

# GLOBALIS AEROLÓGIAI ADATBÁZIS ÉS AMI MÖGÖTTE VAN

## GLOBAL AEROLOGICAL DATABASE AND BEHIND THE SCENES

Nyitrai László, Tóth Róbert

Országos Meteorológiai Szolgálat, Marczell György Főobszervatórium, 1181 Budapest, Gilice tér 39.  
nyitrai.l@met.hu, toth.r@met.hu

**Összefoglaló.** A Globális Megfigyelő Rendszer valamennyi TEMP táviratát legyűjtöttük, amiket 1973–2015 között nemzetközi adateserére megküldtek. Megvizsgáltuk egyes államok rádiószonda felszállásainak gyakoriságát. A trendek időbeli alakulásából megpróbáltunk gazdasági, társadalmi és politikai következtetéseket levonni.

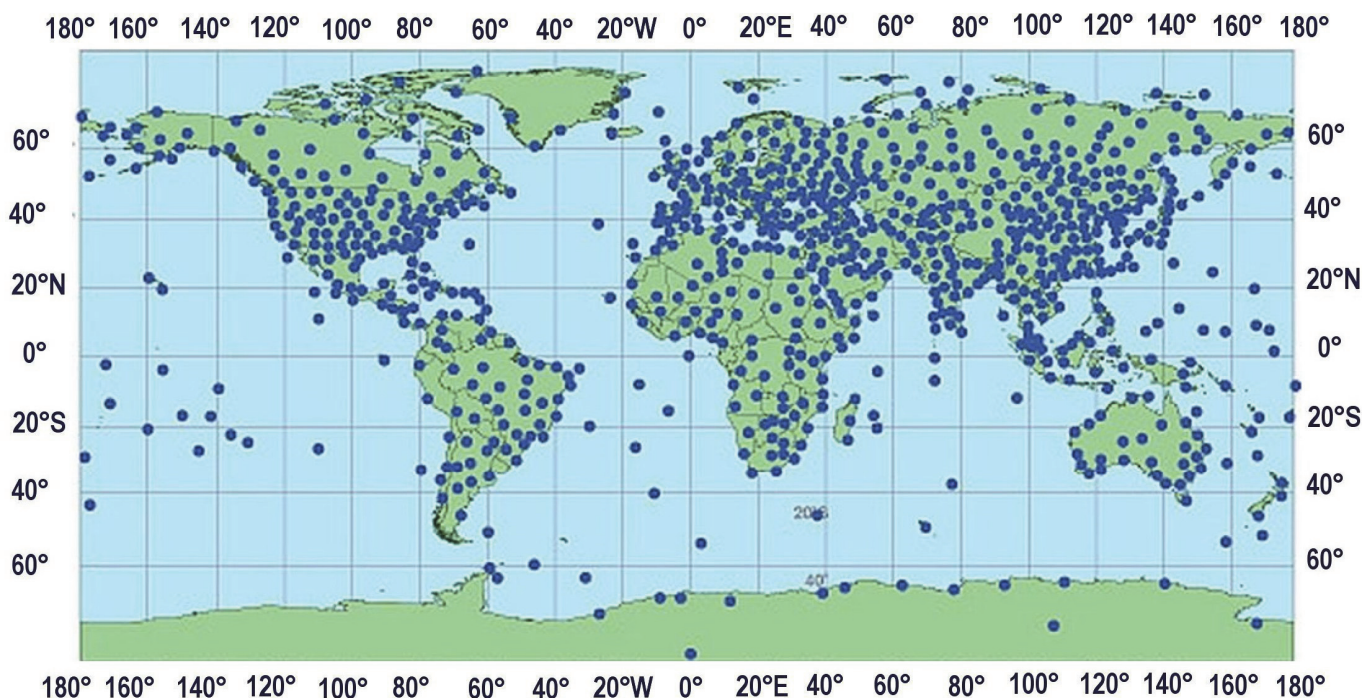
**Abstract.** We downloaded all the TEMP messages of the Global Observing System were sent for international data exchange between 1973 and 2015. The frequency of ascents by some states was examined. We tried to derive economic, social and political conclusions from the trends in time.

A rádiószondát szárazföldről vagy tengeri hajó fedélzetéről hidrogénnel vagy héliummal töltött rugalmas falú léggömb emeli a magasba mintegy 30 km-ig, leggyakrabban a légnyomás, léghőmérséklet, légnedvesség, valamint a szélirány és szélesség mérése. Speciális érzékelők alkalmasak egyes napsugárzási paraméterek, az ózon függőleges eloszlásának, a levegő vezetőképességének vagy rádióaktivitásának mérésére is.

Az alap gondolat, vagyis, hogy egy, a levegőnél könnyebb gázzal töltött luftballon képes méretéhez képest nem túl nagy tömegű mérőeszközt, és a műszerek együttesét körülvevő védődobozt a magasba emelni, voltaképpen már az elektronika kezdeti fejlődését

vizuális követés, ezt képes kiegészíteni az iránypozícióról információt adó jeladó. Hazánkban folytak rendszeres pilót szélmérések hozzávetőleg negyedszázaddal ezelőttig, ám ezek információtartalma nagyon korlátozott volt, mert azon kívül, hogy diagnosztikai paramétereket nem mértek, még a léggömb koordinátáiból is csak kettőt voltak képesek megmondani, a harmadikra (közvetve a magasság) csak a közegellenállásra felírt közelítő képletből lehetett következtetni, ami nagyjából állandó emelkedési sebességet tételez fel.

A rádiószonda elnevezés Hugo Hergesell német meteorológustól származik a rádió (fedélzeti rádióadó) és a szonda (üzenetküldő a régi angolban) szavak össze-



1. ábra: Az aerológiai állomások világhálózata (WMO)

megelőzően is kézenfekvő volt. A magaslégköri felszállások története a XX. század első felére nyúlik vissza. A nagy áttörést a felszálló egység és a megfelelő földi berendezés közti rádiókapcsolat megteremtése jelentette. Létezik olyan egyszerűsített módszer is, amikor a léggömb mérőegységet nem hordoz, csak egy apró jeladót, ezzel csak a szelet lehet mérni, de ez még a pilót szélmérések körébe sorolt módszer. Alapeset a pilót szélmérésnél, ha semmilyen elektronika nincs, csak

tételéből. Robert Bureau francia konstruktőr 1929. január 7-én bocsátotta fel első rádiószondáját Franciaországban, amit csak hőmérséklet érzékelővel szerelt fel (Dubois et al., 2002). Molcsanov Leningrádban 1930. január 30-án felengedett szondájával már a hőmérsékletet és a légnyomást is mérte, ballonja 8900 méterig emelkedett. Ezt követően francia, német, finn, svájci, kanadai és amerikai kutatók csiszolták a rádiószondázás technikáját (Zaitseva, 1993). Hazánkban a rendszeres rádiószondázó

tevékenység 1949-ben indult Budapesten, majd 1961 óta Szeged is csatlakozott. A szondázás nemzetközi és hazai fejlődéséről Mezősi (2004) adott összefoglalást.

1957 óta valamennyi rádiószondázó állomás összehangoltan 00.00 és 12.00 UTC-kor végzi a felszállást (esetenként 06.00-kor és/vagy 18:00-kor is), bár sok közülük pénzügyi okokból csak napi egy felbocsátást engedhet meg. A Meteorológiai Világszervezet tagállamai a World Weather Watch keretében ingyenesen kicserélik magaslégköri adataikat TEMP távirat formájában. Jelenleg mintegy 750 rádiószondázó állomás működik világszerte (1. ábra). A műholdas megfigyelések elterjedésével számuk enyhe csökkenést mutat.

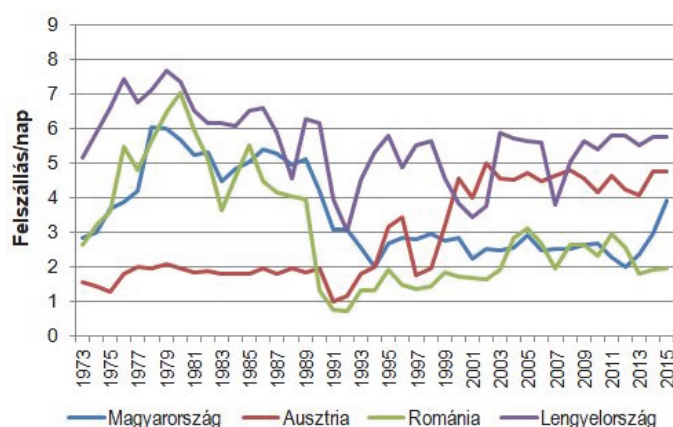
A magaslégköri mérések legfőbb felhasználási területe az időjárás előrejelzése, a vertikálisan sokszintű modellek elengedhetetlen bemenő adatait szolgáltatják. Fontos még a légiközlekedés és a tűzéréség, valamint egyéb ballisztika, az űrhajózás, távközlés és éghajlatkutatás számára is. Egyúttal azonban a költségesebb megfigyelési technikákhoz tartozik.

Tanulmányunkhoz legyűjtöttük a Wyomingi Egyetem honlapján elérhető TEMP táviratokat 1973–2015 között. Megvizsgáltuk, hogy e 43 év alatt az egyes országok hány állomáson milyen gyakorisággal rádiószondáztak. Az időbeli trendekhez megpróbáltunk gazdasági, társadalmi és politikai mozgásokat rendelni, azaz megtalálni azokat a hajtóerőket, amelyek jelentős befolyást gyakoroltak a magaslégköri felszállások számára.

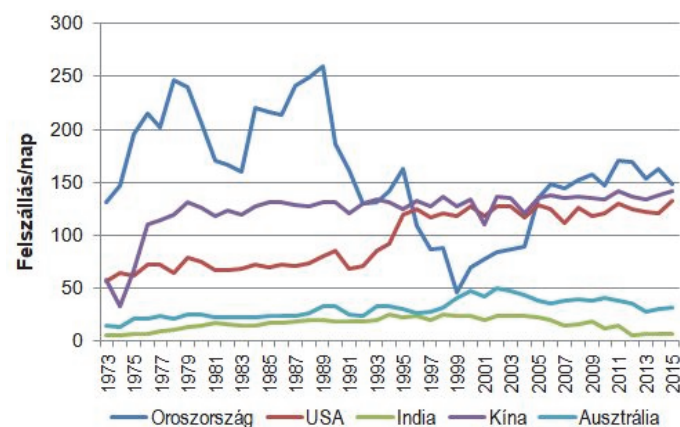
Az 1973-al kezdődő első 7–8 év adataiból megállapítható, hogy akkor jóval kevesebb információ jutott el a nemzetközi meteorológiai központokba, ez azonban nem egyértelműen jelenti azt, mintha a 40 évvel ezelőtti időszakban lényegesen kevesebb mérést folytattak volna. Sokkal inkább arról van szó, hogy az informatika fejlődött közben, a szonda műszerei már akkor is időben folyamatosan mértek, míg az adatok előállításában jócskán éltek a diszkretizáció eszközével, ami a felszállások egyfajta idealizált megjelenítését jelenti. Arról van ugyanis szó, hogy a felszállások kiértékelésekor akkor is és ma is érvényben van a markáns pont görbe képzése, azaz a folytonos és sima hőmérséklet, nedvesség, stb. görbéből egy szintén folytonos, de törésekkel határolt egyenes szakaszokból álló görbét képezünk. Ez a képzett görbe a töréspontok számától függően ideálisan közelít a természetből kapott eredeti görbéhez. Mindez a leegyszerűsítés a valóságból való forgácsolódást jelent ugyan, ám lehetővé teszi, hogy véges, nem túl nagyszámú szintből adódó hőmérséklet, nedvesség, stb. adattal leírassuk a végzett megfigyeléseket. E szintek adatai kerülnek bele a TEMP táviratba, valamint a főnyomásfelületek adatai is, úgy, mint az 1000, 925, 850, 700, 500, stb. hPa szintek adatai.

A főnyomásfelületek adatai vagy a szakaszosan lineáris markáns pont görbéből adódnak, vagy a mérés valamilyen nagyszűrűségű egyenletes vékonyrétegeinek integrálásával állnak elő.

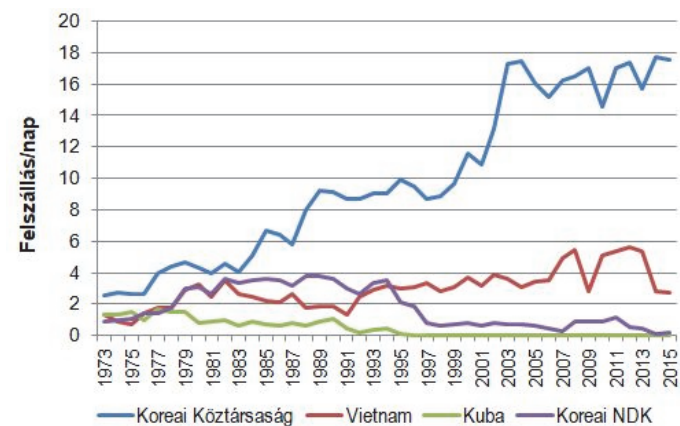
A vizsgált időszak első évtizedére tehát az mondható el, hogy míg az ezredforduló körüli és utáni állapothoz képest abból az időből jóval kevesebb adat áll rendelkezésünkre, addig az 1970-es majd a 80-as években is maguk a mérések jó földrajzi és időbeli elosz-



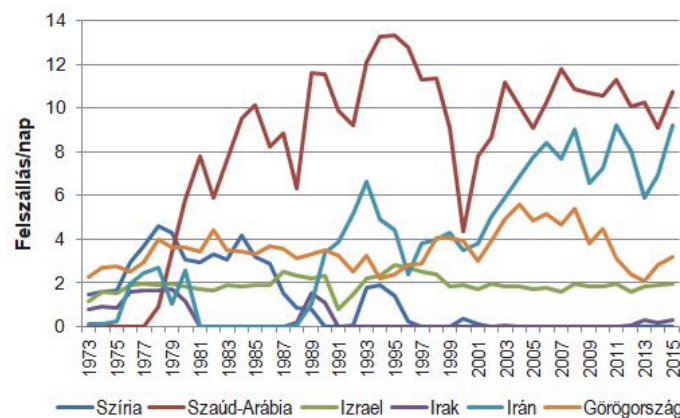
2. ábra: A rádiószondázás gyakorisága néhány közép-európai országban



3. ábra: A rádiószondázás gyakorisága néhány nagy országban



4. ábra: A rádiószondázás gyakorisága néhány országban



5. ábra: A rádiószondázás gyakorisága keleti országokban

lásúnak mondhatók, mi több, kevesebb földrajzi és időbeni inhomogenitást tapasztalunk akkorról, mint a mai időnkéből.

A II. világháború után a nagy gyarmatosító országok nemcsak „háterszágukban”, hanem külbirtokaikon is létrehoztak rádiószondázó állomásokat, amelyek, ha változó rendszerességgel is, de végeztek méréseket. Az, hogy a gyarmati rendszer felbomlása után mi történt, elég tarka képet mutat.

Földrajzilag részletesebben végighaladva kezdjünk Európánál. Kontinensünk az egyik legnagyobb sűrűséggel méréseket végző régió. Ezen belül is élen jár Északnyugat-Európa, de a XX. század utolsó évtizedeiben Európa középső része is jeleskedett. Itt volt a politikai és földrajzi megosztottság tengelye, itt volt szomszédos a NATO és a Varsói Szerződés. A mérések sűrűsödtek, a két Németországban, Olaszországban, Csehszlovákiában, Magyarországon és sokfelé a Szovjetunióban a napi két mérésen felül megjelenik a reggeli és esti szonda is. Nem mindenütt volt könnyű ezt pénzzel győzni, hazánkban a pestszentlőrinci esti mérés például visszahozott, újrafelhasznált szondával történt. A 2. ábrán láthatjuk, hogy a három volt szocialista országban a 70-es évek végén érte el maximumát, majd a rendszerváltást követően jelentősen visszaesett a felszállások száma. Legmélyebbre Romániában süllyedt, 1991–93-ban a napi egyet sem érte el. Hazánkban 1994 és 2012 volt a két mélypont napi két szondával. Az 1990–94 időszak az OMSZ életében anyagilag nagyon nehéz periódus volt. Az utóbbi három évben folyamatosan biztosítjuk a napi négy (Budapest 2, Szeged 2) felbocsátást. Mindazonáltal a rádiószondázás költsége nem olyan jelentős egy legalább közepesen fejlett ország meteorológiai szolgálatának költségvetésében, mint ahogy azt sokan gondolják. Hazánkban a két aerológiai állomáson napi két mérést végezve sem több évi 40 millió forintnál. Ez hozzávetőleg 2%-os kiadást jelent a nemzeti szolgálat költségvetésében. A mérések sokrétű felhasználása révén ennek többszöröse a nehezen számzerűsíthető haszon.

Vizsgáljuk meg néhány nagy területű ország rádiószondázási trendjét!

A 3. ábra jelzi, hogy eltérő múltat befutva a három gazdaságilag-katonailag legnagyobb állam, Oroszország, USA és Kína az utóbbi évekre egyaránt napi megközelítőleg 150 felszállással stabilizálta a magaslégköri megfigyeléseit. Brezsnyev és Gorbacsov idején szondáztak legtöbbit az oroszok. A Szovjetunió 1991-es széthullását követően a Független Államok Közösségében Jelcin elnöksége alatt az ötödére esett vissza a rádiószondázás, nyilvánvalóan a belpolitikai zűrzavar és a gazdasági válság következményeként. Az ipari termelés és az életszínvonal jelentősen visszaesett. A kedvezőtlen folyamatok Putyin 2000-ben történt első elnökké választása után fordultak meg. Az olajbevételekből megszilárdította a gazdasági és társadalmi életet, s fokozatosan háromszorosára növekedett a napi felszállások száma.

Kína Mao Ce-Tung alatt a 60-as évektől dolgozik saját űrkutatási és rakétafejlesztési programján. 1970-ben bocsátották fel első műholdjukat. E fejlesztésekhez 1974-

től öt év alatt a háromszorosára futtatták fel a rádiószondázást, s ezt a szintet négy évtizede tartják.

Az USA 42. elnöke 1993–2001 között Bill Clinton volt. Az ő elnöksége idején mintegy duplájára emelkedett a szondázások száma, s stabilizálódott ezen a szinten. Ez valószínűleg annak a következménye, hogy a demokrata elnökök közt is kiemelkedő figyelmet fordított a környezetvédelem ügyének.

Földrajzi barangolásunkat folytassuk néhány sajátos történelmi ázsiai országgal és a közép-amerikai Kubával!

A 4. ábrán néhány távolabbi ország szondázási menete látható. Érdekes Kuba esete, ahonnan az 1970-es években még napi 2 mérésről jöttek adatok – Havannából és Camagüeyből is –, azután csak egyről, majd 1991-től egyről sem. Részletesebben megnézve azonban kiderül, hogy a mérések nagy része egy harmadik állomásról, az amerikai ellenőrzés alatt lévő Guantánamo-öbölből származik. Feltűnő, hogy 1982-ig az USA itt rendszeresen, naponta korábban kétszer, utóbb egyszer bocsátott fel szondát, míg utána inkább már csak kétnaponta egyszer. A 90-es évek elejétől alig vagy egyáltalán nem. A 80-as évek elején bekövetkezett változást esetleg írhatjuk a grenadai válság számlájára, s az, hogy utána már csak esetszerűen szondáztak, arra enged következtetni, hogy a szondákat referenciaként használják csupán, vagy az indonéz szisztémához hasonlóan a kritikus karib-tengeri tölcserviharok esetére szorítkoztak. Amíg Guantánamo rendszeresen szondázott, addig a pénzügyi nehézségekre előszeretettel hivatkozó karib-tengeri ország mintegy ingyen kapott, a prognózishoz elsősorban az ország keleti felében használható szondamérést. Ugyanakkor Ronald Reagan hatalomra kerülésével tovább romlottak a kubai-amerikai kapcsolatok, másrészt az a szempont is felmerülhetett, hogy Kuba a hazájukból a tengeren keresztül menekülő állampolgárainak felderítésére használhatja az ajándékba kapott meteorológiai információkat. Egy szó, mint száz, a szigetország térségében az 1970-es évektől kezdve több lépcsőben drasztikusan visszaestek a rádiószondás mérések az időről időre bekövetkező rendkívüli időjárási események dacára.

A vietnami háború alapvetően a dél-vietnami oldalon zajlott. Mivel Vietnam déli felének Saigon a központja, és ott jegyeznek rádiószondázó állomást, célszerű először ennek működését figyelni. 1973-tól az adatregisztereket követve azt láthatjuk, hogy a legnagyobb harcok idején is működött Saigon rádiószondázó állomása, 48900 számmal. Elkövetkezett azonban 1975 májusa, amely a dél-vietnami állam kapitulációját jelentette. A rádiószondás mérések Saigonban egészen '75 májusáig rendszeresek, majd érthető módon kimaradás következik, viszont igen hamar, 1975 októberében újra folytatódnak. Közben az aerológiai állomásnak nevet adó város elnevezését megváltoztatják és Ho Si Minh város lesz. Így nevezi a wyomingi adatbázis is, amely mindig a legutolsó város, illetve ország nevet vonatkoztatja visszamenőleg is. Ehhez képest az északi oldal, Hanoi (48820) jóval kevesebbet mér, az itteni regisztrálás első évétől, 1973-tól kezdődően a vietnami háború végéig alig láthatók esetszámok a havi bontásban. A háború végét követően sem indulnak meg a mérések.

A kambodzsai Khmer Rouge, a vietnami hadsereg, és Kína közt nyílt ellentétek feszültek, melyek kirobbanásaként 1979 februárjában Kína villámháborút indít Vietnam északi határán. Hanoi ismét stratégiai helyszínné válik, sőt most válik csak azzá, hisz ennek előtte földi hadműveletek nem zajlottak itt. Miután azonban a kínai hadsereg hirtelen kivonul Vietnamból, alig telik el egy hónap – 1979. március vége, április eleje –, és a hanoi aerológiai állomás megkezdí a méréseket, melyeket ettől kezdve napjainkig rendszeresen végez. De vajon miért nem indulnak meg a mérések 1975 májusában, amit a Vietnami Demokratikus Köztársaság azóta is a nagy győzelem időpontjának tekint? Úgy látszik, megvárták még a kínaiakat.

A Koreai Köztársaság rádiószondázási trendjében 1988 lokális maximumként jelentkezik, amit indokol a szüli olimpia megnövekedett légi forgalmának biztosítása. A 2000-es évektől duplájára emelik a méréseket, valószínűleg északi szomszédjuk agresszív fegyverkezésének következtében.

A Koreai Népi Demokratikus Köztársaság első államelnökének, Kim Ir Szennek 1994-ben bekövetkező halála után napi négyről napi egyre esett vissza a szondázások száma. Napjainkra ez a nullához közelít, ami azt valószínűsíti, hogy nem tesznek eleget a mérési adatok kötelező ingyenes cseréjének, hiszen az elképzelhetetlen, hogy az intenzív nukleáris programjuk és rakétafejlesztésük idején ne szondáznának.

Az 5. ábrán Görögország mellett néhány közel- és közép-keleti állam szondázási trendjét tüntettük fel. A görögöknél jól kiemelkedik 2004, az athéni olimpia éve. Ezt követően pedig a folyamatos gazdasági nehézségek miatt napi 2–3 szondázást végeznek csak.

A világ legnagyobb kőolaj kitermelője és exportőre, az arab világ egyik módos állama, Szaúd-Arábia a 70-es években alig mért, majd 1980-tól mérési programjuk gyors fejlődésnek indult, s stabilizálódott az utolsó három évtizedben, azaz nyolc aerológiai állomásuk napi 1–2 felszállást végez. 2000 táján tapasztalható egy rövid idejű nagy visszaesés. Ennek lehetséges oka, hogy Abdullah ibn Abdul-Aziz – aki az 1995-ben agyvérzést kapott Fahd király helyett régensként uralkodott – csökkentette a kormányzati kiadásokat. A körülöttük zajló harci cselekmények azonban valószínűleg hamar kikényszerítették a korábbi, magasabb gyakoriságú szondázást. Háborúk idején hadászatiilag különösen fontos értékkel bírnak a magaslégköri adatok, ezért jellemzően az érintett országok végeznek ugyan méréseket, de azt nem továbbítják nemzetközi adatcserére, hiszen az ellenség is hozzájutna. Ez történt az iraki-iráni háború évei alatt 1980–88. között az iraki és iráni adatokkal, valamint az öböl-háború idején az iraki és a szíriai adatokkal. Izrael a négy évtized alatt elég stabilan folytatta a napi két felszállást, de az öböl-háború idején valószínűleg egyik felszállás adatait nem továbbították. Izrael tevételesen nem vett részt a harcokban, csak elszenvedője volt több Scud-rakéta támadásnak, amit a Szaddam-rezsim indított ellenük. Szíria 1996 után lényegében nem tesz közzé megfigyelési adatot, még a damaszkuszi méréseiket sem. Ez

már jelezte az országban lappangó problémákat, ami a 2011-ben kirobbant polgárháborúhoz vezetett.

Végül tekintsük át azokat az országokat is, ahol nem rádiószondáznak. Európában ilyenek elsősorban a törpeállamok: Andorra, San Marino, Vatikán, de nem rendelkezik bejelentett szondázó állomással Málta, Liechtenstein, Koszovó, Albánia és Luxemburg sem. Gibraltár 2013-ig napi két szondát bocsátott fel, azóta egyet sem. Lettország nemzeti meteorológiai szolgálata több éve csak saját bevételeire támaszkodhat, költségvetési pénzt nem kapnak. Ez a megszorítás látszik a szondázásuk leépítésében: fővárosuk, Riga 2004 óta nem szondázik, Kaunas 2011-ig naponta egyszer engedett fel szondát, 2015 óta szünetelteti.

A többi kontinensen csak az 500 000 km<sup>2</sup>-nél nagyobb területű nem-szondázó országokat kerestük. A legtöbb ilyen Afrikában található, ahol a gazdaság erőtlen, gyakori a belpolitikai zűrzavar, s így a meteorológiai mérőinfrastruktúra meglehetősen fejletlen: Kongói Demokratikus Köztársaság, Szudán, Dél-Szudán, Líbia, Angola, Etiópia, Tanzánia, Nigéria, Mozambik, Szomália. Ázsiában a nagyobb országok közül Jemen, Mianmar és Pakisztán nem szondáz, míg Dél-Amerikában Bolívia és Venezuela.

A legutóbbi években látható olyan tendencia, hogy a fejlett országok vagy olyan országok is, amelyek korábban dicséretesen szondáztak, több-kevesebb mértékben csökkentették mérési programjukat. Mivel a nemzetközi gazdasági krízis 2008-ban kezdődött, és a hullámvölgy után emelkedő menet tapasztalható az államok pénzügyi mozgásterében, így a visszaesés közvetlen pénzügyi okokkal nem indokolható e mérések tekintetében.

Felmerül a lehetősége, hogy elhúzódó kísérleti stádium után a WMO tagállamok egy részében számottevő szerepet kapnak a távérzékelési módszerek, mint a radiométer, windprofiler, radaros szélmérés vagy a távérzékelésnek nem számító AMDAR, mely a repülőgép által hordozott regisztrációs műszer terméke. Ezeket a mérési módszereket az EUMETNET már igyekszik összehangolni, s az eredményeket felhasználni az adatasszimilációban.

A rádiószondás mérések közvetlen érzékelésen alapulnak, kialakult, nemzetközi referenciával bíró eszközökkel végezzük őket, sok évtizedes múltra tekintenek vissza, tehát várható, hogy még hosszú ideig szolgálják a magaslégköri klímakutatást és az időjárás modellezést.

## Irodalom

Dubois, J., Multhauf, R. and Ziegler, C., 2002: The Invention and Development of the Radiosonde with a Catalog of Upper-Atmospheric Telemetry Probes in the National Museum of American History. *Smithsonian Institution Press*, Washington, D.C.

Zaitseva, I., 1993: Historical Developments in Radiosonde Systems in the Former Soviet Unions. *Bulletin of the American Met. Society* 74(10).

Mezősi, M., 2004: Rádiószonda történelem: 60 éve indult az első magyar szonda. *Léggör* 49(4), 28–30.