

# Barátkozzunk az ionogrammal!

Dr. Gschwindt András HA5WH, gschwindt@mht.bme.hu

A rövidhullámú összeköttetések alapja az ionoszféra. Állapota meghatározza, hogy milyen frekvenciákon és mikor van esélyünk egy adott, közeli vagy távoli QSO létrehozására. Előrejelzése, ahogy a klasszikus hasonlat mondja, bizonytalanabb, mint az időjárás előrejelzése. Különösen fontos tudni, hogy a közvetlen környezetünkben milyen az ionoszféra állapota. Vajon a kisugárzott jelünk megteszi-e az első lépést, reflektálódik-e vagy elindul a világűrbe? „Last mile solution” (az utolsó mérföld megoldása), ahogy távközlési nyelven fogalmazzunk. Ez különös jelentőséggel bír, amikor az 5 MHz-es sávot szeretnénk országunkon belüli forgalmazásra használni.

## Az ionoszonda

Régen ismert, hogy az ionoszféra valós idejű állapotát, reflexiós képességét olyan mérőeszközzel vizsgáljuk, amely függőlegesen sugároz felfelé jeleket, impulzusokat (radar). A visszaérkező jel késleltetési idejéből kiszámítható a reflektáló réteg magassága. A mérőjel frekvenciáját a vizsgálandó, számunkra fontos frekvencia sávban lépésenként változtatják – ez a berendezés az ionoszonda.

Első változatai évtizedekkel ez előtt elkészültek. Széleskörű elterjedését kisméretű változatának megjelenése idézte elő. Ez a félvezető és a számítástechnika előretörésének idejére tehető. A mérés eredménye, az *ionogram* is egységessé vált. Ma már sok mérőállomás üzemel Földünkön. Interneten is hozzáférhető adataik egységeik.

Az adóból, vevőből, számítógépből és antennákból álló berendezés antennáit az **1. ábra** mutatja. Mindegyik keresztpolarizációs adásra és vételre képes. Az adó delta, míg a négy vevőantenna mágneses hurok elrendezésű. Mindegyik antenna széles-sávú. A négy vevőantenna segítségével a reflektáló közeg iránya is meghatározható. Az adó néhány száz watt teljesítményű. 533 mikroszekundumonként küld fel egy impulzust, és méri a vízszáérkezést (ha van) idejét. Általában 1...30 MHz között lépteti a frekvenciát. A telepítés helyét, az impulzus alakját úgy választják

meg, hogy az ne zavarjon más rádiórendszereket. A [www.digi-sounde.com](http://www.digi-sounde.com) oldalon részletesebb adatok találhatók.

Több kísérlet történt hazánkban is egy szondázó állomás (Sopron) létrehozására. Sajnos, eredménytelenül. A hozzánk legközelebbi állomás a Prága melletti *Pruhonicében* üzemel. Ennek mérési eredményeire támaszkodhatunk. 2016. aug. 11-én, a cikkben szereplő példa napján, kicsi volt a Nap aktivitása.

## Mi történik a felsugárzott jellel?

Megpróbál kijutni a világűrbe. Útjába esnek az ionoszféra rétegei, és keresztezi a Föld mágneses terét. Az ionoszféra rétegeit a Napból érkező részecskék alkotják. Bennünket elsősorban az elektronok érdekelnek. A töltött, gáz formátumú részecske halmaz a plazma. Ez, mintegy felhőként, veszi körül Földünket. A plazma a rásugárzott elektromágneses hullámokat, frekvenciájuktól függően, visszafordítja a Föld felé vagy átengedi. A rétegek magassága függ a Nap aktivitásától, általában 80...350 km között helyezkednek el.

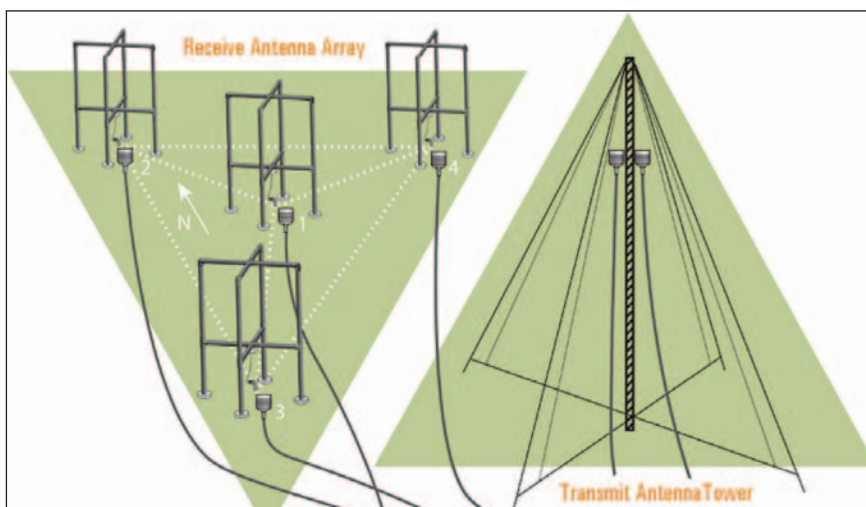
A Föld felszínén működő rádióösszeköttetéseket azon frekvenciák érdeklik, amelyek visszafordulnak. Ha kicsi az áthidalandó távolság, pl. országunkon belüli, akkor a vertikálisához közeli reflexiók fontosak (NVIS). Ezen reflexiók az országon belüli forgalmazás miatt érdekelnek bennünket.

## Az ionogram

Az ionoszonda adatai, grafikus és táblázatos formában megjelenítve, a **2. ábrán** láthatók. A cikk írásakor készült képet mutatja. Két percenként készül felvétel. Negyed óránként frissítik az adatokat. Bármikor megnézhetjük a legutolsót, ha belépünk a <http://147.231.47.3/latestFrames.htm> oldalra.

A vízszintes tengelyen a frekvenciát, a függőlegesen a magasságot látjuk. A grafikon felső sorában a mérést végző állomás nevét, a mérés időpontját és más, számunkra nem fontos adatokat látunk. Esetünkben: Pruhonice 2016. aug. 11. 224 (az év 224. napja) 124500 (12 óra 45 UT a mérés időpontja).

Induljunk el a vízszintes frekvencia tengely mentén. 2 MHz-ig nincs reflektált jel. A D réteg uralkodik nappal, elnyeli a rásugárzott jelet. Magassága 80 km körül van, nem látszik a grafikonon, hiszen nem kapunk róla reflektált jelet. 2 megától a D átengedi jelünket, amelyik a fölötte lévő E-rétegről jön vissza, magassága 90...100 km között van. A magasság mérése a felküldött jel futási idejének (fel a rétegit, majd vissza) ismeretében azzal a feltételezéssel történik, hogy a terjedés sebessége 300 000 km/sec. Ez a sebesség csak a szabad térre igaz. A rétegben, amíg megfordul, kisebb a sebesség. A számított magasság tehát nem valós adat. Azonban ez a tény a mi szempontunkból nem fontos tényező.



1. ábra

1,8 megán, az adott időpontban csak felületi hullámmal tudnánk dolgozni. Az E-réteg 3,1 megáig nem engedi át a jeleket. Takarja a felette lévő rétegeket. Egyébként is napközben ezen az alsó frekvencia részen rendkívül nagy a környezet zajja.

Az E-réteg takarása 3,4 mega fölött fokozatosan megszűnik. Jeleink tovább mennek, míg az F1-rétegbe nem ütköznek, mely visszafordítja azokat a Föld felé. Lenne esélyünk, hogy 3,5 megán, meglehetősen nagy sávzajjal, országon belül forgalmazzunk. Az F1-réteg reflexiós képessége 4,5 megán szűnik meg, itt válik átlátszóvá.

Az F2-réteg 4,5 mega fölött kezd reflektálni. Ne feledjük, ez a réteg van legmagasabban. Ed-digi görbénk piros színű volt. Most megjelenik a zöld szín. A kettős görbe egy érdekes hullámterjedési hatásra utal. Tétélezzük fel, hogy síkpolarizált jelet indítunk el (pl. egy félhullámú dipól az antennánk). Az F2-rétegben (plazma!) ez két egymásra merőleges síkpolarizált hullámmá bomlik szét. Visszafelé tehát nem csak a dipól síkjában, hanem arra merőlegesen is kapunk jelet. Az egyik hullámot (jelet) rendes (ordinary), a rá merőlegest szokatlannak (extraordinary) nevezük. Határfrekvenciájuk, amely fölött már nem reflektál az F2-réteg, fo, illetve fx. Jól láthatóan fx a nagyobb (6,55 MHz), míg fo a kisebb (5,9 MHz).

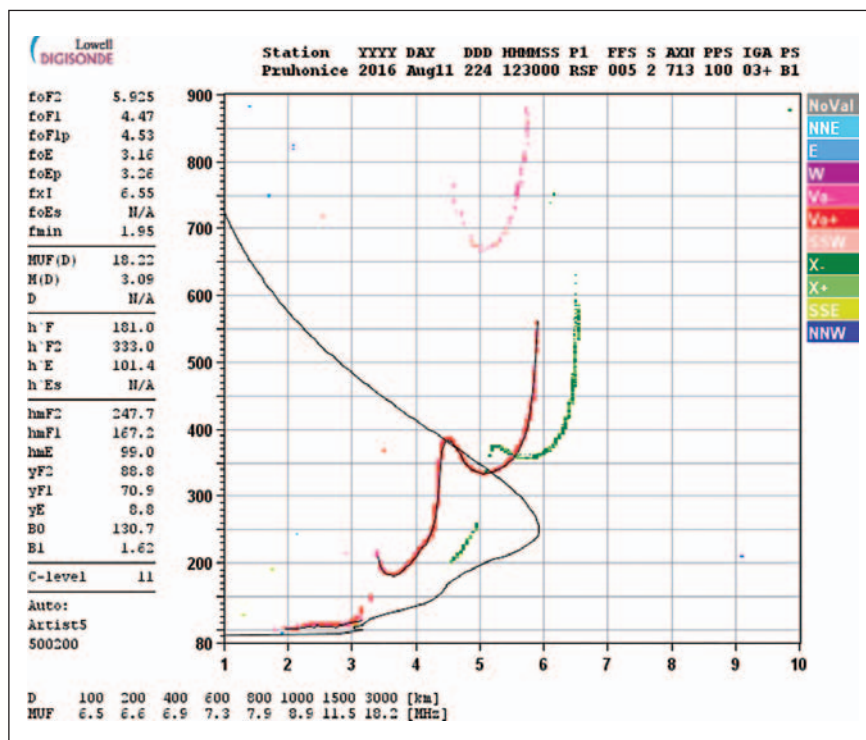
A klasszikus előrejelzésekben fo-t szokták megadni; fx-ért a Föld mágneses tere „felelős”. Angol rádióamatőrök hosszú idejű kísérletsorozata bizonyította, hogy számunkra a zöld görbe által meghatározott fx a használható maximális frekvencia. Példánknál maradv, az adott időpontban csak az 5 MHz-es sávot lehetne országon belüli összeköttetésekre használni. 3,5 MHz a határon, míg a 7 megás jelek a világűrbe távoznak.

4 és 6 MHz fölött 600...800 km között látunk egy szaggatott, piros görbét. Ezzel nem kell törődnünk. Ez a kétszeres reflexió eredménye. Föld-ionoszféra-Föld-ionoszféra-Föld a jel által megtett út.

### A grafikon körüli adatok

Az ionogramról minden olyan adatot leolvashatunk, mellyel az országon belüli összeköttetésekhez választhatunk sávot. Az ábra alatti rész a nagyobb távolságok áthidalásához szükséges frekvenciák megválasztásában segít. A MUF (Maximálisan használható frekvencia) az alsó, a távolság (D) a felső sorban olvasható. 100 km-re maximum 6,5 MHz-et, míg 3000 km-re 18,2 MHz-et használhatunk. Más szóval: 21 megán hiába „döngetnénk a rezet”, jeleink a világűrbe kerülnének.

A bal oldali oszlopban megtaláljuk mindazt, amit egyébként, jó közelítéssel a görbékről is leolvashatunk (foF2 ... fxF2). Részletesebb információk az ionogram által szolgáltatott adatokról, azok fizikai háttéréről az itt közzölt internetes oldalon található: [www.g0lfp.com/ionograms/index.php](http://www.g0lfp.com/ionograms/index.php)



2. ábra