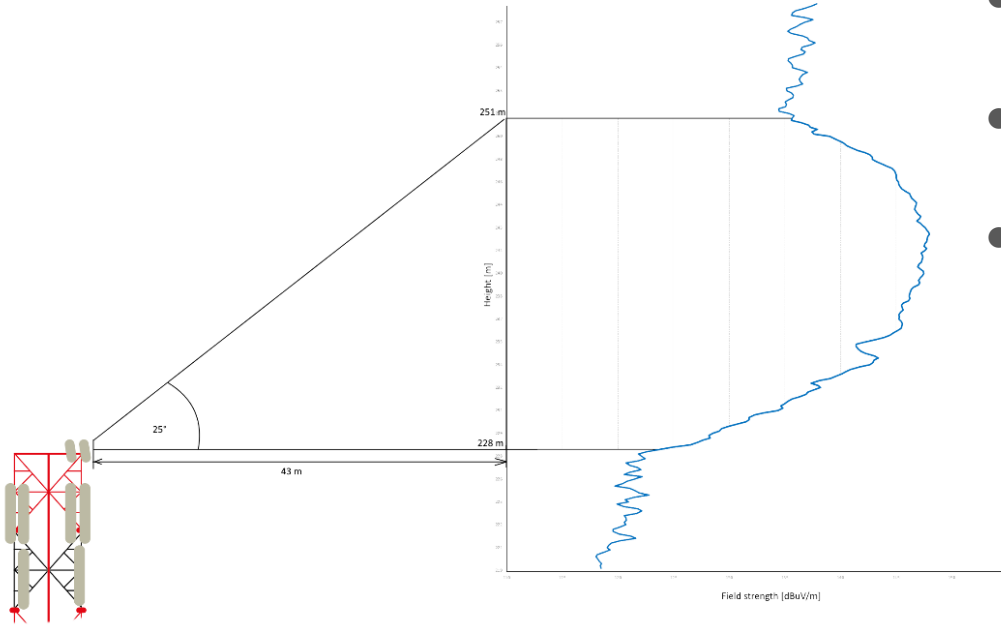
Vertikális repülés - height scan DVB-T

- Antenna magasság mérés vizuális meghatározás (kamera) alapján 374 m
- Antenna magasság az RF mérések alapján: 371 m
- 3 m különbség a két mérés között

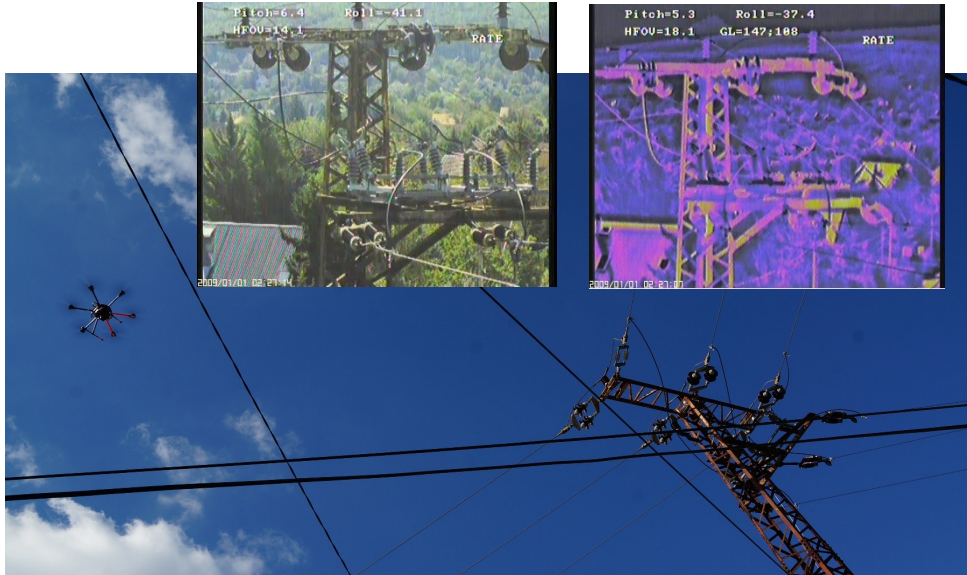


Height scan CGC bázisállomás

- Antenna magasság vizuális méréssel 228 m
- Térerősség növekedés kezdete: 228 m – 251 m (antenna drón távolság 43 m)
- Mérések alapján becsült antenna eleváció: 25-30°



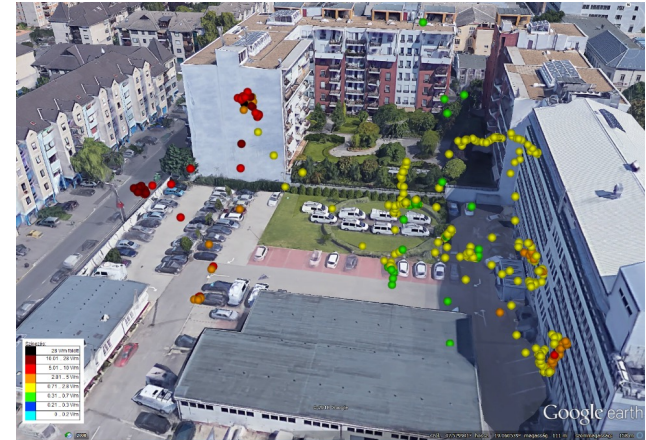
Zavarkeresés támogatás drónokkal - távvezetékek



- Távvezeték hálózatok esetén meghibásodott csatlakozások rádiófrekvenciás zavarokat is okozhatnak
- Ezek a hibás szigetelők, csatlakozások általában melegebbek a környezetüknél

EMF mérések drónokkal

- EMF mérések épülethomlokzatok mentén, illetve bázisállomások közvetlen közelében





Jelenlegi légügyi szabályozási háttér

- A jelenlegi drónokra vonatkozó szabályozás nem teszi lehetővé az NMHH (és a legtöbb felhasználó) számára az ad-hoc jellegű repülést nagyobb tömegű drónnal.
- Zavarkeresés esetén hasznos képesség lenne a talajszint felett az akár több tíz méterrel történő mérés, viszont a légtérfoglaláshoz szükséges idő messze túlmutat a zavarjelenségek elhárítására jelenleg a törvényi keretek között megadott időn.
- Adott esetben kritikus infrastruktúrát érintő zavartatás esetén meg inkább fontos a gyors reakció a probléma elhárítására (pl.: készenléti szolgálatok frekvenciái, légiforgalmi frekvenciák).



Jövőbeli fejlesztési terveink

A fejlesztések elsődleges célja a már meglévő mérőkonténerben elhelyezett eszközök és műszerek modulárisá tétele annak érdekében, hogy azok bármikor helyettesíthetők, vagy cserélhetők legyenek.

A legfontosabb szempontok között szerepel az eszközök tápellátásának egységessé tétele, valamint a kommunikációs interfészeik egyesítése „Ethernet” portok kialakításával.



Jövőbeli fejlesztési terveink



- Új rádió kommunikációs interfész telepítése
- A rádiókommunikációs csatorna RF védelmének biztosítása
- Saját navigációs rendszer integrálása
- Saját hűtőrendszer beépítése
- Akkumulátorok „hot swap” képességének kialakítása:
- Mérésvezérlő szoftver
- Antenna kézi markolat integrálása
- UAV fedélzeti kamera integrálása



Drónok használata rádiófrekvenciás mérésekhez



Köszönöm a figyelmet!