

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 mikroszekundumként küld fel egy impulzust, és méri a visszaverkezést (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 oldalon részletesebb adatok találhatóak.

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.

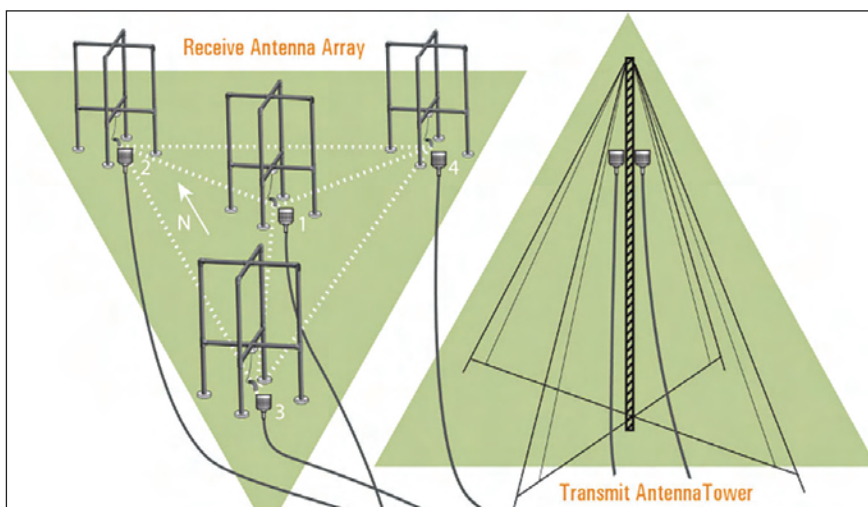
A Föld felszínén működő rádióösszeköttetéseket azon frekvenciák érdeklik, amelyek visszafordulnak. Ha kicsi az áthidalandó távolság, pl. országunkon belüli, akkor a vertikálisához közeli reflexiók fontosak (NVIS). Ezen reflexiók az országon belüli forgalmazás miatt érdekelnék bennünket.

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 fölötté 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 zaja.

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. Tételezzük 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).

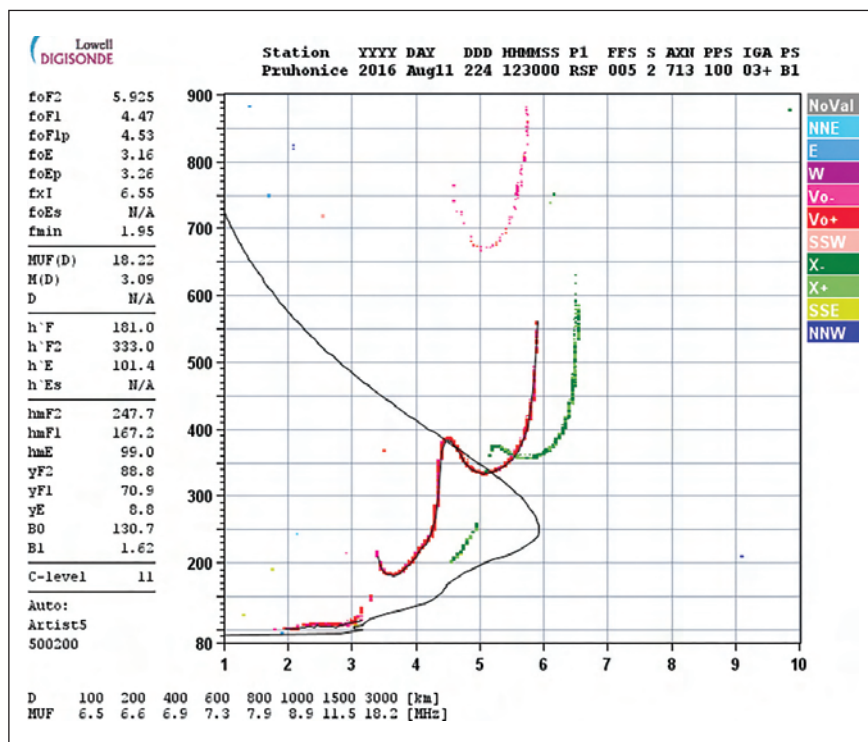
A klasszikus előrejelzésekben fo-t szokták megadni; fx-ért a Föld mágneses tere „felelős”. Angol rádióamatőrök hosszú idejű kísérletsorozata bizonyította, hogy számunkra a zöld görbe által meghatározott fx a használható maximális frekvencia. Példánknál maradv, az adott időpontban csak az 5 MHz-es sávot 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



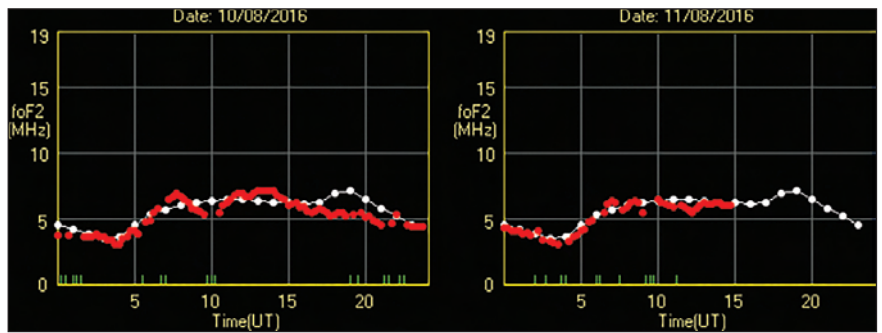
2. ábra

Éjszakai ionogram

Nem látjuk a Napot, a rétegekben maradt részecskék folyamatosan leépülnek. Csökken az elektronkoncentráció. A **3. ábrán** jól látjuk, hogy akár 500 kHz-et is használhatnánk országon belüli, ionoszféra által támogatott összeköttetésekre. A legjobb a 3,5 MHz. Itt csak az extraordinary hullám verődik az F-rétegről (éjjel nincs külön F1 és F2). Minimális fédinggel, jó minőségben beszélgethetünk partnerünkkel (igaz éjjel 3,15-kor).

A két ionogram-példa a nyugodt Nap időszakában készült. Aktív Nap esetében a görbék „tisztasága” megszűnik. Jogos a kérdés: mennyire stabil az ionoszféra? Adott helyen hogyan változik pl. az F-réteg határfrekvenciája?

A Róma-i mérőállomás adatait mutatja a **4. ábra**. Vízszintes tengelyén az idő, a függőleges az foF2. A fehér görbe az előre jelzett, a piros a mért értékeket ábrázolja. Jól látható, hogy nyugodt Nap esetén is jelentősek a



4. ábra

változások. Ezért van az, hogy a professzionális hírközlés az foF2 90%-a körül igyekszik üzemeltetési frekvenciát találni.

A jól működő szabály: ha két sávban van esélyünk országon belül forgalmazni, akkor mindig a nagyobb a jobbik. Például: 3,5 és 5 mega is reflektálódik, válaszszuk az 5 MHz-et. Kisebb lesz a sáv zaja.

Ne feledjük!

Az előző adatok, ionogramok a közvetlen környezetünkre vonatkoznak. A távoli DX állomások jelei nem mindig követik az előre-

jelzéseket. Még akkor is érdemes befigyelni egy foF2 fölötti sávba, ha a helyi ionogram szerint már nincs esélyünk. Jelek jöhetnek az ionoszféra rétegei között verődve, vagy egy rétegen belül tápvonalszerűen, esetleg más, eddig nem ismert terjedési módon.

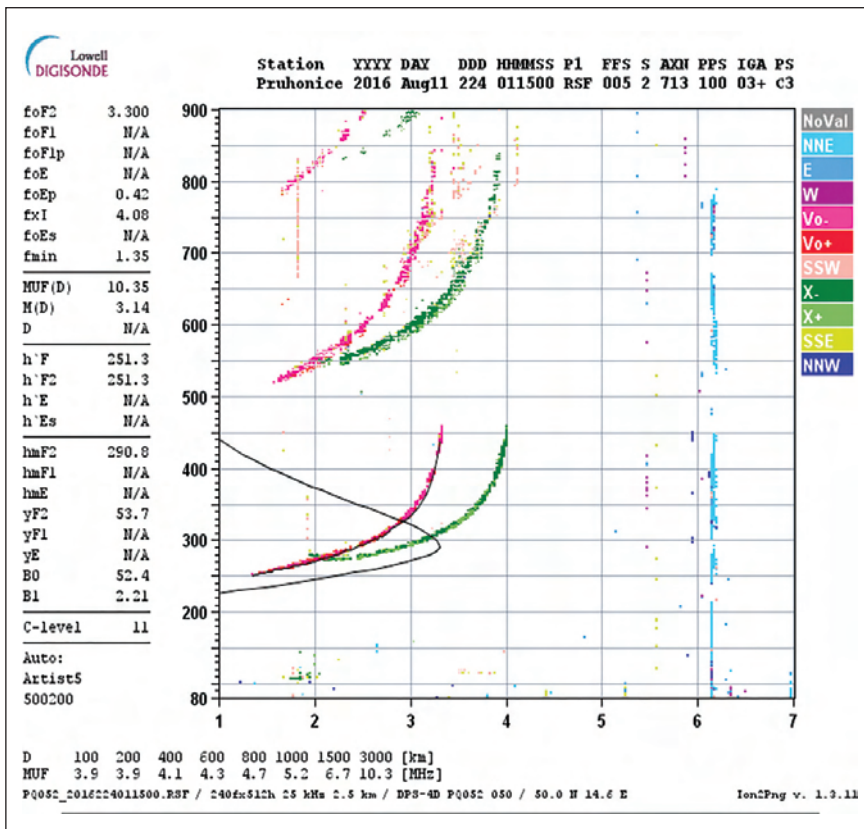
Érdeemes megnézni az ionogramot, ha pl. nem halljuk az 5 megás jeladót. Vagy nem sikerül 7 megán összejönni a 100 km-re lévő állomással. Nagy napkitörések alkalmával, amikor a D-réteg lezárja a rádiózási lehetőséget, nem kell a rádiókat vagy az antennát hibáztatni, nézzük meg az ionogramot!

Az ionoszféra állapota szükséges, de nem elégséges az országon belüli összeköttetéshez. Jó rádióállomás is kell hozzá. Sajnos még nincs országon belüli interneten elérhető sdr rádió, de önellenőrzésre használhatjuk a hozzánk legközelebbi osztrák wevőt: www.websdr.at/

Remélem az előzőkkel sikerült sokak figyelmét felhívni az ionogramokban lévő lehetőségekre.

Kedves Amatőrtársak!

Legkomplexebb terjedési előrejelzésekről naprakész információt nyújtó honlapokat ajánlom szíves figyelmetekbe:
www.solen.info/solar/polarfields/polar.html
<http://dx.qsl.net/propagation/>
www.hamqsl.com/solar.html
<http://dx.qsl.net/propagation/>
<http://prop.hfradio.org/>
www.arrl.org/news/view/the-k7ra-solar-update
www.solarham.com/iota.htm
www.crh.noaa.gov/lot/?n=am_radio
www.sec.noaa.gov/SWN/
www.spaceweather.com
www.voacap.com/
www.ha5mrc.hu/
www.ha5kbc.hu/
www.mrasz.hu
www.swpc.noaa.gov/forecast.html



3. ábra