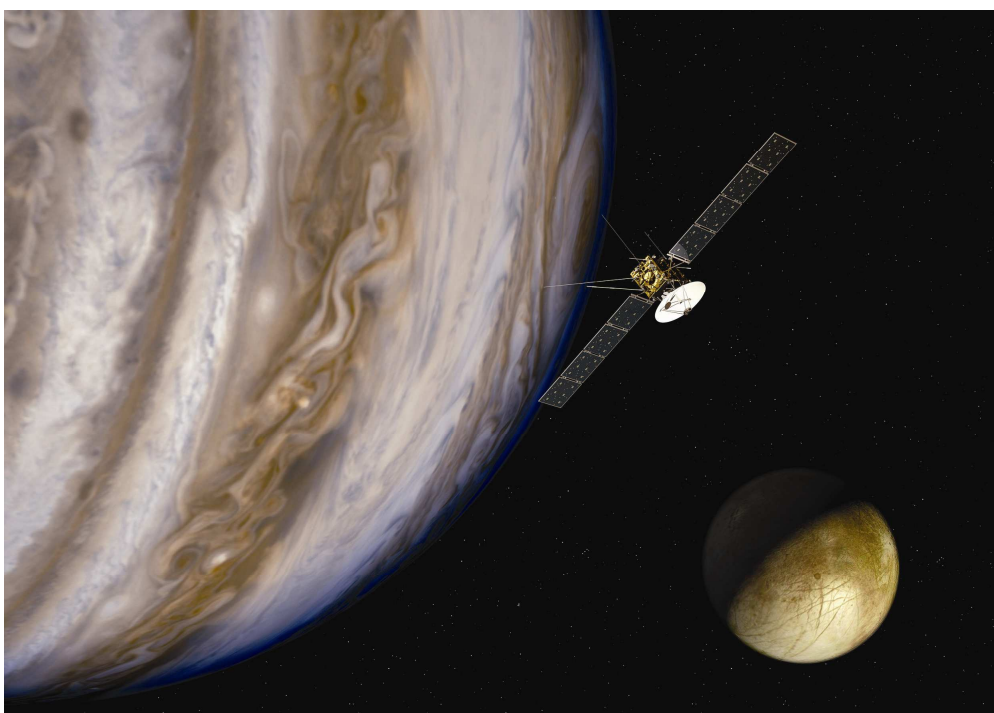


ŰRTAN ÉVKÖNYV 2013



Az Asztronautikai Tájékoztató 65. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



Kirándulás a penci Kozmikus Geodéziai Obszervatóriumban, 2013. március 23-án (Fotó: Both Előd)



Felfedezők Napja, Millenáris, 2013. május 11. (Fotó: Trupka Zoltán)

A címlapon: az Európai Űrügynökség (ESA) 2022-ben tervezi indítani a Jupiter és jeges holdjai, köztük a fantáziaképen is látható Europa tanulmányozására a JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer) űrszondát, amely 2030-ban ér majd az óriásbolygóhoz. A program előkészületei során 2013 elején kiválasztották azokat a tudományos műszereket, amelyek a fedélzetre kerülnek. Közülük kettőnek az elkészítésében magyar szakemberek is részt vesznek, ahogyan egy harmadik, műszerfejlesztést nem igénylő kísérletben is. (A témáról bővebben a 12. oldalon, februári összefoglalónkban írunk.) 2013 végén megkezdődtek a tárgyalások Magyarország teljes jogú ESA-tagságának feltételeiről. (Kép: ESA / AOES)



Űrtan évkönyv 2013

Az Asztronautikai Tájékoztató 65. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság

Megjelenik
a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap támogatásával,
az URKUT_10-1-2011-0037 projekt keretében

Szerkesztette: Dr. Frey Sándor

Tördelőszerkesztő: Trupka Zoltán

Kiadja:
a Magyar Asztronautikai Társaság
1044 Budapest, Ipari park u. 10.
www.mant.hu
Budapest, 2014

Felelős kiadó: Dr. Bacsárdi László főtktár

A nyomdai előkészítő munkálatokat az A-terv Informatikai Szolgáltató Kft.
végezte. Készült a Prime Print Kft. nyomdában.

HU ISSN 1788-7771

Készült 400 példányban

Előszó

A Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) idén is megjelenteti és át-nyújtja tagjainak az Űrtan Évkönyv új kötetét. Ez a hosszú múltra visszatekintő Asztronautikai Tájékoztató sorozatának immár 65. száma. A 2013-as év, amelynek összefoglalójára ez a kötet készült, különösen gazdag volt a MANT életében. Ez a tevékenységünkről szóló, a könyv végén olvasható rövid beszámolókból is jól kitűnik, de aki többre kíváncsi, visszatekinthet a 2013-as esztendőre negyedéves Körleveleink vagy internetes honlapunk hírei, beszámolóí olvasásával. Tagjaink lelkesedése mellett a sikerhez jelentősen hozzájárultak támogatóink. E kötet nyomdai munkáinak költségeit például a Kutatási és Technológiai Innovációs Alaptól kapott pályázati támogatásból tudtuk előteremteni. A projekt többek között hozzájárult 2013-as (és rövidesen a 2014-es) nyári Űrtáborunk megrendezéséhez, és lehetővé tette, hogy társadalmi szervezetünk ismét ügyvezetőt alkalmazzon. Munkájára a nagy szükség is volt, hiszen a megszorodó programok és rendezvények adminisztrációs és szervezési pluszfeladatokkal járnak.

Hálásak vagyunk még a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (NFM) támogatásáért. Ebből sikerült például felújítanunk szakmai kirándulásaink hagyományát. Ez tette továbbá lehetővé, hogy komoly munkával 2014 elejére elkészülhessen egy hiánypótló, és várhatóan széles érdeklődésre számot tartó kiadvány. A *Tudomány születik – Elek László beszélgetései a magyar űrkutatás megteremtőivel* című könyv a magyar űrtevékenység kezdeteit mutatja be, a „hőskor” meghatározó résztvevőinek személyes visszaemlékezései alapján.

2013-ban elindult a *Hétköznapi Tudomány projekt (TÁMOP-4.2.3-12/1/KONV-2012-0058)*, amelyben a MANT szakmai közreműködőként vesz részt. Ennek keretében októberben megszerveztük a nagyszabású Űrkutatás napját. Vidéki városokban további tematikus workshopokat tartottunk és tartunk 2014-ben is. Látványos, színes és színvonalas vándorkiállítást hoztunk létre A világűr emberközelben címmel, amellyel a rendezvények helyszínein széles körben tudjuk népszerűsíteni az űrtevékenység eredményeit.

Az idei évkönyvet is a világ űrtevékenységének összefoglalójával kezdjük. Ezek voltak azok az események, amelyek 2013-ra most visszatekintve – talán nem csak a szerkesztő szubjektív értéktétele szerint – a legfontosabbnak vagy legérdekesebbnek tűnnek. Utána a publikációs felhívásunkra beérkezett szakmai-ismeretterjesztő cikkek következnek, hazai szerzők tollából. A négy írás igen változatos, a meteorológiától kezdve a világűrjogon át az űrcsillagászatig olyan témákat tárgyal, melyek minden bizonnyal felkeltik olvasóink érdeklődését. Bízom benne, hogy az idei kiadványunknak is méltó helye lesz a polcokon, az Űrtan Évkönyv korábbi kötetei, no meg a vele egy időben megjelenő Tudomány születik könyv mellett.

Budapest, 2014. március

A szerkesztő

Válogatás az űrkutatás 2013-as eseményeiből

Összeállította: Dr. Frey Sándor

*Összeállításunkban elsősorban az Űrvilág
internetes hírportál (www.urvilag.hu) anyagaiból válogattunk.*

Az eredeti hírek, beszámolók, összefoglalók szerzői:

*Frey Sándor, Hirn Attila, Németh Péter, Pálfalvi József,
Szalai Sándor. A felhasznált illusztrációk többsége NASA és ESA
fotó vagy fantáziakép.*

2013. január

Európaiak az Orionban. Hivatalos formába öntötték az ESA és a NASA megállapodását, amelynek értelmében az európaiak szállítják az épülő amerikai Orion űrhajó egyik példányának kiszolgálóegységét. Az elképzelés az Európai Űrügynökség (ESA) 2012. novemberi miniszteri értekezletén vált komollyá. A januárban megkötött megállapodás egyelőre egy Orion űrhajóhoz való hozzájárulásról szól. Az EM-1 (Exploration Mission-1) jelű repülés 2017-ben várható, a jelenleg fejlesztés alatt álló amerikai SLS (Space Launch System) hordozórakéta bemutatkozásakor, természetesen még emberi utas nélkül. (Nem ez lesz a legelső Orion, az EFT-1 jelű tesztpéldány már 2014-ben Föld körüli pályára kellene álljon, egy Delta-4 rakétával.) Az EM-1 során az Orion űrhajó megkerüli a Holdat, majd 11 km/s sebességgel belépve a légkörbe, visszatér a Földre. Az európai gyártású műszaki kiszolgálómodul az ATV (Automated Transfer Vehicle) teherűrhajónál már a gyakorlatban bevált megoldásokon alapul. Ezekkel a teherszállításokkal járul hozzá 2008 óta az ESA a Nemzetközi Űrállomás (ISS) fenntartásához. Az ATV-k sorozata öt űrhajó után, 2014-ben befejeződik majd.

Az Orion űrhajó többi alapvető részegységének – például a személyzet elhelyezésére szolgáló modulnak, az egységeket összekapcsoló adaptereknek és a rakétahajtóműveknek – a kifejlesztése a NASA feladata marad. A kiszolgálómodul közvetlenül a személyzeti modul mögött kap helyet. Feladata az elektromos energiával, vízzel és levegővel való ellátás, a hőmérséklet-szabályozás, az űrhajó manőverezése. Egyelőre nem született döntés arról, hogy az ATV-n alapuló kiszolgálóegységeket későbbi Orion űrhajókban is használják-e, de az ESA minden bizonnyal a 2021-ben már űrhajósokkal startoló Orionhoz (EM-2) is szállít részegységeket. A folytatás az új típusú együttműködés sikerességén múlik.

Dél-koreai műholdindítás: harmadik próbálkozás. Január 30-án a Koreai Köztársaság területéről Föld körüli pályára állt a hazai készítésű STSAT-2C műhold. Most először sikerült üreszközt indíta-

ni az ázsiai országból. Előzőleg 2012. október 26-án, az addig rendben folyó előkészületek ellenére el kellett halasztani a startot, miután szivárgást észleltek a rakéta orosz gyártmányú első fokozatát üzemanyaggal feltöltő rendszerben. A Hrunyicsev vállalat által szállított RD-151 jelű rakétahajtómű kerozinnal és folyékony oxigénnel működik. A szivárgás a folyékony hélium betöltésekor lépett fel, egy rossz tömítőgyűrű miatt. A hélium szerepe a megfelelő nyomás biztosítása a hajtóműben. A hiba kiküszöbölése után, novemberben aztán újabb halasztás következett, megint csak műszaki okokból. (Időközben az észak-koreaiak felbocsátották első műholdjukat saját rakétájukkal... Ennek legfeljebb politikai jelentősége van, az országok fejlettségi szintje, s így az északi és a déli űrprogram össze sem hasonlítható.)



Ez volt 140 tonnás, 33 méter hosszú koreai KSLV-1 (más néven Naro-1) hordozórakéta harmadik startkísérlete, amelynek során egy kisméretű műholdat állítottak pályára. Korábban (2009-ben és 2010-ben) két ugyanilyen rakétának a startja más-más okokból sikertelenül végződött. A részben orosz, részben koreai, 2004 óta folyó KSLV program fejlesztési költsége 471 millió amerikai dollár. A koreai fél biztosítja a hordozórakéta szilárd hajtóanyagú második fokozatát és az orrküpot. A hasznos teher a koreai készítésű, kb. 100 kg tömegű STSAT-2C (Science and Technology Satellite-2C), amely az előző indítási próbálkozás alkalmával elveszett műhold időközben továbbfejlesztett változata. Feladata különböző tudományos és technológiai kísérletek végrehajtása alacsony (300 km és 1500 km között változó magasságú, 80°-os hajlásszögű) Föld körüli pályán. Tervezett működési élettartama 2 év. Hat tudományos berendezése közt találhatók lézer-retroreflektorok, amelyek lehetővé teszik az űreszköz pontos pályameghatározását a nemzetközi földi lézeres távmérő-állomás-hálózat segítségével. A Langmuir-szonda és a sugárzásmérő a Föld plazmakörnyezetét tanulmányozza. Három technológiai kísérlettel giroszkópokat, infravörös érzékelőt, femtoszekundumos lézer-oszcillátort próbálnak ki űrbeli működés közben. A mostani starttal a Koreai Köztársaság most már valóban belépett az „igazi” űrnemzetek közé, amelyek saját rakétával el tudták érni a Föld körüli pályát.

TDRS-K. Egy Atlas-5 rakétával pályára állt a NASA új generációs távközlési műholdja. Az amerikai TDRS (Tracking and Data Relay Satellite) rendszer tagjai geostacionárius magasságban, az Egyenlítő fölött 36 ezer km-re keringenek a Föld körül, egy napos keringési

idővel. Így a felszínről nézve állni látszanak az égbolton. Ez távközlési szempontból ideális, mivel a földi antennákat nem kell mozgatni. Nem úgy, mint például a Nemzetközi Űrállomás, a Hubble-űrteleszkóp, egy földmegfigyelő műhold, vagy bármilyen más, alacsonyabb pályás űreszköz közvetlen követése esetén. Ezek gyorsan mozognak, így hamar ki is kerülnek egy-egy állomás látómezejéből. A folyamatos adatkapcsolat érdekében tehát sok, földrajzi értelemben jól elosztott követőállomásra, ezek váltakozó használatára volna szükség. Egy másik lehetőség a magasabban, geostacionárius pályán levő műholdak hálózatának kiépítése a Föld körül, különböző hosszúsági köröknél. Ezek közvetítésével kényelmesen, kevesebb földi állomás bevonásával is megoldható a kommunikáció. A megfelelően elhelyezett TDRS holdak valamelyike mindig készen áll az adatok le- és felsugárzására.

A rendszer kiépítése 1983-ban kezdődött, az űrrepülőgépes program igényei adták meg hozzá a végső lökést. Mostanra a harmadik műhold-generációig jutottak. Ebből az első darab, a TDRS-K jelzésű hold a floridai Cape Canaveral 41-es indítóállásáról startolt egy Atlas-5 hordozórakéta orrkúpja alatt, magyar idő szerint január 31-én. A legmodernebb, a Boeing által gyártott TDRS holdak közül még kettőt állítanak pályára az elkövetkező két évben, az L és M jelűeket. Ezekkel együtt a rendszer sokáig működőképes maradhat, kiszolgálva az emberes űrprogramot, kapcsolatot tartva a földmegfigyelő és tudományos műholdakkal, valamint az amerikai hordozórakétákkal azok emelkedési fázisában.

A TDRS holdak első generációját 1983-tól 1995-ig az űrrepülőgépek rakterében vitték fel és állították önálló pályára. (Mindjárt a második műhold, a B jelű megsemmisült a Challenger 1986-os balesete során.) Következő három, második generációs űreszköz (H, I és J) Atlas-2a rakétákkal startolt. A legutolsó, a TDRS-J már meglehetősen régen, több mint egy évtizeddel ezelőtt, 2002 decemberében. Bármennyire tartósnak bizonyultak is a régi TDRS holdak, e kritikus fontosságú űrbeli rendszer biztonságos fenntartása érdekében megérett már az idő a frissítésre.

2013. február

Az első mintavevő fúrás a Marson. Átmérője 1,6 cm, mélysége 6,4 cm – ebből a lyukból származik az első kőzetminta, amit valaha egy marsi szikla mélyebb rétegeiből vettek. Hosszú, elővigyázatos készülődés után a NASA tavaly augusztusban a vörös bolygóra érkezett önjáró laboratóriuma, a Curiosity most végre próbára tette a robotkarjának végén található fúróberendezést is. A fúrásra kijelölt hely egy lapos, vízszintes, repedezett szikladarab volt, egy finom szemcsés, üledékes eredetű kőzetben. A szikla a John Klein nevet

kapta, a Curiosity 2011-ben elhunyt néhai helyettes projektvezetője tiszteletére. A kutatók azt remélik, hogy a kőzet anyaga bizonyítékkal szolgál majd annak vízzel kapcsolatos eredetéhez, amire külső jelek is utalnak.

A sikeres műveletet a NASA szakemberei a Curiosity sima leszállása óta eltelt időszak legösszetettebb feladatának nevezték. A fúrással felszínre került anyagot az elkövetkező napokban a rover fedélzeti laboratóriumába juttatják, részletes elemzésre. A minta mennyisége elegendő ahhoz is, hogy egy részével mintegy áttisztítsák a berendezéseket, hogy az esetleg ott maradt földi eredetű szennyeződések eltűnjenek. A fúró működésére okkal lehetnek büszkék, megépítése igen összetett műszakai feladat volt. A földi előkészületek során összesen nyolc fúróberendezést készítettek. Kísérletképpen 1200-nál is több lyukat fúrtak húsz különböző típusú földi kőzetbe, hogy lehetőleg bármire felkészüljenek, ami a Marson várhatja az eszközt.



A márciusra elkészült elemzés nyomán a kőzetfúrásból származó porszerű anyagban olyan ásványi összetevőket (kén, nitrogént, hidrogént, oxigént, foszfort és szén tartalmazó vegyületeket) találtak, amelyek kémiai átalakulásai a földihez hasonlóan működő baktériumok számára energiaforrásként jöhetnek szóba a Mars valaha volt vizes környezetében. A víz egykori jelenlétére korábban már számos megfigyelési bizonyíték adódott, Curiosity pedig a Gale-kráter olyan részén tartózkodik, ahol egykor vízfolyás vagy hosszú ideig fennmaradt állóvíz lehetett. Ez a víz ráadásul a jelek szerint semleges kémhatású volt. A korszak, amiről a kutatók beszélnek, mintegy 3 milli-

árd évvel ezelőtti. Nagyjából ekkorról származnak a bakteriális élet első megmaradt jelei a saját bolygónkon is. Miután a marsi életre alkalmas környezet a Curiosity vizsgálatának helyszínén gyakorlatilag bizonyítottan tekinthető, a további kutatásokban még nagyobb hangsúlyt fektetnek majd az élő szervezetekben is előfordulhatott szén kimutatására.

Pályán a nyolcadik Landsat. A bő négy évtizedes múltra visszatekintő, rendkívül sikeres amerikai földmegfigyelő sorozat legújabb, az eddigieknél még többre képes műholdja egy Atlas-5 rakétával indult a kaliforniai Vandenberg Légitámaszpontból, február 11-én. A hivatalos nevén Landsat Data Continuity Mission (LDCM) a még 1972-ben kezdett műholdsorozat legújabb és legmodernebb tagja. Amint a neve is mutatja, feladata a Föld felszínéről globális méretekben végzett páratlan méréssorozat folytatásának biztosítása az elkövetkező években. Tervezett minimális élettartama 5 év. A Landsat DCM műhold pályára állva a 8-as sorszámot kapja, miután működőképesen átadják majd irányítását az Egyesült Államok Geológiai Szolgálatának (USGS).



A Landsat műholdfelvételek számtalan alkalmazása között szerepel a növényborítottság, a trópusi esőerdők változásának megfigyelése, a városiasodás folyamatának követése, természeti katasztrófák következményeinek felmérése és a kárelhárítás segítése, a gleccsek visszahúzódásával, az édesvizekkel, a mezőgazdasággal kapcsolatos megfigyelések végzése. A műholdrendszer jelenleg csak a lecsökkent képességű Landsat-7-re támaszkodik. A múlt hónapban kellett kivonni az aktív használatból a már közel 28 éve (!) dolgozó Landsat-5-öt. (A Landsat-6 1993-ban a start során megsemmisült.)

A távérzékelési adatokat felhasználó szakemberek által már nagyon várt új Landsat-8 több képet (naponta 250 helyett akár 400-at) és jobb minőségű adatokat szolgáltat majd, mint bármelyik elődje.

A Landsat-8 műhold 705 km magas poláris pályán kering. Az egész földfelszínt 16 naponként tudják majd vele újra és újra felmérni. Az új Landsat felvételek kompatibilitása megmarad a régiekkel, ami alkalmassá teszi a már most is páratlanul hosszú időszakot felölelő egységes adatbázist a Föld felszínén történő változások elemzésére. A Landsat-8 két, más-más hullámhossz-tartományokban érzékeny fedélzeti műszere – Operational Land Imager (OLI) és Thermal Infrared Sensor (TIRS) – azonban műszaki újításokkal készült, amik sokkal nagyobb érzékenységgű méréseket tesznek lehetővé.

2008-tól megváltozott a Landsat adatokhoz való hozzáférés módja: akkortól a felvételek szabadon beszerezhetővé váltak az Interneten. Míg korábban a fizető megrendelők évi 15 ezer felvételt tölthettek le, az a szám az ingyenesség miatt közel 3 millióra növekedett! A kormányzati szervek, egyetemek, tudományos kutatóintézetek, magánvállalkozások tehát világszerte több hasznos földmegfigyelési információhoz jutnak, ami a remények szerint hozzájárul a bolygónk természeti erőforrásaival való jobb gazdálkodáshoz is.

Progressz M-18M dokkolás, magyar műszerekkel. Február 11-én, a start után alig 6 órával megérkezett a Nemzetközi Űrállomásra (ISS) az orosz Progressz M-18M (50P) teherűrhajó, rajta magyar fejlesztésű berendezésekkel. A megszokott hasznos teher – élelmiszer, víz, oxigén, levegő, üzemanyag, tartalék alkatrészek, személyes használati tárgyak, kísérleti berendezések – részeként repültek az Obsztanovka kísérlethez (az orosz szó jelentése: környezet) szükséges új műszerek is. Az orosz vezetéssel, hét ország együttműködésével folyó kutatóprogramban Magyarországról egy egyetem (az ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék Űrkutató Csoportja), egy akadémiai kutatóközpont (MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, korábban KFKI RMKI) és két űripari kisvállalkozás (BL-Electronics Kft. és az SGF Kft.) vesz részt. A mérések célja a Föld kozmikus elektromágneses környezetének és az űridőjárásnak a vizsgálata. A kutatók arra kíváncsiak, milyen jelenségeket vált ki a Föld magnetoszférájában nagy sebességgel száguldó, közel 500 tonnás fémtest, az űrállomás. Az érzékelőket hamarosan az űrállomás külső részén helyezik el az ISS űrsétát végrehajtó űrhajósai.

Egy éves és jól van! Tavaly február 13-án állt pályára Magyarorszáг első műholdja, a Masat-1, amely azóta is kifogástalanul üzemel. A születésnapot jó hangulatban ünnepelték a Műegyetemen. Az eseménysorozat egy sajtótájékoztatóval kezdődött a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Villamosmérnöki és

Informatikai Karán (VIK). Ezen elhangzott, hogy az egyetemen fejlesztett kisműhold az üzemelés eddigi egy éve alatt a kategóriájában szinte minden rekordot megdöntött. A Masat-1 alkotóközössége 2012-ben több más elismerés mellett elnyerte a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala által adományozott Millennium-díjat és a főváros Pro Urbe díját. A Magyar Posta emlékbélyeget, a Magyar Nemzeti Bank pedig emlékérmét bocsátott ki a fejlesztés elismeréseként. A Masat-1 röviddel a pályára állása után, 2012. február 16-án már megkapta az M0-72 nevet és besorolást, azaz a 72. üzembe lépett műhold a rádióamatőr műholdak között a világon. A kisműhold 2012. március 8-án készítette el első fényképfelvételeit az úrból. A mostani születésnap alkalmából különleges térhatású, valamint mozaikfelvételt is közzétettek.

A 10 cm élhosszúságú, kocka alakú, 1 kg alatti össztömegű Masat-1 a CubeSat szabvány szerint készült, mintegy 5 éves fejlesztés eredményeként a BME VIK két tanszéke, az Elektronikus Eszközök Tanszéke és a Szelessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék hallgatói, doktoranduszai, oktatói együttműködésében, a Magyar Űrkutatási Iroda, illetve támogatók bevonásával. A fejlesztők, a több mint 50 hazai és egy tucatnyi külföldi cég páratlan összefogása és szponzorációja tette lehetővé az első magyar műhold megszületését. A születésnapi rendezvényen a Masat-1 alkotói visszatekintettek a start óta eltelt sikeres évre, és beszámoltak terveikről is.

A 2012. február 13-ai felbocsátás után mintegy két órával a Masat-1 önálló pályára állt, és adása nem sokkal később már hazánkban is vehető volt a 70 cm-es rádióamatőr sávban. Azóta is folyamatosan küldi az adatcsomagokat, melyek – a pikoműholdak között egyedülállóan – 198 telemetria csatornán folyamatosan mért fizikai mennyiségek értékét tartalmazzák. Ezen felül közel 100 különböző belső változó külön parancsokkal lekérdezhető. Ezek az adatok többek között a műhold belső elektronikus működéséről, mozgásállapotáról, a napsugárzásról, az akkumulátor töltöttségéről, hőmérsékleti értékekről tájékoztatnak. A telemetria adatok skálázható felbontással és mintavételi idővel gyűjthetőek és tárolhatóak, majd leolthatók. Így nagyon hasznos információkat szolgáltatnak a műhold fedélzeti berendezéseinek ürkörülmények közötti működéséről, a lejátszódó termikus folyamatokról. Ezzel segítenek a földi körülmények között elvégzett szimulációk és tesztek igazolásában, így például a következő űreszköz tervezését segítik elő.

A kezdetben 300 km-es földközeli és 1450 km-es földtávoli ponttal rendelkező elliptikus pályán keringő űreszköz az elmúlt egy év alatt több mint ötezerszer kerülte meg a Földet, a Nap-Föld távolság négyszeresének megfelelő utat tett meg. Ezalatt a vártak megfelelően a pályája is módosult: földtávoli pontja 200 km-rel közelebb ke-

rült a Földhöz. A számítások szerint akár még további két ilyen születésnapot megérhet és küldheti az adatokat, mielőtt túl alacsonyra jutva megsemmisülne a sűrű légkörben. Az aktív működés időtartama a fejlesztők által becsült 3 hónapos minimum élettartamot már most jóval meghaladja. A pályára állítás 1 éves évfordulóján a Masat-1 minden redundáns alrendszerében még az elsődleges áramkör dolgozik. Minden a vártak megfelelően működik, mind a hőmérsékleti, mind az elektromos paraméterek a normál működési tartományban vannak. Így nagy az esély a további hosszú távú kifogástalan működésre.

A Masat-1-et a Műegyetemen lévő elsődleges, valamint az Érden található másodlagos földi állomásról vezérlik, valamint a műhold követésében és az adatcsomagok vételében a világ több mint 170 hazai és külföldi rádióamatőr állomása is nagy segítséget nyújt, amelyek a világhálón küldik át az adatcsomagokat a budapesti központba. A műhold egy éves üzemeltetése alatt beérkező adatcsomagok száma meghaladja az ötmilliót, melyek mintegy 300 MB-nyi adatnak felelnek meg. Ezeknek közel fele érkezett az elsődleges és a másodlagos földi állomásokra, a fennmaradó csomagokat a világ rádióamatőrei szolgáltatták, nagymértékben hozzájárulva ezzel a lehozott hasznos információkhoz.

A Masat-1 által küldött lejövő adatcsomagok sebessége (bps, másodpercenként leküldött bitek száma) vezérlőparancsra vált át 625 bps-ről 1250 bps-re. Ez abban segíti a kutatókat, hogy adott idő alatt nagyobb mennyiségű adatot legyenek képesek rögzíteni, így növelve a mérési adatgyűjtés és a fényképkészítés hatékonyságát. Nagyobb adatsebesség használatával egy úrfelvétel akár egy áthaladás alatt is beérkezhet. A műhold fedélzetén az egyetlen nem redundáns, azaz tartalék áramkörrel nem rendelkező részegység a félaktív mágneses stabilizáló rendszer. Ennek tesztelése fontos részét tette ki az üzemeltetésnek az elmúlt egy évben. Az állandó mágnesekből és megfelelően kiképzett mágneses hiszterézises anyagokból álló passzív és a két elektromágnesből álló aktív stabilizáló rendszer, valamint a kapcsolódó szenzorok együttes feladata a pikoműhold keringés közbeni mozgásállapotának vizsgálata és adott esetben annak megváltoztatása. A kapcsolódó szenzorok és az adatfeldolgozás, kiértékelés kiválóan működik, ennek segítségével a szenzorok újraprogramozására is lehetőség nyílt.

A műholdon helyet kapott egy 640×480 képpont felbontású kamera is, mellyel a műhold 2012. március 8-án készítette az első felvételeket. A Masat-1 kategóriájában páratlan szépségű úrfelvételeket küld Földünkről, eddig több mint 150 felvételt készített. A mágneses stabilizáló rendszer passzív része a várakozásoknak megfelelően beállította a Masat-1-et a megfelelő orientációba, így az a Föld

déli féltekéjéről képes űrfelvételeket készíteni. Ehhez az üzemeltetők az exponálás időpontját az elsődleges és a másodlagos vezérloálmások egyikéről küldik fel a műholdnak.

A Masat–1 hazai és nemzetközi sikerein felbuzdulva az elmúlt fél évben megkezdődött a Műgyetem és az ipari partnerek együttműködésében a lehetséges folytatási alternatívák feltárása. A jelenleg lehetséges források felkutatását követően – mind ipari, mind kutatási vonalon – jelenleg a kapcsolódó pályázatok elbírálását várják, amelyek szponzori támogatással kiegészítve lehetőséget biztosíthatnak arra, hogy Magyarország kisműholdas küldetései a jelentős tudományos lehetőségek mellett, továbbá a nemzetközi együttműködésekkel kiegészülve egy fenntartható és a nemzetgazdasághoz pozitívan hozzájáruló folyamattá válhassanak.

JUICE: műszerek magyar részvétellel. Az ESA első nagy bolygóközi szondája fedélzeti műszerei között magyar fejlesztésűek is lesznek. 2013. február 21-én az ESA tudományos programbizottsága döntött a 2022-ben a Jupiterhez induló JUICE (JUperiter ICy moons Explorer) szondájára kerülő műszerek kiválasztásáról. A Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Wigner Fizikai Kutatóközpontjának Részecske- és Magfizikai Intézete (RMI) két műszer pályázatának az elkészítésében vett részt. A döntés értelmében mindkettő a szondára kerül. Az európai űrkutató intézetek és egyetemek nagy megmérettetése volt ez a kiválasztás, hiszen bolygóközi missziókra egyre ritkábban kerül sor. Tíz műszeregyüttes fog nyolc évig repülni, amíg eljut a Jupiter környezetébe. Ott a tervek szerint legalább három éven át fogja a Jupitert és holdjait kutatni. (A tizenegyedik kiválasztott kísérlethez nem készül külön fedélzeti berendezés. Abban a szonda rádióadójának jelei alapján, földi rádiótávcsövek globális hálózatával fogják a JUICE pontos helyzetét meghatározni, részben szintén magyar közreműködéssel.) A műszerek fejlesztésében Ausztria, Belgium, Csehország, Finnország, Franciaország, Hollandia, Írország, Olaszország, Lengyelország, Magyarország, Spanyolország, Svájc, Svédország, az Egyesült Királyság, valamint az Amerikai Egyesült Államok és Japán kutatói vesznek részt.

A Jupiter és holdjai hasonlítanak egy kis Naprendszerhez. Ez a program közvetve lehetőséget ad a kutatóknak, hogy tanulmányozzák, mélyebben megismerjék a más csillagok körül kialakuló bolygórendszereket, az esetleges élet feltételeinek kialakulását. Magyarországról a Wigner RMI mellett az SGF Kft. mérnökei is részt vesznek a műszerek építésében, ahol már 15 éve járulnak hozzá műszerfejlesztésekkel különböző űrkutatói programokhoz. Az egyik kiválasztott berendezés a Jupiter rendszerének plazmakörnyezetét fogja vizsgálni, azaz a bolygó és holdjainak mágneses tere, valamint a kozmikus sugárzás és a napszél kölcsönhatását. A másik műszer

egy magnetométer, amely a Jupiter és nagyszámú (jelenleg 64 ismert) holdjának mágneses terét kutatja. Mint ismeretes, a földi élet kialakulásának és létezésének egyik elengedhetetlen feltétele a Föld mágnessége. Az ártalmas kozmikus és napsugárzástól a magnetoszféra védi az életet.

2013. március

Dragon CRS-2. Március 1-jén sikeresen útjára indult a második menetrendszerű Dragon teherűrhajó a Nemzetközi Űrállomáshoz. A rakétáról való leválás után aztán gond akadt az Dragon hajtóművével. Maga a start zökkenőmentesre sikerült, a Falcon-9 hordozórakéta rendben tette a dolgát. A start után nem sokkal a Dragon manőverező hajtóművei nem az előírásoknak megfelelően működtek. A Draco hajtóműfűvókák négy különálló tokban helyezkednek el. Két ilyen csoportban öt-öt, a másik kettőben négy-négy fűvóka található. Ezekkel tudják az űreszköz mozgását irányítani és térbeli helyzetét szabályozni a Föld körüli pályán. Az űrállomás megközelítéséhez legalább három ilyen hajtóműcsoportnak működnie kellene. Egyelőre csak egy működik. Mindenesetre a napelemtáblákat, ha késve is, de kinyitották.

A Dragon teherűrhajó, és az indítására hivatott Falcon-9 rakéta az első űrhajó és hordozórakéta, melyek a huszonegyedik században készültek el. Mivel a SpaceX mind a műholdindítások, mind az emberes űrtevékenység (az űrhajózás) területén rendkívül ambiciózus és előremutató elképzelésekkel rendelkezik, az űrhajó és hordozórakétája is jelentős továbbfejlesztés elé néz már a közeljövőben. Ez a start volt az utolsó alkalom, amikor a Falcon-9 v1.0 jelzésű rakéta repült. A következő indítástól áttérnek a v1.1 jelzésű változat használatára, amely nagyobb hosszal, ezáltal nagyobb üzemanyagbefogadó képességgel rendelkezik majd, illetve erősebb Merlin-1D jelű hajtóművekkel lesz felszerelve. Összességében majdnem 3 tonnával emeli meg a rakéta alacsony Föld körüli pályára érvényes teljesítményét ez a sor újítás. Már fejlesztés alatt áll a DragonRider űrhajó, ami a Dragon személyszállításra továbbfejlesztett változata lesz. A Nemzetközi Űrállomásra irányuló utasforgalom mellett az alacsony Föld körüli pályán túlra is szándékoznak embereket küldeni a DragonRiderrel. További futó projekt a SpaceX háza táján a Falcon Heavy, a Falcon-9 v1.1 rakéta „nehézsúlyú” változatának kifejlesztése. Egy másik lényeges program a Grasshopper technológiai demonstrátor tesztelése, amellyel az első rakétafokozatok teljes újrafelhasználhatóságának mikéntjét szándékoznak kifejleszteni.

Az eredeti tervhez képest több mint egy nap késéssel, március 3-án rendben megérkezett a Dragon űrhajó a nemzetközi űrbázishoz. A CRS-2 jelű repülés március 26-án ért véget a Csendes-óceán

észak-amerikai partjai közelében, Los Angelesből délnyugatra, ahová a Dragon kapszulája – hővédő pajzsos, majd ejtőernyős fékezést követően – szállt.

Miskolcra az űrbe. Az Adma-tis Kft. elkészítette az ESA Sentinel-2 földmegfigyelő programjához a nála megrendelt műholdalkatrészeket. A Sentinel-2 két, azonos felszereltségű optikai távérzékelő műhold, az Európai Unió és az Európai Űrügynökség (ESA) közös GMES (Global Monitoring for Environment and Security) programjának keretében készülnek. Az építésre fővállalkozóként az EADS Astrium űripari vállalatcsoport kapott megbízást. A magyar űripar jelentős sikere volt, amikor 2009-ben bejelentették: a miskolci Admatis Kft. beszállítóként számos alkatrész elkészítésére kapott megrendelést. Mostanra elkészültek a munkával, egy sor hazai kisvállalkozás bevonásával. A részegységek hamarosan Toulouse-ba kerülnek, ahol felhasználásukkal megkezdik az első műhold megépítését. A Sentinel-2 műholdpár első tagja 2014-ben, a második várhatóan 2016-ban áll 800 km magas poláris napszinkron pályára. A történeteknek az ad külön jelentőséget, hogy térségünkben, és az ESA tagországain kívülről is ez volt az egyetlen cég, amelynek sikerült elnyernie a lehetőséget a Sentinel-2 megépítésében való részvételre.



Az ősrobbanás nyoma, nagy felbontással. Megszülettek a mikrohullámú háttérsugárzás vizsgálatára készült európai űrszonda, a Planck első kozmológiai eredményei. A közzétett adatok a 2009 májusában indított, a Nap-Föld rendszer külső Lagrange-pontja környékén (a Földtől mintegy másfél millió km-re) működő űreszköz el-

só 15,5 hónapjának méréseiből származnak. A Planck-űrtávcső minden eddiginél nagyobb szögfelbontással és érzékenységgel, 30 GHz-től 857 GHz-ig kilenc különböző frekvenciasávban térképezte fel a teljes égboltot. A célja az ősrobbanás utáni forró világegyetem maradványsugárzásának vizsgálata, amiből az univerzum keletkezésére vonatkozó kozmológiai modell paramétereinek finomítását, a modell ellenőrzését remélték.

A háttérsugárzás az ősrobbanást követő kb. 380 ezer éves időszakból származik. Ekkorra hűlt le annyira (kb. 2700 fokra) a táguló világegyetem anyaga, hogy a protonokból és elektronokból kialakulhattak a kötött hidrogén atomok, az anyag átlátszóvá vált a saját elektromágneses sugárzása számára. Valójában ez a legelső fény, ami egyáltalán hírt adhat számunkra a világegyetem kezdetéről. Az azóta az univerzumot kitöltő elektromágneses sugárzás hullámhossza – mint minden távolság a táguló világban – megnövekedett, így az intenzitás-eloszlásának csúcsa mostanra a mikrohullámok tartományába került. A kozmikus mikrohullámú háttérsugárzást (cosmic microwave background, CMB) még 1964-ben fedezte fel Arno Penzias és Robert Wilson, amiért később fizikai Nobel-díjat kaptak. Ugyancsak Nobel-díjat értek a programvezető John Mather és George Smoot számára az 1989-ben startolt amerikai COBE (COsmic Background Explorer) műhold eredményei. Kimutatták a háttérsugárzás feketetest-jellegét (2,7 K-es hőmérsékletnek megfelelően), és rávilágítottak, hogy az irány szerinti eloszlásában igen apró eltérések, egyenetlenségek vannak. Erre számítottak is, hiszen ezek az akkori anyag csomósodásainak felelnek meg, s ezek nélkül nem lehet magyarázni a későbbi galaxishalmazok, galaxisok kialakulását.

A továbblépést a NASA 2001-ben indított WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) szondája jelentette. Sikerként finomítani a COBE eredményeit, és belépni a „precíziós kozmológia” korába, amikor a világegyetemet leíró modell paramétereire már nagy pontossággal adható becslés. A Planck ezt az utat folytatja, még tovább javítva a pontosságot. Mostani eredményei közül kiemelendő, hogy a nagy szögfelbontás mellett megfigyelhető fluktuációk kitűnően illeszkednek az eddigi képbe. Ugyanakkor a nagy érzékenységnek köszönhetően felbukkantak olyan dolgok is, amiknek az elméleti magyarázata még várat magára.

Ha precíziós kozmológia, akkor álljanak itt a legújabb számok, amiket a kutatók a Planck új adatai alapján határoztak meg. Ezek némileg finomítják a WMAP eredményeit, az egyre szűkülő hibahatárokon belül. Eszerint a világegyetem tágulásának üteme egy picivel lassúbb, mint ahogy eddig gondoltuk. Az ezt leíró Hubble-állandó értéke $67,3 \pm 1,2$ km/s/Mpc. A megváltozott érték hatással van

az univerzum korának becslésére is, ami minimális mértékben, de az eddig gondoltnál nagyobbak adódik: 13,82 milliárd év. Egy lehetnyivel kevésbé dominánsnak tűnik az ún. sötét energia, ami a gyorsuló tágulásért felelős.

A Planck-űrszonda még 2013. október elejéig működött, de méréseket már csak a három legalacsonyabb frekvenciasávban végzett (a többihez szükséges hűtőanyaga már kifogyott). Közben tovább folyik a gyűjtött adatok feldolgozása, a következő eredmények egy év múlva várhatók. Ekkorra kiderül a háttérsugárzás polarizációjának mintázata is, amit az elméleti szakemberek türelmetlenül várnak, hiszen segítségével bizonyos, a korai univerzumra vonatkozó modellek kizárhatók vagy megerősíthetők lehetnek. Már augusztusban megkezdték a Planck pályájának átalakítását úgy, hogy eltávolodjon az L2 pont értékes megfigyelőhelynek számító környezetéből, és olyan Nap körüli pályára álljon, ahol nem zavarja majd a következő űrtávcső-generációkat.



A TriTel a Nemzetközi Űrállomás
Zvezda moduljában
(Kép: Enyergija / Roszkoszmosz /
IMBP)

Újabb TRITEL dózismérő rendszer indult a Nemzetközi Űrállomásra.

A Szojuz TMA-08M űrhajó március 28-ai startját magyar vonatkozása miatt is izgalommal vártuk. Az MTA Energiatudományi Kutatóközpontban a BL-Electronics Kft-vel együttműködésben fejlesztett TRITEL-SURE dózismérő rendszer 2012. október 31-én és december 19-én két részletben jutott a Nemzetközi Űrállomás (ISS) európai Columbus moduljába. Előbb a háromtengelyű szilícium detektoros teleszkópot, a TRITEL műszert vitték fel a Progressz M-17M teherűrhajóval, majd ezt követte a passzív detektorokat tartalmazó kísérleti összeállítás feljuttatása a Szojuz TMA-07M személyszállító űrhajó segítségével. A TRITEL 2012. november 6-i bekapcsolása óta 2012. november 9-én és 2013. március 16-án már egy-egy sikeres adatletöltésre is sor került.

A Columbus modulon jelenleg is méréseket végző dózismérő rendszer egy továbbfejlesztett változatát (TRITEL-RS) viszi fel a Szojuz TMA-08M űrhajó az ISS Zvezda moduljára. A TRITEL-RS műszer központi egysége grafikus kijelzőjének köszönhetően – a

TRITEL-SURE műszerétől eltérően – már az előzetesen feldolgozott adatok fedélzetén történő megjelenítésére is alkalmas. Az egység érintőképernyőjén az űrhajósok a mért dózisokat táblázatos és grafikus formában is megtekinthetik, valamint a program segítségével a műszer állapotát leíró változók értékeit – úgy mint hőmérséklet, feszültség és áramfelvétel értékek – is ellenőrizhetik. A tervek szerint az űrhajósok havi rendszerességgel leolvassák és feljegyzik a rendszer által jelzett napi dózisokat. Az összes mérési adat lehozatalára a légénységváltások alkalmával nyílik lehetőség.

2013. április

Antares: sikeres első indulás. Az Orbital Sciences Corporation amerikai űrhajózási magáncég legújabb űdvöskéje sikeresen elvégezte a szűzfelszállását. A korábban Taurus-2 kódnév alatt futó hordozórakéta indítására április 21-én került sor a virginiai Wallopszigeten található starthelyről. Felszállás után az első, majd a második rakétafokozat is rendben tette a dolgát. A hordozórakétán nem foglalt helyet komolyabb (tömegű) hasznos teher: a jelenlegi tervek szerint a nyáron debütáló Cygnus teherűrhajó helyét egy tömegszimulátor foglalta el. Emellett négy miniatűr műhold állt Föld körüli pályára, köztük a NASA három kísérleti, okostelefonos technológiát felhasználó űreszköze (PhoneSat-v1a, -v1b és -v2a).

Az első rakétalépcső kerozin tüzelőanyagot és folyékony oxigén oxidálószerrel használ. Magánál a rakétafokozat testénél ukrán beszállítók is bedolgoznak a vállalkozásba, az Orbital viszonylagos tapasztalatlansága miatt. A fokozat meghajtásáról a szovjet Holdprogram idején készült, vagyis több mint negyven éves (!) NK-33 jelű rakétahajtóművek gondoskodnak, egészen pontosan két darab. Az Aerojet felügyelete alatt „leporolt” rakétahajtóművek AJ-26 néven lettek beépítve a rakétába. A második rakétalépcső szilárd tüzelőanyagot használ, az ATK gyártja Castor-30A kódnév alatt. A hordozórakéta fejlesztési programját a NASA finanszírozza a COTS (Commercial Orbital Transportation Services) program keretében.

Állatkert az űrben. Sok ember vágya, hogy egy hónapot töltsön a világűrben. Az orosz BION-M1 műhold fedélzetén ez most egy seregnyi kis állatnak sikerül. Hat év szünet után az Orosz Szövetségi Űrügynökség (Roszkoszmosz) újraindította a biológiai kutatásokat az űrben, nemzetközi részvétellel, a Nemzetközi Űrállomástól eltérő pályán, a hosszú távú és bolygóközi emberes űrutazás támogatására. Ebben különféle magasabb és alacsonyabb rendű biológiai minták viselkedését, szaporodását tanulmányozzák súlytalanságban és a Föld mágneses tere által már kevésbé védett kozmikus sugárzási térben.

A kazahsztáni Bajkonurból április 19-én startolt az a Szojuz hordozórakéta, amely a BION-M1 kapszulát állította Föld körüli pályára. Fedélzetén egereket, gekkókat, csigákat, halakat, valamint növényeket és mikroorganizmusokat juttattak a világűrbe, hogy május 18-ra tervezett visszatérésük után megvizsgálhassák, szervezetük hogyan reagált a hosszú távú űrrepülésre: a súlytalanságra és a megnövekedett sugárterhelésre. Az állatok táplálásának megoldásával bíznak benne, hogy a „szerencsés” kísérleti alanyok átvészelik a különleges utazást. Az összesen 45 „űrhajós egér” például hármással lakik egy-egy ketrecben. Napjában hatszor jutnak pasztaszerű, vitaminokkal dúsított, magvakat és vizet tartalmazó táplálékukhoz.

A közel 7 tonnás BION-M1 a felemelkedés után 9 perccel már önálló pályára állt. Keringési magassága 575 km. A pálya síkja a földi Egyenlítő síkjával $64,9^\circ$ -os szöget zár be. Ilyen pályaadatokkal és időtartammal még soha nem indítottak biológiai műholdat. Az első tisztán orosz BION nevű kísérlet még 1966-ban indult. Később, 2002-ben csatlakozott az ESA is, a vizsgálatok BIOPAN néven folytak tovább 2007-ig, összesen 17 sikeres biológiai műhold felbocsátásával. A tipikus repülési idő 14–16 nap, a Földtől mért repülési magasság 350–380 km volt.

Az MTA Energiatudományi Kutatóközpont (EK, korábban MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézet) eddig két esetben, 2005-ben és 2007-ben vett részt a BIOPAN repülésekben. Az akkori és a mostani részvételnek is a célja a biológiai kísérletek támogatása a kozmikus sugárzástól eredő sugárterhelés meghatározásával. Azonban míg korábban csak a nagy energialeadású (nagy LET-ű) kozmikus részecskék vizsgálatával foglalkoztunk, a mostani vizsgálatok már teljes körű információt adnak majd a sugárzási térről a kis LET-ű részecskék mérésének bekapcsolásával, mind a Földre visszatérő egység belsejében, mind az ahhoz kívülről rögzített, szétnyitható hengeres tokban (Bio-pan).

A BION-M1 Földre visszatérő egysége (Állatház) hasonló a korábbi BION-BIOPAN egységekhez, és lényegében ilyet használnak most is az űrhajósok utaztatására a Nemzetközi Űrállomásra. Az eltérés a korábbi BIOPAN-tól a nagyméretű energiaközpont, az akkumulátoros tápegység hiánya. Ezt pótolják a szétnyíló napelemtáblák. Az így felszabaduló helyre a Masat-1-hez hasonló hat kis CubeSat került, ezeket a pályára állás után saját útjukra bocsátották.

Az Állatház tartalmaz egy akváriumot, egy nagyméretű, légkondicionált, megfigyelő-kamerákkal felszerelt és távközlési berendezéssel ellátott terráriumot a 45 egér, 8 mongol sztyeppe egér és a 12 gekkó, valamint a számtalan csiga számára. A terráriumot négy doboz veszi körül, ezekben négy ország (Csehország, Magyarország, Németország és Oroszország) által készített passzív mérőegységek fog-

lálnak helyet. Ezek feladata a repülés teljes időtartamára meghatározni az Állatház belsejébe jutó kozmikus sugárzás egyes komponenseit és az állatok sugárterhelését. A dobozokban ezeken túl még egyéb biológiai minták, mint például növényi magvak, moszatok is találhatóak.

A visszatérő egység külső oldalán két további, hengeres mintatartó helyezkedik el. Ezek a pályára állás után automatikusan kinyíltak. A bennük lévő biológiai mintákat, valamint a négy ország által gyártott sugárzásmérőket közvetlenül éri a kozmikus sugárzás és a napsugárzás, a levegő hiánya és a szélsőséges hőingadozás. A Földre érkezés után megindul a biológusok hosszan tartó, a minták utódainak több generációját érintő vizsgálata, a súlytalanság és a sugárzási tér hatásainak elemzése.

Az BION-M1 műhold visszatérő kapszulája május 19-én ért földet Oroszországban, Orenburg körzetében. Kiderült, hogy nem minden kísérleti berendezés működött jól. Egy áramellátási hiba miatt mind a nyolc mongol sztyeppei egér idő előtt elpusztult. A 45 laboratóriumi (házi) egér több mint fele, valamint a német közreműködéssel készült akvárium (Omegahab kísérlet) halai sem éltek túl az utat. A hibák ellenére a BION-M1 programját tudományos szempontból alapvetően sikeresnek értékelték.

2013. május

„Vérfrissítés” a GPS rendszernek. Az amerikai navigációs műholdrendszer legújabb, Block 2F-4 jelzésű tagja május 15-én Atlas-5 rakétával indult Floridából. A mostani start különlegessége, hogy május elején 28 év után először szereltek össze egy Atlas típusú hordozórakétát a GPS (Global Positioning System) műholddal. A mára már polgári célokra is világszerte elterjedt, de eredetileg katonai alkalmazásra kitalált, és még ma is az amerikai légierő által üzemeltetett navigációs rendszer története még az 1970-es években kezdődött. Akkoriban az Atlas rakétacsalád korabeli tagjai végezték az első indításokat. Ezekkel a műholdakkal igazolták a gyakorlatban, hogy a közepes magasságú (kb. 20 ezer km-es) pályákon keringő műholdak rendszerével működőképes a rádiójelek sugárzásán alapuló helymeghatározási módszer. A GPS holdak első sorozatának (Block 1) tizenegy tagját indították Atlas rakétákkal, 1978 februárja és 1985 márciusa között. Később a Delta hordozórakéták vették át a rendszer további kiépítésének, majd az előregedő műholdak folyamatos pótlásának a feladatát.

Most az Atlas-5 hordozórakéta orrkúpja alatt a hasznos teher a GPS modernizált, 2F sorozatú műholdjai közül a negyedik példány. A Boeing által gyártott űreszköz pontosabb fedélzeti atomórákkal rendelkezik, precízebb és a zavaró hatásoknak ellenállóbb helymeg-

határozási lehetőséget nyújt, a polgári repülés igényeit kielégítő új (L5 jelű) frekvencián is sugároz jeleket. Az új műhold „szolgálati helye” a GPS konstelláció C jelű pályasíkjában lesz, ahol egy még 1996-ban indított, kiszolgált társát váltja fel. Az öreg GPS 2A–25-ös műhold bőven túlélte eredetileg tervezett 7 éves működési időtartamát. Az új űreszköz a tesztelések után várhatóan a nyáron kezdi meg a jelsugárzást a felhasználók felé. A GPS Block 2F műholdak tömege 1,63 tonna, névleges működési élettartamuk 12 év.

A GPS konstelláció hat pályasíkja 55°-os szöget zár be az Egyenlítő síkjával. Az ezeken egyenletesen elosztva keringő műholdak biztosítják a globális lefedettséget, vagyis hogy a Föld legtöbb pontján, bármilyen időszakban látható legyen annyi műhold a horizont felett, amennyi lehetővé teszi a hely- és időmeghatározást. A jelenleg működő 30 űreszköz közül nyolc a Block 2A, tizenkettő a 2R, hét a 2R-M és három a legmodernebb, 2F sorozatból való. Ez utóbbiból, amelynek a negyedik példánya indult most, összesen 12 épül.

2013. június

Úton az Albert Einstein. Június 5-én az Ariane–5 rakéták történetében az eddigi legnagyobb teher, a negyedik európai teherűrhajó elindult a Nemzetközi Űrállomás felé. Az ESA ATV–4 (Automated Transfer Vehicle–4, Albert Einstein) teherűrhajója startjának helyszíne az Ariane–5 hordozórakéták szokásos indítóhelye, a franciaguyanai Kourou volt. A maga 20 235 kg-os starttömegével az Albert Einstein az eddigi legnagyobb tömegű űreszköz, amit az európai nehézzrakéta Föld körüli pályára állított. Ebből a hasznos rakomány és a hajtóanyag mintegy 6,6 tonnát tesz ki.

Az ATV-k sorozatának negyedik, utolsó előtti tagja folytatja azt a teherszállító szolgálatot, ami az ESA hozzájárulását jelenti az ISS folyamatos üzemeltetéséhez. Az előző három teherűrhajó Jules Verne, Johannes Kepler és Edoardo Amaldi néven rendre 2008 márciusában, 2011 februárjában és 2012 márciusában indult. A következő és egyben utolsó ATV George Lemaître nevét kapta, és a tervek szerint jövőre startol.

Az Albert Einstein, mint űreszköz valójában „öt az egyben”. Nem csak alapvető ellátmányt (tudományos felszerelést, tartalék alkatrészeket, élelmiszert, ruházatot, összesen 2480 kg tömegben), levegőt és oxigént (100 kg), ivóvizet (570 kg) visz magával. Az ISS számára üzemanyagot (860 kg) is szállít, amit átszivattyúznak az űrállomás tartályaiba. Harmadik funkcióként saját 2580 kg-nyi hajtóanyagának túlnyomó részét az űrállomás pályakorrekcióinak végrehajtása érdekében használja majd fel. Erre a légköri fékezés ellensúlyozása miatt van szükség; az ISS akár naponta 100 m-t is veszíthet pályamagasságából. Időnként szükségessé válhat egy közeledő na-

gyobb űrszemétdarab elől is kitérni. Az ATV negyedik szerepe, hogy amíg az űrállomáshoz csatlakozva repül, plusz életeret biztosítson az ISS lakói számára. Végül az űreszköz egy hatalmas szemetes konténerként fejezi be pályafutását. Az űrállomáson feleslegessé vált holmival és hulladékkal megpakolva megsemmisül a Föld légkörében. Ami megmarad belőle, a Csendes-óceán déli részén hullik a vízbe. (Ez végül 2013. november 2-án meg is történt.)

Úton az ötödik kínai emberes űrhajó. A Sencsou-10, fedélzetén két férfi és egy női űrhajóssal, június 11-én elindult 15 naposra tervezett repülésére a kínai kísérleti űrállomásmodul felé. A startra egy Hosszú Menetelés-2F rakétával került sor Csiucsüanból. A fedélzetén a parancsnok a 48 éves Nie Hajseng (Nie Haisheng). Ő már másodszor repül, elsőként a Sencsou-6 fedélzetén járt a világűrben, 2005-ben. Mellette Csang Hsziakuang (Zhang Xiaoguang) és Vang Japing (Wang Yaping) utazik az embereket szállító ötödik kínai űrhajóban – utóbbi a második kínai nő, aki a világűrbe jutott. Úticéljuk a Tienkung-1 kísérleti űrállomásmodul, amely 2011 óta kering a Föld körül. Tavalý a Sencsou-9 űrhajósai már átszálltak a modulba.



A Sencsou-10 visszatérő kabinja június 26-án ért földet Kína északi részén, Belső-Mongólia tartományban. A személyzet tagjai rendben elvégezték a rájuk bízott feladatokat. Június 13-án először automatikus üzemmódban csatlakoztak az kísérleti űrállomásmodulhoz, ahová át is szálltak. Ott orvosi és műszaki kísérleteket végeztek. Június 20-án került sor az előre beharangozott fizikaórára, amit Vang Japing vezetésével élőben közvetítettek az űrállomás fedélzetéről, mintegy 60 millió kínai diáknak. Később az űrhajó levált

a Tienkung-1-ről, és kézi vezérléssel is kipróbálták a dokkolást. Közvetlenül a visszatérés előtt, 25-én pedig egy olyan manőversorozat következett, amit a kínai űrrepülés történetében most először végeztek el: körbepötltek az űrállomásmodult.

A Sencsou-10 visszatéréseivel a 2011-ben felbocsátott Tienkung-1 modul betöltötte alapvető szerepét. Segítségével a kínai szakemberek begyakorolták az űrállomás-építés alapelemeit, a dokkolási manővereket Föld körüli pályán. Ezek után következhet az első „igazi” kínai űrállomás, aminek a felépítése 2020 körülre várható. A Tienkung-1-et több legénység már nem keresi fel. A mostaninál magasabb pályára irányítják, és a Földről tanulmányozzák állapotát.

Lekapcsolták a Herschelt. A 2009-ben indított sikeres Herschel infravörös űrteleszkóp utolsó tudományos méréseit április 29-én végezte. Ekkor fogyott el végleg a folyékony hélium hűtőanyaga, amire az érzékeny detektorok abszolút nulla fok körüli hőmérsékletének tartásához volt szükség. Innentől kezdve már nem tudták csillagászati megfigyelésekre használni a 3,5 m-es átmérőjű tükörrel felszerelt űrtávcsövet. A Herschel a Földtől mintegy másfél millió km-re „kifelé”, a Nap–Föld rendszer külső Lagrange-pontja környékén tartózkodott. A földi irányítók azonban még tudtak vele kísérleteket végezni, egészen a június 17-én bekövetkezett végső lekapcsolásáig. Az Európai Űrügynökség szakemberei kihasználták, hogy a Herschel fedélzetén elegendő tartalék maradt hajtóanyagból. Próbaképpen olyan kockázatosnak számító manővereket, technikai kísérleteket és szoftveres teszteket is végeztek az űreszközzel, amikre biztonsági megfontolások miatt normális működés közben nem kerülhetett volna sor. Ezekkel igazából a jövő űrszondás programjainak előkészítéséhez járultak hozzá. Például az ExoMars szondán dolgozó csoport egy ellenőrző kamerával, az Euclid csapata a helyzetstabilizáló lendkerekekkel kapcsolatos vizsgálatot kért – ezekhez hasonló berendezések repülnek majd a nevezett új űreszközökön. Eközben felkészítették a Herschelt az „elalvásra”, és úgy módosították a pályáját, hogy a Nap körül immár passzívan keringve belátható időn belül ne veszélyeztesse egyetlen későbbi űreszköz épségét sem. Ennek a folyamatnak a leglátványosabb lépése egy rekordhosszúságú, 7 óra 45 percen át tartó hajtómű-bekapcsolás volt, május 13-14-én. Ezzel a pályamódosító manőverrel lényegében a teljes üzemanyag-tartályt kiürítették, majd 17-én az utolsó maradékot is elhasználták. A Herscheltől ugyanakkor még biztosan nem búcsúzunk, hiszen rengeteg adat vár feldolgozásra. Így a csillagászok még évekig közlik majd az újabb érdekes eredményeket, miközben az űrteleszkóp már némán és üresen kering a Nap körül, a Földétől távolabbi pályán.

2013. július

Pályán az első indiai navigációs műhold. Július 1-jén az IRNSS-1A jelű űreszközzel az ország megkezdte saját műholdas helymeghatározó rendszerének kiépítését. Az IRNSS (Indian Regional Navigational Satellite System) olyan regionális lefedettséget biztosító műholdrendszer lesz, amellyel kb. 10–20 m-es pontosságú helymeghatározást lehet majd végezni Indiában és mintegy 1500 km-es környezetében, valamint az Indiai-óceán térségében. A navigációs rádiójeleket sugárzó, 1 napos keringési idejű űreszközök egy része (a hét közül három) az Egyenlítő fölött, vagyis geostacionárius pályán, a többi négy ettől eltérő pályasíkokban kering majd. A most elsőként felbocsátott IRNSS-1A jelű hold 29°-os hajlásszögű geoszinkron pályára kerül. Az IRNSS kiépítésével az indiaiak célja, hogy a nagy stratégiai és gazdasági jelentőséggel bíró műholdas helymeghatározás terén hamarosan függetlenítsék magukat a más országok által üzemeltetett rendszerektől. A globális (tehát lényegében az egész Földre kiterjedő lefedettséget biztosító) rendszerek közül a legismertebb az amerikai GPS. Emellett Oroszország is rendelkezik egy teljesen kiépített rendszerrel (GLONASSZ). A kínai Compass és az európai Galileo jelenleg még nem teljes, de fokozatosan egyre több holdjukat állítják pályára. Az indiai rendszer, amelynek hat holdját a tervek szerint 2014 végéig felbocsátják, kétféle szolgáltatást nyújt majd. A standard helymeghatározás mindenki számára, aki megfelelő vevőkészülékkel rendelkezik, kb. 20 m-es pontosságot ígér, valószínűben. Az arra feljogosított katonai és kormányzati szervek felhasználói számára kétszer ilyen pontos lehet a rendszer. A civil alkalmazások köre a GPS-nél és más hasonló rendszereknél megszozott: földi, vízi és légi közlekedés navigációja, jármű- és flottakövetés, pontos időszinkronizáció, térképezés és földmérés, katasztrófaelhárítás. Az IRNSS vevőit ugyancsak integrálják majd mobil távközlési eszközökbe. Így turistáknak, utazóknak, autóvezetőknek nyújt majd segítséget a tájékozódásban, ha rövidesen pályára állnak a műholdak.

Fél perc alatt odaveszett három GLONASSZ műhold. A Proton hordozórakéta, amely az orosz navigációs műholdrendszer új tagjait vitte magával, nem messze a starthelytől felrobbant és a földbe csapódott. A bajkonuri indítási kísérlet július 2-án történt. Az orosz nehézzrakéta nem sokkal a felemelkedés után imbolyogni, hossztengele körül forogni kezdett. Először vízszintes irányban repült, később visszafelé kezdett zuhanni. Még a földbe csapódás előtt széthullott, az első fokozat pedig pillanatokkal a leérkezés előtt egy nagy robbanással végezte. A rakétán az orosz GLONASSZ műholdas navigációs rendszer előregezdő űreszközeinek pótlására szánt M sorozatú mű-

holdak voltak, még hozzá egyszerre három (a 48., 49. és 50. számú). A sikertelenül végződött start összköltsége (a műholdakat és a rakétát is beleértve) mintegy 4,4 milliárd rubel (kb. 136 millió amerikai dollár) volt. A későbbi vizsgálatok kiderítették, hogy a hordozórakéta első fokozatában hatból három olyan érzékelő, amely a rakéta forgási szögsebességéről ad információt, fejfel lefelé (180 fokkal elfordítva) volt beszerelve. A szükséges átvizsgálásokat követően a Proton rakéták startjait csak szeptember végén tudták újra elkezdni.

Pályán Európa eddigi legfejlettebb távközlési holdja. Az Alphasat I-XL az első, amely az újonnan fejlesztett Alphasat platformra épült. Az ESA technológiai kísérletei is helyet kaptak rajta. Az eddigi legnagyobb méretű (6,65 tonnás), legkorszerűbb európai távközlési hold július 25-én állt pályára egy Ariane-5 hordozórakéta segítségével. A rakétán kisebb (2 tonnás) „társbérője” az indiai INSAT-3D meteorológia műhold volt, amely geostacionárius pályára kerül (82° keleti hosszúság fölél), és adatátjátszó, valamint keresési és mentési funkciót is ellát majd.

Az Alphasat I-XL (más néven Inmarsat-XL) az Inmarsat műholdas távközlési szolgáltató megrendelésére épült az EADS Astriumnál, az Európai Űrügynökség részvételével. Az elsősorban távközlési célú üresköz fedélzetén az ESA négy technológiai demonstrációs kísérlete, köztük egy lézeres kommunikációs terminál is repül. Emellett helyet kapott a műholdon egy a sugárzási környezetet vizsgáló műszer, egy új frekvenciák (Q- és V-sáv) használatát kipróbáló rádiós adatátviteli berendezés és egy kísérleti csillagérzékelő is. Az Alphasat I-XL ugyancsak geostacionárius pályán működik majd, 25° keleti hosszúság fölött. Fő feladata az Inmarsat már létező globális szélessávú műholdas mobil távközlési rendszerének (Broadband Global Area Services, BGAS) kapacitásbővítése Európában, Afrikában, Ázsiában, a Közép-Keleten. Tervezett működési élettartama 15 év.

Ez az első alkalmazása az Alphasat nevű új műholdplatformnak, amelyet az Astrium és a Thales Alenia Space közösen fejlesztett, az ESA és a Francia Űrügynökség (CNES) pénzügyi közreműködésével. Az európai űripar ezzel a remények szerint be tud majd lépni a műholdas távközlési piac legjövedelmezőbb felső szegmensébe. Az új platformra épülő műholdakra komoly megrendelésekre számítanak a jövőben.

2013. augusztus

Úton a negyedik japán teherűrhajó. A Kounotori-4 (HTV-4) öt napig tartó repülés után érkezik a Nemzetközi Űrállomáshoz, ahonnan egy hónap múlva távozik. A Japán Űrügynökség (JAXA) teher-

űrhajó-sorozatának negyedik tagja magyar idő szerint augusztus 3-án (helyben már 4-én) indult Tanegashima szigetéről, egy H-2B hordozórakétával. A Kounotori (jelentése: fehér golya) nevű, korábbi jelöléssel HTV (H-2 Transfer Vehicle) teherűrhajók első példánya 2009 szeptemberében mutatkozott be. Azóta egy-másfél évente küldtek japán teherszállítmányokat a Nemzetközi Űrállomás ellátására. A henger alakú japán teherűrhajó hossza 10 m, átmérője 4,4 m. Teljes tömege mintegy 10,5 t lehet, az űrállomásra legfeljebb kb. 6 tonnányi rakományt képes szállítani. Ennek nagyobb részét a nyomás alatt levő tárolórészben, összesen nyolc, hűtőszekrény méretű rekeszben. A nyomás alá nem helyezett raktérből az ISS robotkarjával tudják áthelyezni a berendezéseket az űrállomás külső részére, a japán Kibo kutatólaboratóriumra. A mostani repülés során az 5,4 t rakományból 3,9 t jut a hermetizált egységbe. Akár csak az amerikai Dragont, a HTV-t is az űrhajósok irányította robotkarral fogják be, úgy csatlakoztatják az ISS-hez. A megközelítést követően a Canadarm-2 robotkar a Kounotori-4 teherűrhajót a Harmony modul Föld felé néző dokkolóhelyéhez emeli.



A szokásos rakományban megtalálhatók például ruhák, szárított élelmiszerek, innivaló, víz. A felszállított berendezések közt van egy a Kibo laboratóriumba szánt, akár $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ előállítására is alkalmas hűtőberendezés (Freezer-Refrigerator of Stirling Cycle, FROST) a kísérleti minták számára. Felkerül a szintén hűtésre szánt, akár áramszünet esetén is működő ICEBox (ISS Cryogenic Experiment Storage Box). A légköri visszatérés körülményeit az i-Ball műszer-együttes regisztrálja. A Dragontól eltérően ugyanis a Kounotori nem tud épségben visszahozni semmit a Földre. Programja végeztével a

japán teherűrhajó szeptember 7-én belép a sűrű légkörbe, és az előzőleg belerakodott hulladékkal együtt megsemmisül. A japánok tervbe vették a visszatérésre is alkalmas HTV-R változat elkészítését, ami legkorábban 2018-ban mutatkozhat be.

Újra aktív lesz a WISE. A NASA egyszer már lekapcsolt infravörös égbolttérképező műholdja három éven át a belső Naprendszeret figyeli, kisbolygók után kutatva. Az amerikai űrhivatal elhatározta az egyszer már hibernált, vagyis működőképes állapotban kikapcsolt, annak idején 320 millió dollárba került WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) űrtávcsövének újra munkába állítását. Az infravörös égtérképező műhold 2009 végén startolt. Alig egy évre rá – a várakozásoknak megfelelően – elfogyott az érzékelőt hűtő anyag. Így az eredetileg elérhető négy hullámsávból már csak kettőn, a rövidebb hullámhosszakon (3,4 és 4,6 μm) tudták folytatni a méréseket, ahol nem volt szükség külön hűtésre. Tették is, egészen 2011 februárjáig, amikor a NASA takarékosági okokból már nem adott több időt a földközeli kisbolygókat kereső NEOWISE programnak.

Mivel időközben a Földet potenciálisan megközelítő kis égitestek kutatása nagyobb figyelmet kapott, kézenfekvőnek tűnt a javaslat, hogy új műhold építése helyett – ami sok pénzbe és időbe telik – hasznosítsák a már pályán levő WISE űrtávcsövet. Így a WISE három évre új életre kel, hogy minél több információt gyűjtsön már ismert és még ismeretlen földközeli kisbolygókról. Ezek nem csak bolygónk kozmikus veszélyeztetettségének megítélése miatt fontosak, de előbb vagy utóbb (inkább utóbb) akár emberes űrutazások célpontjai is lehetnek. A felújított NEOWISE kisbolygófelmérés évente 5 millió dolláros támogatásból gazdálkodhat majd. A poláris pályán keringő, 40 cm-es teleszkóppal repülő űreszköz tényleges vizsszakapcsolása szeptemberre várható.

A WISE eddigi működése során több mint 34 ezer új kisbolygót talált a Mars és a Jupiter pályája között húzódó fő övezetben. Ezen túl 135 földközeli kisbolygó és 21 üstökös felfedezése fűződik az űrtávcsőhöz. A következő három évben a becslések szerint további 150 földközeli kisbolygó lehet a „termés”. Emellett mintegy 2000 ilyen, korábbi más ismert objektum fizikai tulajdonságairól kaphatnak részletesebb adatokat.

2013. szeptember

Új űrszonda a Holdhoz: úton a LADEE. A Hold vékony „légkörének” és az égitest közvetlen környezetének tanulmányozására készült LADEE (Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer) egy Minotaur hordozórakéta segítségével hagyta el Földet. Az indítóhelyen, az Egyesült Államok keleti partvidékén található, Virginia ál-

lamhoz tartozó Wallops-szigeten (Mid-Atlantic Regional Spaceport) történelmet is írt: most először kelt útra innen egy holdszonda. Az ötfokozatú, szilárd hajtóanyagú Minotaur rakétát az Orbital Sciences cég biztosította a LADEE tulajdonosa, az amerikai űrhivatal (NASA) számára. Egy másik elsőség, hogy most mutatkozott be a Minotaur-5 rakétatípus. A start magyar idő szerint már szeptember 7-én (a helyszínen még szeptember 6-át írtak) A 280 millió dolláros költséggel elkészített, 383 kg-os szonda először elnyúlt Föld körüli pályára került. Innen a fedélzeti hajtóműveivel állt később a Hold felé vezető pályára.

A LADEE küldetését viszonylag rövidre, 160 naposra tervezik. Ebből 100 napot kering majd a Hold egyenlítője fölött, 50 km magasságban (további 30-30 nap eltelik a Holdig való utazással és a berendezések kipróbálásával). Remélhető azonban, hogy a program akár 9 hónaposra is kitolható lesz. Egy biztos: a végén a szonda becsapódik égi kísérőnk sziklás felszínébe.



Fő feladata, a Hold felszíne fölött lebegő gázok és por vizsgálata mellett lézeres kommunikációs kísérletek céljára is hasznosítják majd. Méri a vékony (a földinél mintegy százezerszer ritkább) holdi légkör sűrűségét és összetételét. Arra is keresi a választ, hogy vannak-e benne vízmolekulák, s hogy ilyen módon összegyűlhetett-e a sötét sarkvidéki kráterek mélyén rejtőző vízjég. Meghatározza, hogy milyen méretű porszemcsék becsapódására, és milyen gyakorisággal kell számítaniuk a jövőbeli holdszondák tervezőinek. Fedélzetén repül egy tömegspektrométer, egy ultrabolya és látható tartományban érzékeny szinképelemző és egy pordetektor, valamint a már említett optikai kommunikációs kísérlet.

A LADEE eredményei hasznosak lesznek a jövőbeli emberes holdutazások előkészítése szempontjából is – habár a NASA jelenleg érvényes tervei közt ilyen épp nem szerepel... (Amikor a szonda előkészítése megkezdődött, akkor viszont még élt a Constellation program, amelyben az amerikaiak tervbe vették a Holdra való visszatérést.) A szonda másik érdekes tulajdonságát, hogy egyfajta „sorozatgyártásra” alkalmas módon tervezték és építették, és így később elvileg takarékosabb gyártást tenne lehetővé, a közeljövőben szintén nem fogják tudni kiaknázni, nem lévén a tervek közt megfelelő űreszköz.

Bemutatkozott japán új rakétája. A modern, szilárd hajtóanyagú Epsilon hordozórakéta első repülése alkalmával a SPRINT-A műholdat állította pályára. Az Epsilon rakéta fejlesztésének célja a műholdindítások egyszerűbbé és gazdaságosabbá tétele. A munkát 2010-ben kezdték a Japán Űrügynökségnél (JAXA), mintegy 208 millió dollárnak megfelelő, szoros költségvetéssel. Már bevált részegységeket is felhasználtak.

Az Epsilon rakéta bemutatkozó repülése az Ucsinoura (Uchinoura) űrközpontból, Japán déli részéről, Kjúsú (Kyushu) szigetéről, Kagosima (Kagoshima) prefektúrából indult, szeptember 14-én. Korábban innen állították pályára Japán tudományos műholdjait, a használatból 2006-ban kivont M-5 (M-V) rakétával. A JAXA szerint az új Epsilon rakétával végrehajtott startok nagyjából fele akkora költségből (38 millió dollárból) kihozhatók, mint elődjével, az M-5-tel. Így a háromfokozatú, 24,4 m magas és 2,6 m átmérőjű hordozóeszköz a remények szerint hamarosan a kereskedelmi műholdindítások piacán is versenyképessé válhat.

A most felbocsátott, a rakéta utolsó fokozatától a start után mintegy 62 perccel levált SPRINT-A (Spectroscopic Planet Observatory for Recognition of Interaction of Atmosphere) űrtávcső a közeli bolygók (a Vénusz és a Mars) légkörének, valamint a Jupiter magnetoszférájának és a napszélnek (a Napból érkező töltött részecskék áramának) a kölcsönhatását kutatja majd. Pályájának magassága 950 és 1150 km között változik, hajlásszöge 31°. Az egy éves működési időre tervezett űrteleszkóp 20 cm-es fedélzeti távcsövének fókuszába helyezett színeképelemző a látható fényénél rövidebb hullámhosszú, ún. extrém ultraibolya tartományban érzékeny. Az űreszköz a sikeres startot követően a Hisaki nevet kapta.

Voyager-1: a Naprendszerben vagy sem? Az elmúlt hónapok több híre után most a NASA szerint is kijutott a csillagközi térbe a Voyager-1. De elhagyta-e a Naprendszert? A kérdés csak elsőre hangzik furcsán. Ha jobban körüljárjuk, hogy meddig is tarthat a Naprendszer, és hol kezdődik a csillagközi tér, akkor megértjük,

hogy a veterán űrszonda lehet egyszerre, egy időben a Naprendszeren belül és kívül is. Minden csak definíció kérdése.

A legfrissebb hír úgy szólt, hogy a több mint 35 éve úton levő, annak idején a Jupiter és a Szaturnusz mellett is elrepülő amerikai űrszonda most valóban elérte a Naprendszer határát. Az eredményeket közlő cikk a Science-ben jelent meg. Korábban többször is napvilágot láttak már erről beszámoló, ellentmondásosnak tartott tudományos publikációk és hírek. Ennek egyrészt az az oka, hogy a „Naprendszer határa” nem egy könnyen meghatározható felület. Másrészt a Voyager-1 által végzett – és meglehetősen korlátozott – mérések értelmezése, a Nap kozmikus környezetének modellezése is eltérő lehet. A Voyager-1 a nagyenergiás részecskék intenzitását és irányeloszlását, valamint a mágneses tér jellemzőit tudja mérni jelenleg is működőképes fedélzeti berendezéseivel.

A Nap környezetét, a bolygók közötti, sőt az azok pályáján jóval túlnyúló teret a csillagunkból kilépő elektromosan töltött részecskék (plazma) tölti ki. A napszél által dominált térrész a helioszféra. Ez, a nevéből sejthetővel ellentétben nem gömb, hanem inkább elnyúlt, csepp alakú. Alakját a Napnak a galaxisunkon belüli, a csillagközi anyaghoz képest mért mozgása határozza meg. Ami a helioszférán, vagyis a napszél befolyási övezetén túl van, az nem más, mint a csillagközi tér.

A legtávolabbi nagybolygó, a Neptunusz a Naptól mintegy 30 csillagászati egységre (CSE, a Nap és a Föld közepes távolsága) kering. A napszélbuborék kifelé tartó lökeshullámfrontjának sebessége közel 100 CSE távolságig szuperszonikus, vagyis meghaladja az ott érvényes hangsebességet. A Voyager-1 repülési irányában a lökeshullámon való átmenet 2004 decemberében, a Naptól mérve 94,1 CSE távolságban következett be.

A Voyager-1 a NASA kutatói szerint kb. 121 CSE távolságban, 2012 augusztusában hagyhatta maga mögött a heliopauzát. A mérések értelmezése nem volt könnyű feladat, és az is kiderült, hogy a határvidéken meglehetősen összetett körülmények uralkodnak. Ezért is tartott ennyi ideig a biztos kijelentés megfogalmazása.

Egy dolog azonban biztos: a Voyager-1 kiléphetett ugyan a csillagközi térbe, amit a mágneses tér és a töltött részecskék viselkedése alapján meghatároztak, de semmiképpen nem hagyta el a Naprendszert, ami a központi csillagunk gravitációs befolyási övezetét illeti! Úgy is fogalmazhatjuk, hogy a csillagközi térben van ugyan, de még bőven a Naprendszeren belül. A Naprendszerhez tartozó külső törmelékgyűrű, az Oort-felhő belső határát majd talán 1300 év múlva éri el, és további 30 ezer év kell ahhoz, hogy túl is jusson rajta. Mostantól számítva vagy 40 ezer év múlva pedig a Voyager-1 már közelebb lesz egy másik, AC +79 3888 katalógusjelű csillaghoz, mint

a mi Napunkhoz. (Most hiába nem az, a csillagászok sebességmérései alapján az addigra a felénk mozgó AC +79 3888 lesz a Nap legközelebbi csillagszomszédja.)

Akkorra azonban a szonda már réges-rég némán repül majd. A számítások szerint kb. 2020-ig termelődik a fedélzetén annyi elektromos teljesítmény a radioaktív termoelektromos generátorából, ami elegendő a tudományos műszerek üzemben tartására. Utána a földi irányítók egyesével kapcsolják majd le ezeket, az utolsót 2025 körül. Még ekkor sem fog teljesen elnémulni, néhány további évig legalább a létezéséről képes lesz rádiójeleket továbbítani a Föld felé. Utána aztán emberiség által készített apró mesterséges égitest „élettelenül” folytatja útját a csillagközi térben, a Tejútrendszer középpontja körül keringve.

Repül az első Cygnus teherűrhajó. Az Orbital Sciences amerikai magán-teherűrhajónak első próbarepülésére a Nemzetközi Űrállomáshoz vezet. Az Antares hordozórakéta szeptember 18-án startolt a Wallops-szigeti bázisról. A NASA megbízásából, és részben a finanszírozásával megvalósuló, Orb-D1 jelű repülés célja, hogy a SpaceX Dragon teherűrhajói után most a Cygnus is bizonyítsa: képes biztonságban megközelíteni az ISS-t, robotkaros befogás után csatlakozni hozzá, és teherszállítmányt (mintegy 700 kg össztömeget) feljuttatni a fedélzetére. A mostani demonstrációs út alkalmával kritikus fontosságú rakományt egyelőre nem bíztak az újonc teherszállító űrjárműre.

A Cygnus dokkolására a menetrend szerint szeptember 22-én került volna sor. A megközelítési folyamatot azonban már az elején meg kellett szakítani, a GPS-es helyzetmeghatározó rendszerben észlelt adatformátum-hiba miatt. A héten időközben elindult és meg is érkezett az ISS-hez a három űrhajóst szállító orosz Szojuz TMA-10M. Ezalatt a hibát is sikerült kijavítani, új számítógépes program feltöltésével. A Cygnus dokkolását ezután szeptember 29-én kísérelték meg újból, immár sikerrel. A próbaút végén a Cygnus október 23-án a Csendes-óceán fölött lépett be a Föld sűrű légkörébe és megsemmisült.

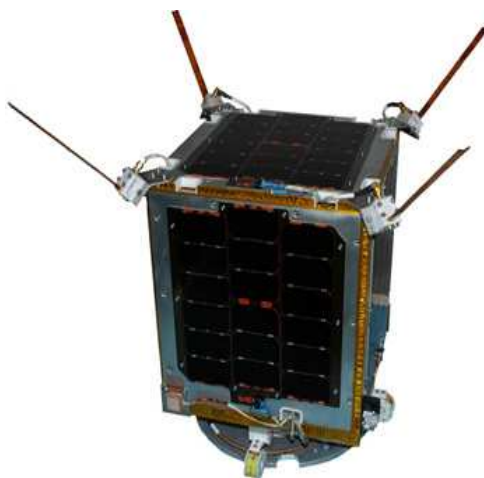
2013. október

Újra itt a Juno. Bö két évvel ezelőtt indult az amerikai szonda a Jupiter felé, most mégis visszatért a Földhöz. Ez a gravitációs lendítőmanőver már elég ahhoz, hogy a Juno 2016-ban a Jupiter körüli pályára álljon. A viszonylag nagy tömegű (3,6 tonnás), három nagy napelemtáblával rendelkező űreszköz egy Atlas-5 hordozórakétával indult a floridai Cape Canaveralról, még 2011. augusztus 5-én. Ahhoz, hogy a gázóriás pólusai fölött húzódó, elnyúlt pályára állhas-

son, a szondának nem elég odajutnia, de nagyjából fel is kell vennie a Jupiter Nap körüli keringésének sebességét. A Juno pályáját úgy tervezték meg, hogy 2013. október 9-én, a Földet Dél-Afrika fölött mintegy 560 km-es magasságban közelítse meg. A gyors látogatás, az ún. gravitációs hintamanőver eredményeképp az űrszonda Nap-hoz viszonyított sebességének nagysága 126 ezer km/h-ról 140 ezer km/h-ra változik. Valójában a művelet hatása nagyjából egyenértékű egy második hordozórakéta-indítással. Bár a Földet ezúttal elsősorban arra használták, hogy tömegvonzása segítségével a Junót a Jupiter felé lendítsék, a közelség alkalmat adott a földi irányítóknak a fedélzeti műszerek állapotának ellenőrzésére is. A Juno még majdnem három további évig repül, mire 2016. július 4-én megérkezik a Jupiterhez. A NASA űrszondájának tudományos célja a Naprendszer legnagyobb bolygójának és környezetének helyszíni vizsgálata, legalább egy éven keresztül. A pályára állást lehetővé tevő fékezés után összesen 33 alkalommal kerüli meg a gázóriást. Kilencféle fedélzeti műszerével a bolygó légkörét, magnetoszféráját tanulmányozza. A kutatók többet szeretnének megtudni a Jupiter keletkezéséről, belső felépítéséről, esetleges magjáról.

Két éve repül a VesselSat-1.

Indiából startolt, Luxemburgban építették, rajta fontos magyar berendezéssel – két év után is hibátlanul működik a VesselSat-1. A kis műhold 2011. október 12-én állt pályára egy indiai PSLV hordozórakétával, az Egyenlítő síkja közelében fekvő (20 fokos pályahajlású), alacsony (a felszín felett kb. 850 km-rel húzódó) pályára. Kizárólagos feladata a tengeri hajóforgalom követése, a hajókra telepített ultrarövid hullámú AIS (Automatic Identification



System) rádiós jeladók adásának vételével. Ezt azóta is megszakisítás nélkül, éjjel-nappal végzi, hűségeen továbbítva a forgalmi és telemetriai adatokat a földi központba. A műholdfedélzeti rendszer egyik fontos berendezését, egy digitális modulátort Magyarországon, a BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft-nél tervezték és építették. A két eltelt év tapasztalata alapján a technológia teljes siker, hibátlanul működik. A műhold üzemeltetői nagyra értékelik a magyar fejlesztésű modulátort, mivel az alkalmazott új algoritmusok olyan tiszta jelek előállítását tették lehetővé, hogy a műholdas csatornán

az eredetileg tervezettnél harminc százalékkal több információt lehet időegység alatt átküldeni. Ezáltal a rendszer hatásfoka jelentősen megnövekedett. A sikeres működésnek köszönhetően (is) a technológia újabb műholdakon történő alkalmazásáról folynak tárgyalások.

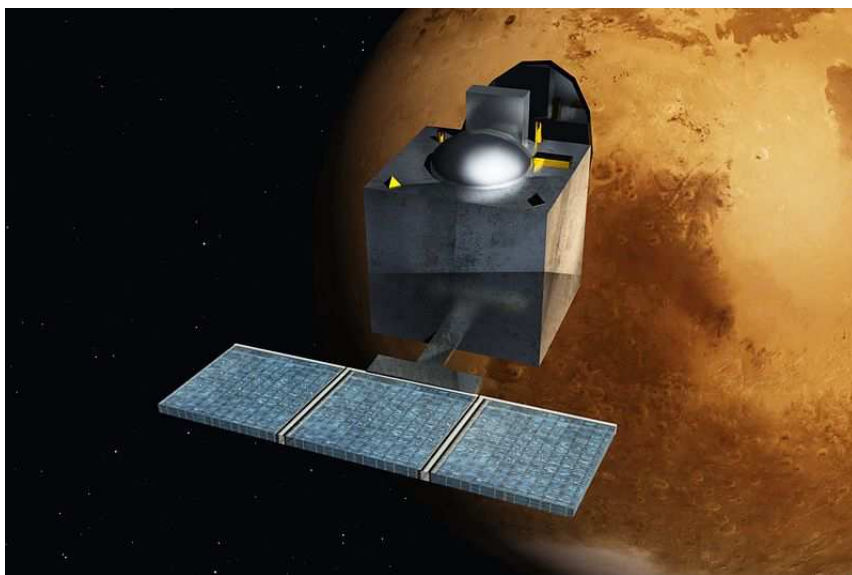
Meghosszabbított PECS-megállapodás és ESA-csatlakozásunk előkészületei. Magyarország és az ESA meghosszabbították az Európai Együttműködő Államok Terve (PECS) programban való részvételt. Az aláírásra október 17-én, Párizsban került sor. A PECS program keretében a hazai cégek, kutatóhelyek, egyetemek és civil szervezetek 2003 óta vehetnek részt az Európai Űrügynökség bizonyos programjaiban. Azért hozták ezt a státuszt (a PECS program részes országa az ESA „Európai Együttműködő Állama”), hogy egy ilyen együttműködéssel az országot felkészítsék a csatlakozásra, arra, hogy a befizetett tagdíj visszapályázására alkalmassá váljon. Magyarországon eddig a program keretében közel 100 szerződést kötöttek. Több kísérlettel is jelen voltunk/vagyunk a Nemzetközi Űrállomáson, általános CubeSat-platform építésébe kezdtünk, számos magyar műszer működik a Rosetta üstököskutató űrszondán, részt veszünk a BepiColombo és a JUICE programok előkészítésében, az ESA már működő és indítás előtt álló űrtávcsöinek megépítésében, tudományos adataik kiértékelésében is közreműködünk.

A PECS megállapodást Magyarország elsőként, még 2003-ban aláírta. Az 5 évre szóló egyezményt 2008-ban a kormány meghosszabbította, a PECS-ben minket követő országok ez alatt az időszak alatt pedig sorra az ESA teljes jogú tagjává váltak (Csehország, Románia, Lengyelország). S hogy miért volt szükség most a PECS meghosszabbítására, mikor az ESA teljes jogú tagjává kívánunk válni? A csatlakozási tárgyalások az Európai Űrügynökséggel hamarosan (decemberben) megkezdődnek. Azonban a tárgyalások lezárására és a csatlakozási szerződés aláírására nyilván várni kell. Így mindenképpen szükséges volt a PECS meghosszabbítására, különben hivatalos kapcsolataink november 5-én megszakadtak volna. A PECS megállapodás most aláírt kiterjesztése a csatlakozási szerződés hatályba lépéséig, de legkésőbb 2015. november 5-éig tart.

2013. november

Indiából a Marshoz. November 5-én pályára állt India első űreszköze, amelyet egy idegen bolygó kutatására küldenek. Az a bizonyos bolygó a Mars, az űrszonda pedig egy PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) hordozórakétával emelkedett a magasba a Sriharikota szigetén fekvő Satish Dhawan Űrközpontból, az Indiai Űrügynökség (ISRO) kezelésben levő starthelyről.

A szonda hivatalos neve Mars Orbiter Mission. Az 1350 kg tömegű űreszközt a PSLV hordozórakéta legerősebb, XL jelzésű, szilárd hajtóanyagú segédtrakétákkal is felszerelt változatával állították pályára, először a Föld körül. Innen, az elnyúlt ellipszispályáról fogja a szonda elérni a Mars felé vezető pályához szükséges sebességet, november végén. A 73 millió amerikai dollárnak megfelelő összegből elkészített első indiai Mars-szonda 2014 szeptemberében érkezik a vörös bolygóhoz. Ott igen elnyúlt, 3,2 napos periódusú pályára áll majd, a Mars felszíne fölött mintegy 370 km és 80 ezer km között változó magasságban repülve. Amellett, hogy az indiai szakemberek gyakorlatot szereznek egy bolygóközi szondával való munkában, a küldetésnek tudományos célja is van. A fedélzeten repül egy közepes felbontású kamera, amellyel a felszínt fényképezik majd. Egy infravörös spektrométer a marstalaj anyagi összetételét vizsgálja. Emellett a légköri összetevőket analizáló berendezések – mások mellett egy metándetektor – is helyet kaptak az indiai Mars-szondán. Az ISRO célja, hogy a világon a negyedik olyan űrügynökséggé váljon, amely a Mars kutatásában sikeresen részt vesz. Eddig csak az amerikaiak, az oroszok (a szovjetek) és az Európai Űrügynökség jutott el a Marshoz.



Leesett a GOCE, bajt nem okozott. November 11-én, magyar idő szerint éjjel 1 óra után ért véget az ESA tudományos műholdjának repülése. Lakatlan terület fölött lépett a sűrű légkörbe, esett szét és semmisült meg. Megmaradt darabjai a Falkland-szigetek környékén eshettek le, az Atlanti-óceán déli részén. Ahogy arra előzetesen is számítani lehetett, a feltehetően a felszínt is elérő néhány

darabja nem okozott személyi sérülést vagy anyagi kárt. A modell-számítások szerint a kb. 1 tonnás műhold tömegének 20–25%-a vészelhette át a légköri fékeződést és felforrósodást. Az űrkutatás 56 éve alatt összesen mintegy 15 ezer tonna ember készítette tárgy tért vissza a világűrből a Földre, de szerencsére még senkinek nem esett bántódása attól, hogy egy űrszemétdarab ráesett volna.

A GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer) műhold 2009 márciusában indult az észak-oroszországi Pleszeckből, egy Rokot hordozórakétával. Feladata a Föld nehézségi erőterének valamint az óceáni áramlásoknak a vizsgálata volt. Ezt nagy sikerrel, a tervezett élettartamát lényegesen meghaladva teljesítette. A nem gravitációs eredetű gyorsulásokat nagy pontossággal mérő gradiométerével és az ezeket kompenzáló ionhajtóműveivel igen alacsony (260 km alatti) pályán dolgozó GOCE októberben kifo-gyott a hajtóanyagként szolgáló xenonból. Pályamagassága folyamatosan csökkent, mígnem elérte azt a kb. 80 km-es magasságot, ahol a megnövekvő légköri fékeződés miatt megkezdődött szétadarabolódása. Az ESA szakemberei – némileg meglepő módon – szinte a leg-utolsó pillanatig kapcsolatban tudtak maradni az űreszközzel, még ha üzemanyag híján irányítani már október vége óta nem is voltak képesek. A GOCE utolsó bejelentkezését november 10-én 23:42-kor (a feltételezett megsemmisülés előtt jó egy órával) regisztrálták az antarktiszi Troll követőállomáson. Ekkor a magassága már csak 120 km volt, alig a világűr határának tekintett 100 km-es magasság (Kármán-vonal) fölött. Ekkor a még mindig üzemképes fedélzeti számítógépeknek 80 °C, akkumulátorának 84 °C volt az üzemi hőmérséklete. A leesést megelőző napokban a GOCE gyorsulásmérőinek adataiból, valamint a fedélzeti berendezésekre vonatkozó telemetriai adatokból még értékes információhoz jutottak egyrészt a felsőlégkör állapotával, másrészt a berendezések működési paramétereivel kapcsolatban.

Elindult a MAVEN. Sikeresen startolt Floridából a NASA leg-újabb, a bolygó légkörének kutatására szánt Mars-szondája. A MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN) november 18-án egy Atlas-5 hordozórakétával emelkedett a magasba Cape Canaveral 41-es számú indítóállásáról. A NASA 671 millió dolláros programjának fő tudományos célja a Mars légkörének kutatása. Azt szeretnék kideríteni a segítségével, hogy a Mars miképpen veszítette el valami-kori vízkészletének és légkörének jelentős részét, hogyan változott a klímája a története során. A 2,46 tonna starttömegű űreszköz jövő szeptemberben (pontosan 22-én) érkezik a vörös bolygóhoz, amely körül pályára áll. Elnyúlt elliptikus pályájának magassága 150 km és 6200 km között változik majd. Hivatalos működési élettartama egy földi év lesz, bár nyilván reménykednek benne, hogy ennél to-

vább is üzemképes marad. Az űreszköz másik szerepe, hogy rádiós adatátjátszó állomásként segítse a Mars felszínén dolgozó Curiosity és Opportunity marsjárművek munkáját. Az elnyúlt pálya miatt azonban ez kevésbé lesz hatékony.



A MAVEN gyártója a Lockheed Martin, a tervei a nagy sikerrel jelenleg is működő Mars Odyssey és Mars Reconnaissance Orbiter tapasztalatain alapulnak. Az űrszonda teste közel kocka alakú, mintegy 2 m-es élhosszúságú. Napelemszárnyainak fesztávolsága 37,5 m. A magnetométerek a napelemtáblák két végén találhatók. Az űrszonda fedélzeti műszerei alkalmasak arra, hogy több szempontból vizsgálják a Mars felsőlégkörét, annak jellegzetes összetevőit, valamint az ionoszférát, a bolygó elektromágneses környezetét, a napszéllel (vagyis a Napból érkező töltött részecske-áramlással) való kölcsönhatást. Érdekes és a majdani publicitás szempontjából merész – de takarékosági okokból kézenfekvő – döntés, hogy a szonda nem visz magával kamerát, amellyel képeket készíthetne a Marsról.

Pályán a Swarm. Az Európai Űrügynökség három műholdból álló, a Föld körüli mágneses teret vizsgáló programja sokat késett, de november 22. óta már Föld körüli pályán van. Az észak-oroszországi Pleszeckből indított Rokot hordozórakéta alacsony poláris pályára állította a kötelékben repülő három műholdat. A Swarm tervezett élettartama négy év. Az ESA Föld-kutató Earth Explorer sorozatának negyedik tagja, a GOCE, SMOS és CryoSat után. Kutatási célja a Föld mágneses terének illetve a tér változásainak vizsgálata nagy pontossággal és nagy felbontással. Mérései alapvető fontosságúak lesznek a földmágnesség modellezése, a Föld belső szerkezetének,

magjának és köpenyének jobb megismerése, de az időjárást és a klímát befolyásoló felsőlégköri folyamatok és az óceáni áramlások kutatása szempontjából is.

Bolygónk egyik legrejtélyesebb jelensége a mágneses tér, amely számunkra közvetlen formában „láthatatlan”. Mégis hatással van mindennapjainkra, sőt arra is, hogy egyáltalán itt élhetünk ezen a bolygón. Ha hiányozna, akkor például a Föld sűrű légköre nem maradhatna meg, anyagát a Napból származó részecskeáramlás nagyrészt „elfűjné” az űrbe – ahogyan az bizonyára a Marssal is történt.



A földi mágneses tér folyamatos változásban van, hosszabb és rövidebb periódusú jelenségekkel. Hosszú távon a pólusok is elmozdulnak, sőt néhány százezer évenként valószínűleg meg is fordul a polaritás. Egyes – egyelőre vitatott – vélemények szerint épp most is egy ilyen időszak felé közeledünk, ahogy a tér erőssége csökken.

Bolygónk mágneses tere elsősorban a 3000 km-rel a talpunk alatt, a Föld forró, folyékony vasból álló magjában meglevő áramlásoknak köszönhető. Az ott létrejövő elektromos áramok a mágnességet generálnak. A dinamóelmélet ad magyarázatot bolygónk dipólus mágneses terére. De a mágneses térnek vannak más komponensei is. A földkéregben levő egyes kőzetekből, illetve a Föld körüli térségből (az ionoszférából és a magnetoszférából) is származnak összetevői. Sőt még az óceáni áramlásoknak is lehet szerepe. Mindezeknek a hatásoknak, a mágneses tér változásainak, a Nap-Föld kölcsönhatásnak a kutatása lesz a Swarm feladata.

A most indult három műhold műszerezettsége teljesen azonos. Starttömegük egyenként 473 kg. Egy rovarra emlékeztető, hosszú (9,1 m) alakjukat főleg a 4 m-es kinyitható rúdnak köszönhetik, amelynek a végére került egy érzékeny magnetométer. A műholdak

teste 1,5 m széles és 85 cm magas. A fedélzeti tudományos műszerek közt vektortér magnetométer, abszolút skalár magnetométer, az elektromos térerősséget mérő berendezés és plazmadetektor, gyorsulásmérő, GPS helymeghatározó vevőberendezés, a térbeli helyzet megállapítására csillagérzékelők, valamint lézertükör található. Ez utóbbi lehetővé teszi, hogy a műholdak pályáját pontos földi lézertáv-méréssel is kövessék. A végleges konfigurációban kettőjük szorosan egymás közelében repül. Pályamagasságuk a kezdeti 490 km-ről fokozatosan 300 km-re csökken. A harmadik műhold 530 km magasságban kering majd, a pólusok fölött húzódó pályasíkja idővel elfordul a másik kettőéhez képest.

Ingyen hozzáférhetők lesznek a Sentinel adatok. Az új európai távérzékelő műholdak adataihoz való szabad hozzáférés elősegíti majd, hogy a társadalom és a gazdaság minél nagyobb hasznát vegye az űrtevékenységnek. A Copernicus (korábbi nevén GMES, Global Monitoring for Environment and Security) az ESA és az Európai Unió (EU) közös, nagyszabású programja. Célja, hogy egységes, operatív, jó minőségű adatokkal dolgozó földmegfigyelő rendszert hozzon létre környezetvédelmi és biztonsági célú alkalmazásokra. A rendszer egyik alappillére az ESA hamarosan induló Sentinel műholdsorozata. A sorozat első űreszközének, a Sentinel-1A radaros távérzékelő műholdnak a startja – bár 2013-ról 2014 elejére csúszott – rövidesen várható.

A Copernicus adatok ingyenes és teljes elérhetőségét mostantól uniós jogszabály (European Delegated Act on Copernicus data and information policy) is garantálja. Az ESA tagállamainak – amelyek nagyban átfednek, de nem teljesen azonosak az EU tagállamokkal – korábban is az volt az álláspontja, hogy a Sentinel holdak adataihoz szabad hozzáférést kell biztosítani. Az uniós döntés ezt a majdani operatív működési fázisban is lehetővé teszi, amikor a műholdak működtetési joga átkerül az ESA-tól az EU-hoz. A remények szerint az új, ingyenes modell ugrásszerűen növeli majd a műholdas távérzékeléssel nyert információ felhasználását a környezeti erőforrásokkal való gazdálkodás, a klímaváltozás kutatása, az európai polgárok biztonságának szavatolása terén. Más szóval egy áttörésnek lehetünk tanúi, a műholdas távérzékelés még a mostaninál is jobban a mindennapi életünk részévé válik. Az előzetes tanulmányok szerint a rendszer kiépítésébe befektetett európai költségvetési források jócskán megtérülnek majd, annak ellenére, hogy az adatokért közvetlenül nem kérnek pénzt. Pontosabban éppen azért, hiszen például az így létrejövő plusz munkahelyek, a gazdasági növekedés bevételeket generál, a csökkenő katasztrófa-elhárítási költségek pedig megtakarítást hoznak. A 2030-ig szóló előrejelzés legalább ötvenezer új európai munkahellyel és 30 milliárd eurós haszonnal számol.

2013. december

Kína a Holdon. December 14-én leereszkedett a Hold felszínére a Csang'e-3 (Chang'e-3) kínai űrszonda. Az eseményeket a kínai központi televízió (CCTV) angol nyelvű adása is élőben közvetítette. A fékezés közép-európai időben 14 óra körül kezdődött. Az egész folyamat a fékező manőver indításától a Hold eléréséig csupán 750 másodpercen át tartott. A kínai holdistennőről elnevezett űrszonda-sorozat harmadik tagja december 1-jén startolt Hszicsangból, 6-án állt Hold körüli pályára. Ez 1976, a szovjet Luna-24 óta az első ember készítette eszköz, amely sima leszállást hajtott végre a Holdon, méghozzá az Esők Tengere (Mare Imbrium) térségében.

A Csang'e-3 egy kb. 140 kg tömegű, hatkerekű holdjárót is magával vitt, amellyel bejárják majd a környéket, helyszíni felvételeket készítve és tudományos méréseket végezve. Bő hét órával a landolást követően le is gördült a Jütu (Yutu, avagy Jáde nyúl) nevű rover. Ezzel megkezdődött a holdjáró mintegy 3 hónaposra tervezett programja. Az egy helyben állomásozó leszálló egység a tervek szerint legalább egy éven keresztül üzemképes maradhat.



Milyen új eredményeket várhatunk a kínaiak űrszondájától, milyen berendezéseket helyeztek el a helyben maradó és a mozgó egységen? Kezdjük a leszálló egységgel, amelynek az elektromos energiával való ellátását napelemek biztosítják. Ugyanakkor elhelyeztek rajta radioizotópos egységet is. A radioaktív plutónium bomlásából származó hőt a más, általában a Naprendszer külső részeire küldött űrszondáktól eltérően nem a műszerek működtetésére, hanem az űreszköz hőmérsékletének szabályozására használják. A szonda

egyik nagy ellensége a Hold kb. két hetes nappali, majd ugyanilyen hosszú éjszakai időszakai között fellépő hatalmas hőingadozás. Míg nappal a Holdon kb. +120 °C-ig felszökhet a hőmérséklet, addig éjszaka igencsak elkel a fűtés: a környezet –150 °C-ig lehűlhet. A holdi éjszakák alatt az egység hibernált állapotba kapcsol, műszerei nem üzemelnek.

A MastCam az árboc tetején elhelyezett kamera. Ezzel készült természetesen a Jütu roverről is az első portré. A színes kamera a leszállóhely környezetének fényképezésére szolgál, geológiai felmérést segíti. Egy másik kamerának a leszálláskor volt fontos szerepe, amikor a Csang'e-3 autonóm módon választotta ki a biztonságos leérkezéshez a megfelelően sima terepet. A miniatürizált kamera az egység alján kapott helyet. A mozdulatlanul egy helyben maradó bázis igazából egy holdi csillagászati obszervatórium szerepét is betölti majd. Ez lesz az első alkalom, hogy egy idegen égitest felszínéről, hosszabb időn át rendszeres csillagászati megfigyeléseket végeznek: a közeli ultraibolya tartományban (245–340 nm) érzékeny, 15 cm-es átmérőjű távcsővel az égboltot figyelik. A teleszkóp célpontjai galaxisok, aktív galaxismagok, csillagok. A földi légkör elnyeli az ibolyántúli tartományba eső elektromágneses sugárzást, ezért itt űrtávcsöveket szokás használni. Egy másik, extrém (nagyobb energiájú, 30,4 nm hullámhosszon működő) ultraibolya képalkotó berendezés tudományos célpontja a földi ionoszféra és plazmaszféra, a naptevékenység rájuk gyakorolt hatása lesz. A széles, 15°-os látómezőbe a Föld látszó átmérőjének 7-8-szorosa fér bele.

Ami a Jütu rovert illeti, azon is utazik egy színes kamera (PanCam), amely két egységből áll. Így a környező terep térhatású felmérésére is alkalmas. A holdjáró tetején levő árbocon kapott helyet. A miniatürizált, kis energiafogyasztású eszköz üzemi hőmérséklete –25 és +55°C között van, de ennél 15–20 fokkal hidegebbet és melegebbet is ki kell bírnia. A látható és közeli infravörös tartományban működő spektrométer a holdi regolit (az égitest felszínét borító por és kőzetek) összetételét elemzi, ahogyan – más módszerrel – az alfarészecske- és röntgenspektrométer is. Ez utóbbi a sziklákat alfa-részecskékkal (vagyis hélium atommagokkal) bombázva, a visszaérkező röntgensugárzás színeképét analizálja. Helye a robotkar. A rover túlzott lehűlése ellen is egy radioizotópos fűtőberendezéssel gondoskodnak. Végül, de nem utolsó sorban a holdjármű alá egy radarberendezést szereltek (Ground Penetration Radar, GPR). Ez a regolit vastagságát méri, a leszállóhely környékén a Hold mélyebb rétegzettségét vizsgálja. Két csatornája közül az egyik, a 60 MHz-es frekvenciájú, kb. egyméteres felbontással, akár 100 m körüli mélységig dolgozik. Az 500 MHz-es radar csak 30 m-re „lát le”, de felbontása jobb, 30 cm-es.

Nyilvánvaló, hogy a Csang'e-3 nem egy igazán fejlett, rengeteg különböző tudományos mérőberendezéssel felszerelt csúcsmodell. Hiszen ez mégis csak a kínaiak első lépése egy idegen égitest felszínén. Már maga a tény, hogy simán és tervszerűen le tudtak szállni és a program eddig kitűnően halad, nagyszerű eredmény. Tudományos szempontból a legtöbb várakozás a rover által vitt radarberendezés munkáját kíséri. Az 1970-es években ez a technológia még nem állt rendelkezésre, így a mostani lesz az első alkalom, hogy a Hold felszíne alatt akár 100 m-es mélységből is közvetlen információt szerezzenek egy a helyszínen működő berendezéssel.

Elindult a Gaia. Pályára állt az ESA legújabb űrcsillagászati szondája, amelynek fő feladata a Tejútrendszer csillagainak minden eddiginél kiterjedtebb és pontosabb felmérése lesz. A Gaia űrszonda a Nap-Föld rendszer külső Lagrange-pontja (L2) felé tart. Ott olyan Nap körüli pályára áll, amelynek keringési ideje egy év. Innen, a vakító Napot és a Földet a „háta mögött” tudva kezdi majd meg szisztematikus égboltfelmérését. Ennek során galaxisunk mintegy milliárdnyi csillagáról gyűjt adatokat. Nem csak a pontos térbeli helyzetüket és annak változását határozza meg, de több színben fényességméréseket is képes lesz mérni, információt gyűjtve a csillagok fizikai tulajdonságairól. Bár ez a mennyiség „csak” a Tejútrendszerben megtalálható csillagok fél-egy százalékát teszi ki, mégis értékes statisztikai információt nyerhetnek belőlük az egész galaxisunk szerkezetéről, felépítéséről. Érzékenységeinek köszönhetően a Gaia megfigyelhető célpontjai között sokkal távolabbi égitestek, aktív galaxis-magok is lesznek. A várhatóan felmérendő mintegy ötszázezer kvazár legjobbainak pozíciói alapján a program végére létrehozhatják az eddigi legpontosabb égi vonatkoztatási rendszert a látható fény tartományában. A Gaia szerepet kap még a Naprendszer újabb kis égitesteinek (kisbolygóknak, üstökösöknek) felfedezésében, valamint a Tejútrendszer csillagai körül keringő óriás-exobolygók megtalálását is remélik tőle.

A szonda december 19-én startolt Dél-Amerikából, a francia guyanai Kourouból, egy orosz gyártmányú Szojuz hordozórakétával és Fregat végfokozattal. A programot először húsz évvel ezelőtt, az elődjének tekinthető Hipparcos asztrometriai (vagyis a csillagok pontos égi helyzetét mérő) műholdja leállása idején javasolták. Az alkalmazott mérési módszer átalakítása után, 2000 óta számít az ESA egyik legfontosabb elfogadott tudományos űrprogramjának. A szonda építésére a megbízást 2006-ban nyerte el az EADS Astrium vezette űripari konzorcium. A kizárólag európai résztvevőkkel folyó program teljes költsége mintegy 740 millió euró. Működési élettartamát 5 évre tervezik, amit féléves kezdeti teszt- és beállítási időszak előz meg.

A Gaia méréseit a fedélzetén elhelyezett két különböző optikai távcsővel végzik. Tükörméretük $1,45 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$. Az $1 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ -es kiterjedésű és 106 különböző, egyenként 4500×1966 pixeles CCD csipből összerakott detektorra érkezik a két távcső által fókuszált fény. Ez összesen közel egymilliárd pixel, vagyis a legnagyobb kamera, amely valaha a világűrbe jutott. A két teleszkóp látóirányának különbsége ($106,5^\circ$) pontosan rögzített érték. Az űreszköz teste lassan forgó mozgást végez majd, a forgástengely iránya is változik az idő előre haladtával. Így a két távcsővel lassan végigpásztázhatják az égboltot, a működési időtartam alatt többször egymás után. Ez módot ad arra, hogy a csillagok pozícióváltozásait is megfigyeljék. Egy-egy objektum nagyjából 70 alkalommal kerülhet a távcsövek látómezejébe.



A távcsövekhez három különböző tudományos berendezés kapcsolódik. Az asztrometriai műszeregyüttes (ASTRO) a csillagok pontos égi helyzetének mérésére készült, egészen a 20 magnitúdós látszó fényességig. Az öt év alatt gyűjtött adatokból megmérhető egyrészt a csillagok parallaxisa, vagyis látszólagos elmozdulása amiatt, hogy a Föld (és persze a Gaia) egy év alatt a pályáján körbekerüli a Napot. A csillag parallaktikus elmozdulása annál nagyobb, minél közelebb van hozzánk, így ebből a távolsága meghatározható. Emellett a csillagok ún. sajátmozgását, vagyis az égbolton egy adott irányba történő szisztematikus elmozdulását is ki tudják mutatni, nagy pontossággal. A fotometriai berendezés (blue photometer/red photometer, BP/RP) a csillagok fényességét méri különböző hullámhosszakon, vagyis egy alacsony felbontású szinképet állít elő a 320

és 1000 nm közötti hullámhosszak tartományában. A fotometriai mérések elemzésével következtetni lehet például a csillagok hőmérsékletére, tömegére, korára, légkörük anyagi összetételére. A radiális sebességek meghatározására szolgáló színeképelemző (Radial-Velocity Spectrometer, RVS) nagyobb spektrális felbontással dolgozik. Célja, hogy megmérje a fényesebb csillagok színeképében látható, a kalciumtól származó jellegzetes elnyelési vonalak Doppler-eltolódását a laboratóriumban mérhető hullámhosszakhoz képest, a 847–874 nm közötti tartományban. Ebből az adott csillag látóirányú sebességét tudják megmérni: mennyivel közeledik hozzánk vagy épp távolodik tőlünk. A három berendezés által nyújtott információ együtt alkalmas arra, hogy a Tejútrendszer nagyszámú csillagának háromdimenziós helyzet- és sebességadatait felmérjék.

Az irányítási pontosság érdekében az űreszközön a lehető legkevesebb mozgó alkatrészt helyezték el. A berendezések egy stabil, minimális hőtágulással rendelkező, ugyanakkor könnyű szilícium-karbid (SiC) vázon kaptak helyet. A Gaia műszereit a közvetlen napsugárzástól egy 10 m átmérőjű ernyő védi, amelynek a Nap felőli oldalára kerültek az elektromos energiát termelő napelemek. Az árnyékolás révén lehetővé válik, hogy az űrszonda CCD kameráinak üzemi hőmérséklete ne haladja meg a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, kellően alacsony zajszintet biztosítva. A Földdel a kapcsolatot egy 4–8 Mbit/s átviteli sebességre képes X-sávú adattovábbító rendszer jelenti. Ez messze nem elegendő ahhoz, hogy az összes keletkező mérési adatot lejuttassák a földi követőállomások antennáihoz, a naponta rendelkezésre álló kb. 8 órás időablakokban. Így a fedélzeten az adatokat tárolni is tudják, valamint előfeldolgozzák, és csak az észlelt objektumok közvetlen környezetét mutató pixelekről származó információt továbbítják.

Sic itur ad astra

A világűr jogi státusza¹

Dr. Csatlós Erzsébet

Szegedi Tudományegyetem, Állam- és Jogtudományi Kar

Dr. Mihálka György

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Jog- és Államtudományi Kar, Budapest

Távol van és mégis közel. A világűr rejtélyei mindig is vonzották az emberiség tudósait, a jogi helyzete azonban elsősorban akkor lett központi kérdés, amikor annak tényleges megközelíthetősége és a távoli jövőben megcsillanó hasznosíthatási lehetősége felmerült. Érdekes módon a szabályozás mintájául a tengerfenék szolgált, habár hasonlóságot legfeljebb jogi szempontból találhatunk a két térség között, viszont a világűrjogot szabályozó jogforrások szűkszavúsága miatt szükségképpen vissza kell nyúlni a tengerjogi források adta lehetőséghez, hogy analógia útján meghatározhassuk az előbbi jogi státuszát. A tanulmány erre tesz kísérletet.

1. A tengerfenék jogi szabályozása

A tengerfenék az állami szuverenitáson kívüli tengeri területen a közteréteg jogi meghatározása, amelyről a tengerjog első kodifikálásakor nem esett szó, pusztán a kontinentális talapzaton érvényesülő parti állami jogosítványokat rögzítették.² A helyzet akkor változott, amikor a gazdasági hasznosítás ténylegesen is elérhetővé kezdett válni. Az ezzel kapcsolatos problémakört Málta képviselője, *Arvid Pardo* 1967. augusztus 18-án prezentálta az ENSZ Közgyűlése előtt,

¹ A tengerjogra vonatkozó részek szerzője Csatlós Erzsébet, a világűrjogra vonatkozó részeké Mihálka György. A szerzőpáros hasonló témában megjelent műve: Az emberiség közös öröksége a XXI. században. *Közjogi Szemle* 2013/3.

² Kifejezetten tengerfenékről, illetve kontinentális talapzatról, mint elkülönülő jogi kategóriáról csak az 1982-es tengerjogi egyezmény óta beszélünk attól függően, hogy az állami szuverenitáson kívül, az az alá eső területről van-e szó. Az állam szárazföldi meghosszabbításaként számon tartott kontinentális talapzat jogi sorsát egy összesen hét érdemi cikkből álló egyezménnyel elrendezték. A kiaknázása még nem volt aktuális téma, így a parti állam jogait nem korlátozták távolsági limitekkel, hanem a Truman-deklarációnak megfelelően a tényleges kiaknázási – elsősorban technikai – képesség volt a lehetőségek határa. A nyílt tengerekről szóló egyezményben a *mare liberum* elvet is ennek megfelelően, a tenger alatti közet által rejtett kincsek kiaknázására vonatkozóan nem deklarálták. Lásd: *North Sea Continental Shelf cases (Federal Republic of Germany/Denmark; Federal Republic of Germany/Netherlands)* [1969] ICJ Reports 1969. p. 22; 41.; Convention on the Continental Shelf, Geneva, 29 April 1958, 499. UNTS 311. 1. cikk; Convention on the High Seas, Geneva, 29 April 1958, 450 UNTS 11. 2. cikk

és javasolta a tengerfenék kincseinek az emberiség közös örökségévé nyilvánítását, amelynek kiaknázása csak az ENSZ felügyelete alatt lehetséges, hogy a hasznokból ne csak a fejlett, gazdagabb államok részesülhessenek.³ 1968. december 21-én a Közgyűlés jóváhagyta a célkitűzést, megkezdte a részletszabályok kidolgozását.⁴ 1969. december 15-én megszületett az ún. moratórium-határozat, amely – ugyan távolsági limitek meghatározása nélkül – a megfelelő nemzetközi rezsim felállításáig megtiltott minden kiaknázási tevékenységet a nemzeti joghatóságon kívül eső tengerfenéken, valamint kizárta a területi igényeket.⁵ Ki kell azonban emelni, hogy a közgyűlési határozatok nem jogi kötőerővel bíró dokumentumok, és ez jelentős érv volt a tőkével bíró fejlett országok részéről, főként, hogy 62 igen, 28 nem, illetve 28 tartózkodó szavazat mellett sikerült csak elfogadni azt.⁶

Ezzel szemben 1970. december 12-én egyhangúlag – 108 igen és 14 tartózkodó szavazat mellett⁷ – szavazták meg az ún. emberiség közös örökségéről szóló határozatot, amelyben a tengerfenék és az altalaj jogi helyzetére vonatkozó elveket rögzítették⁸. Eszerint az ál-

³ Louis B. Sohn: Managing the Law of the Sea: Ambassador Pardo's Forgotten Second Idea. *Columbia Journal of Transnational Law* 1998. 36. p. 287-288.; Edward Guntrip: The Common Heritage of Mankind: An Adequate Regime for Managing the Deep Seabed? *Melbourne Journal of International Law* 2003. 4/2. p. 379.

⁴ Examination of the question of reservation exclusively for peaceful purposes of the sea-bed and the ocean floor, and the subsoil thereof, underlying the high seas beyond the limits of present national jurisdiction, and the use of their resources in the interest of mankind. UN A/Res/2467 (XXIII.). UN Judicial Yearbook 1969, Part II. 15.

⁵ Question of the reservation exclusively for peaceful purposes of the sea-bed and the ocean floor, and the subsoil thereof, underlying the high seas beyond the limits of present national jurisdiction, and the use of their resources in the interest of mankind: report of the Committee on the Peaceful Uses of the Sea-Bed and the Ocean Floor beyond the Limits of National Jurisdiction (agenda item 32) UN A/Res/2574 (XXIV) UN Judicial Yearbook 1969, Part II. 54.

⁶ Christopher Garrison: Beneath the Surface: the Common Heritage of Mankind. *KEStudies* 2007/1. p. 22.

⁷ Garrison: i. m. p. 22.

⁸ Különböző megoldási javaslatok merültek fel. A (1) bejelentési rendszer központi hatóságon keresztül zajló versengő kiaknázási igényeket jelentette volna. A (2) regisztrációs rendszer ezen kívül a regisztrációs kötelezettséget is bevezette volna, de hatóság ellenőrizte volna a kiaknázás tényleges képességét is, hogy a pusztán igényfenntartási célú bejelentéseknek gátat szabjanak. Ennek egyszerűsített változata az államonként meghatározott (3) kvótarendszer kidolgozása a kitermelés egyenlő elosztása érdekében, vagy a (4) a kitermelési területek véletlenszerű kiosztása a kiaknázásra váró államok között. Garrison: i.m. p. 23.

lami szuverenitáson kívül eső altalaj és tengerfenék minősül az emberiség közös örökségének, amely nem lehet állami területszerzés tárgya, nemzetközi rezsim alá kell vonni, és a kincseit csak közös kezelőszervezet útján a deklaráció elveinek tiszteletben tartásával, kizárólag békés céllal lehet kiaknázni.⁹

Az egyhangú határozathozatalt voltak, akik szokásjogban már élő jelenség deklarációjaként értékelték, így a határozatnak ennél foga kötelező erőt tulajdonítottak, ez azonban nem vált általánosan elfogadottá.¹⁰ 1973-ban azonban ismét összehívták a tengerjogi kodifikációs konferenciát, az 1982-ben végül létrejött egyezmény (*United Nations Convention on the Law of the Sea* – UNCLOS) azonban egy „package deal” volt, a tengerfenékre nézve kompromisszum pedig csak 1994-ben született meg, ami a jelenleg hatályos XI. részben található. A szabályozás a tengerfenék kiaknázására szerződött felektől megköveteli a technológia transzfert és a személyzeti képzés metódusának átadását, a közös kezelő szervben nincs arányban a szavazati arány a gazdasági hatalmi státusszal, viszont az egyezmény módosítását bármikor lehetővé teszi, és a kitermelési limiteket is megszüntették.¹¹ Az 1994-es módosítást számos állam aláírta, azonban annál kevesebben ratifikálták.¹² A közös kezelőszerven keresz-

⁹ Declaration of Principles Governing the Sea-Bed and the Ocean Floor, and the Subsoil Thereof, beyond the Limits of National Jurisdiction. UN A/Res/2749 (XXV)

¹⁰ Garrison: i. m. p. 23. Az egyedüli előrelépés, hogy 1971-ben született meg az ún. Seabed Treaty (Tengerfenék-szerződés), amely megtiltja a nukleáris fegyverek tengerfenéken való elhelyezését. Treaty on the Prohibition of the Emplacement of Nuclear Weapons and Other Weapons of Mass Destruction on the Sea-Bed and the Ocean Floor and in the Subsoil Thereof (Seabed Treaty). London, Moscow and Washington on 11 February 1971, 955 UNTS

¹¹ Rukmini Das: Compensation as Equity in Context of Common Heritage of Mankind: a Key to Sustainability and Intergenerational & Inter-Regional Equity. *Nujs Law Review*, 2009/2. p. 270. Időközben a kiaknázás igényének tudatában az érdekelt államok belső jogalkotással is igyekeztek a kérdést rendezni: az USA 1980-ban majd a példáját követte Franciaország, Olaszország, Japán, a Szovjetunió, az Egyesült Királyság, és a Németország. Az egyoldalú állami aktusok jogi kötőerejét számos állam elvetette, mondván azokat a nemzetközi jogközösséggel szemben kikényszeríteni nem lehet, míg az államok másik csoportja azt állította, hogy a nyílt tengerek szabadsága a tengerfenékre sosem vonatkozott, és mint jogilag szabályozatlan térség, nincs akadályja annak, hogy egyoldalú aktusokkal pótolják a hiányt. Letter from R Herrera Cáceres, Chairman of the Group of Legal Experts to the Chairman of the Group of 77, 23 April 1979 (1979) 11 Third United Nations Conference on the Law of the Sea: Official Records 80–2. http://untreaty.un.org/cod/diplomaticconferences/lawofthesea-1982/docs/vol_XI/a_conf-62_77.pdf (2012.10.27.)

¹² Status of the United Nations Convention on the Law of the Sea, of the Agreement relating to the implementation of Part XI of the Convention. http://www.un.org/Depts/los/reference_files/status2010.pdf (2012.11.02.)

tül gyakorolt, a területre irányuló kiaknázási tevékenység pedig jelenleg pusztán az Indiai-óceán területére¹³ koncentrálódik, és jelenleg tizenegy, egyenként 15 éves periódusra vonatkozó kiaknázási szerződés van hatályban, a szerződő felek köre származási országot tekintve pedig igen változatos.¹⁴

2. A világűrjog gyökerei

A tengerjog fejlődésével párhuzamosan, pontosabban még a tengerfenék szabályozását megelőzően foglalkozott az ENSZ Közgyűlése a világűr jogi státuszának meghatározásával. 1957. október 4-én a Szovjetunió felbocsátotta az Szputnyik-1 elnevezésű első mesterséges holdat, és röviddel ezután, 1958-ban a közgyűlés felállított egy *ad hoc* bizottságot a világűr békés célú hasznosításának tanulmányozására, és már ekkor deklarálták az emberiség közös érdekét a világűrben, az emberiség javát szolgáló, békés célú kiaknázást.¹⁵ Ezen elvek fényében¹⁶ 1959-ben hívták életre az állandó jellegű Világűrbizottságot (*Committee on Peaceful Uses on Outer Space – COPUOS*)¹⁷, amely 24 tagjának egyike Magyarország volt.¹⁸ Az első magyar világűrjogi tanulmány is azzal az óhajjal zárul, hogy „a világűrjognak az egyetemes emberiséget kell szolgálnia”.¹⁹

Az államok világűr tevékenységére vonatkozó jogi alapelveket végül 1963-ban az 1962. számú határozatával deklarálta Közgyűlés.²⁰

¹³ United Nations Convention on the Law of the Sea [UNCLOS] Montego Bay, 10 December 1982. 1833 UNTS 3. 1. cikk (1) 1) „Terület”: a nemzeti joghatóság határain túli tengerfenék, óceánfenék, és az alattuk lévő altalaj.

¹⁴ Két kínai vállalat, egy bolgár-cseh-kubai-lengyel-orosz-szlovák közös projekt, valamint Oroszország, a Koreai Köztársaság (Dél-Korea), Japán, Franciaország, India, Németország, Nauru és Toga is képviselteti magát a tengerfenék kiaknázásában. L. International Seabed Authority Handbook 2012. 31. <http://www.isa.org.jm/files/documents/EN/Handbook/HB2012.pdf> (2012.08.19.)

¹⁵ Question of the peaceful use of outer space. UN A/RES/1348(XIII)

¹⁶ International Co-operation in the Peaceful Uses of Outer Space. UN A/RES/1472 (XIV)

¹⁷ Jelenleg 74 tagállammal az ENSZ egyik legnagyobb bizottsága <http://www.unoosa.org/oosa/en/COPUOS/members.html> (2013.07.29.)

¹⁸ Szádeczky-Kardoss László: Felségjog a világűrben. *Élet és tudomány* 1959. 18. p. 564-566.

¹⁹ Declaration of Legal Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space. UN A/Res/1962/(XVIII)

²⁰ Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies [Outer Space Treaty]. London, Moscow and Washington, D.C., 10 October 1967, 610 UNTS 205 (Magyarországon kihirdette: 1967. évi 41. tvr.) 2013. január 1-jei állapot szerint 102 tagállam ratifikálta és 26 már aláírta az egyezményt. <http://www.unoosa.org/oosa/SpaceLaw/treatystatus/index.html> (2013.07.26.)

Ezzel elkezdődött az folyamat, amelynek végén a Hold és más égitestek jogi helyzetének alapelveit meghatározó, *az államok tevékenységét szabályozó elvekről a világűr kutatása és felhasználása terén, beleértve a Holdat és más égitesteket érintő szerződés* [a továbbiakban: Világűrszerződés], a világűr „*Magna Charta*”-ja 1967-ben hatályba lépett.²⁰ Az űralkalmazások gyors fejlődésével a jogi szabályozás kezdetben lépést tudott tartani, sőt bizonyos értelemben meg is előzte a technológiai fejlődést. Ezt példázza az, hogy a Világűrszerződés két évvel hamarabb lépett hatályba az első Holdra szálláshoz képest (1969).²¹ A gyors fejlődés miatt világos volt, hogy a tengerjog évszázados fejlődési folyamatával ellentétben ezt a luxust a világűrjog nem engedhette meg.²²

Megtorpant azonban a lendület az államok Holdon végzett tevékenységét szabályozó egyezményrel [a továbbiakban: Hold-egyezmény].²³ A hatályba lépéséhez bár csak öt állam ratifikációjára volt szükség, ez a Közgyűlés elfogadása után öt évvel, 1984-ben következett be, és jelenleg sem túl népes a részes államok száma²⁴ pedig a világűr jogi helyzetét, azaz az emberiség közös örökségeként való deklarálását itt fogalmazták meg. Ezen a kifejezésen túl azonban az UNCLOS-sal ellentétben nem tartalmaz semmilyen egyéb rendelkezést a jogi helyzetre vonatkozóan.

3. Az emberiség közös örökségének fogalmi elemei: a tengerjogi mankó a világűrjog értelmezéséhez

Dogmatikai szempontból felmerül a kérdés: örökségről lévén szó ki volt az örökhagyó, a *defunctus*?²⁵ A tengerjog esetében még az emberiség talán tekintheti magát közös örökösnek, de a világűr vonatkozásában, ahol nem biztos, hogy egyedül vagyunk értelmes lények, ez nem indokolható.²⁶

A fogalmi elemek tekintetében nincs olyan nemzetközi dokumentum, amely definiálná az emberiség közös örökségét mint joginté-

²¹ Gál Gyula: A világűrjog néhány alapkérdése az ezredfordulón. JURA 2001/2. p. 33. http://jura.ajk.pte.hu/JURA_2001_2.pdf (2013.07.22.)

²² M. Cohen: Towards a Legal Regime in Space. VI. Coll. Paris, 1963. Proceedings. Idézi Gál (2001) i.m. p. 33.

²³ Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies [Moon Agreement] New York, 18 December 1979, 1363 UNTS 3.

²⁴ 2013. január 1-jei állapot szerint 15 állam ratifikálta, négyen aláírták. <http://www.unoosa.org/oosa/SpaceLaw/treatystatus/index.html> (2013.07.26.)

²⁵ Gál Gyula: Some Remarks to General Clauses of Treaty Space Law. Miskolc Journal of International Law 2004. 1/1. <http://www.uni-miskolc.hu/~wwwdrint/20041gal1.htm> (2013.07.22.)

²⁶ Gál (2001) i.m. p. 34.

ményt. A Közgyűlés jogi kötőerővel nem bíró határozatain túl pusztán az UNCLOS tengerfenékre vonatkozó szabályai azok, melyek kifejtik a területre vonatkozó gyakorlati iránymutatásokat. A tanulmányban emiatt a tengerjogi egyezményből kiindulva elemezzük azokat. A dogmatikai tisztázás már csak azért sem kerülhető el, mert az UNCLOS 311. cikkének (6) bekezdése szerint a részes államok²⁷ az emberiség közös örökségének a 136. cikkben meghatározott alapelve tekintetében nem alkalmaznak módosítást, és nem lesznek tagjai olyan megállapodásnak, amely ezt sérti. Kérdés tehát, hogy mit takarnak ezek az elvek – és nemcsak a tengerfenék esetén.

3.1. Az állami területszerzés tilalma

A tengerfenéken a klasszikus területszerzési szabályok nem alkalmazhatóak, a tenger nem *res nullius*, ugyanis az okkupáció által megkövetelt tényleges birtokban tartást a világűrhez hasonlóan itt sem megvalósítható.²⁸ A földrajzi összefüggés elmélete nyomán a tengeri területeken a parti államok speciális jogokat gyakorolnak,²⁹ a Truman-elv korlátlan jogosultságainak³⁰ korláataként jelent meg az emberiség közös örökségének koncepciója azzal, hogy a területen az egyoldalú állami igényeket kizárja, és nem ismeri el.³¹ Ezt a tilalmat a Világűrszerződés II. cikke is kimondja, ez azonban már a Közgyűlés 1961-ben elfogadott 1721-es határozatában lefektette³², két évvel később, az 1962. számú, világűr használatának alapelveit tartalmazó deklaráció III. cikke³³ pedig már gyakorlatilag megegyezik a Világűrszerződés II. cikkével.

²⁷ Az USA a legfőbb állam, amelyik nem részese az UNCLOS-nak, de az ATS összes egyezményének igen. L. www.ats.aq/devAS/ats_parties.aspx?lang=e (2012.01.19.) és http://www.un.org/Depts/los/reference_files/status2010.pdf (2013.09.19.).

²⁸ L. *Eastern Greenland case* (Denmark/Norway) (1933) PCIJ (Ser A/B) No. 53. [a továbbiakban: *Eastern Greenland case*] p. 44-45., 63. és 64.; *Western Sahara, Advisory opinion*, [1975] ICJ Rep. 12. [a továbbiakban: *Western Sahara, Advisory opinion*] p. 39.

²⁹ Wilhelm Georg Grewe – Michael Byers: *The Epochs of International Law*. Walter de Gruyter, Berlin 2000. p. 627.

³⁰ Proclamation Concerning United States Jurisdiction over Natural Resources in Coastal Areas and the High Seas. [Truman proclamation] *Department of State Bulletin* 1945/13. p. 485.

³¹ UNCLOS 137. cikk (1).

³² International Co-operation in the Peaceful Uses of Outer Space. UN A/Res/1721/(XVI)

³³ A világűr és az égitestek sem a szuverenitás igényével, sem használat vagy foglálás útján vagy bármi más módon nem lehetnek a nemzeti kisajátítás tárgyai. L. P. M. Sterns – L. I. Tennen: *Privateering and Profiteering on the Moon and Other Celestial Bodies: Debunking the Myth of Property Right in Space*, WSC Paper No. Cospar 02-A-01933.

A Hold-telkeket árusító cégek arra is hivatkoznak, hogy magán tulajdonszerzés tilalma nincs explicit kimondva³⁴, holott a Hold-egyezmény XI. cikk 3. pontja értelmében sem a Hold felszínén, sem a felszín alatti részén, sem annak bármely részén, vagy természeti erőforrások helyén nem szerezhethet egyetlen állam, kormányközi vagy nem kormányzati szervezet, nemzeti jogi vagy természetes személy tulajdont. Azzal, hogy a Hold³⁵ és természeti erőforrásai az emberiség közös öröksége lett³⁶, már mást jelent az emberiség közös vállalkozásához³⁷ képest.³⁸ Az ENSZ Világűrjogi Albizottságának egyes tagjai 2009-ben kifejezték azon nézetüket, hogy a Hold-egyezményben a „*common heritage of mankind*” és a Világűrszerződésben szereplő „*province of all mankind*” alapelvek pontosítást igényelnek, valamint hogy azok különböző területekre és különböző tevékenységekre vonatkoznak.³⁹

3.2. A békés felhasználás

A tengerjogi egyezmény szerint az államok tengerfenéken gyakorolt magatartásának a béke fenntartása a biztonság és a nemzetközi együttműködés és kölcsönös egyetértés érdekében, az ENSZ Alapokmányának alapelveivel, és a nemzetközi jog egyéb szabályaival összhangban kell állnia.⁴⁰ A részes államok és az érintett nemzetközi szervezetek felelőssége, hogy a joghatóságuk alá tartozó területen és személyek tekintetében ezt betartassák.⁴¹

A felhasználás mibenléte azonban nincs meghatározva. A *travaux préparatoire* szerint napirenden szereplő kérdés volt, végül mégsem lett a szabályozás *expressis verbis* része. Párhuzamba állítható az Antarktisz-szerződés, amely részletezi a békés célú hasznosítást:

³⁴ L. LunarLand.Com. Earth's Oldest, Most Recognized Celestial Real Estate Agency. http://www.lunarlandowner.com/space_law_faq.htm (2013.07.28.)

³⁵ Hold alatt a Naprendszer többi Földön kívüli égitestét, azok keringési pályáit is kell érteni. Hold-egyezmény I. cikk.

³⁶ Hold-egyezmény XI. cikk 1. pont.

³⁷ The exploration and the use of outer space... shall be province of all mankind. Világűrszerződés I. cikk. A hivatalos magyar fordításban „közös vállalkozás”.

³⁸ Frans von der Dunk: Contradictio in terminis or Realpolitik? A Qualified Plea for a Role of 'Soft Law' in the Context of Space Activities. In: Soft Law in Outer Space (szerk. Irmgard Marboe). Böhlau Verlag, Wien – Köln – Weimar 2012. p. 40.

³⁹ L. Report of the Legal Subcommittee on its forty-eight session, held in Vienna from 23 March to 3 April 2009, Annex I. 9-10., A/AC.105/935.

⁴⁰ Uo. 138. cikk.

⁴¹ Uo. 139. (1).

mindenfajta katonai természetű tevékenység megtiltása, úgy, mint katonai támaszpontok létesítése, megerősítése, katonai műveletek végzése, illetve fegyverkísérletek tilalma.⁴² Az 1971-es Tengerfenék-szerződés 12 tengeri mérföldes parti tengeri térségen túl az altalajra és a tengerfenékre vonatkozóan generálisan betiltotta a nukleáris fegyverek alkalmazását, és megerősítette a békés célokra való felhasználásának követelményét. Érdekes tény, hogy a teljes demilitarizáció ellenérve a betartathatóság hiánya és a biztonságpolitikai igények miatt bukott meg.⁴³

A világűr meghódítása során az elsőként elért eredményekért komoly verseny folyt a két nagyhatalom között.⁴⁴ A szovjetek összességében azonban előbbre tartottak az emberes űrrepülés és a nagy teljesítményű rakéták kifejlesztése terén.⁴⁵ Bár nemzetközi síkon a világűr békés célú hasznosítását hangoztatták, a valódi motivációk között az új tér katonai célú használata is fellelhető.⁴⁶ A XXI. század hadiiparában a hírközlési, távérzékelési, meteorológiai adatszolgáltatás elengedhetetlen. Számos műhold kettős felhasználású (*dual-use*)⁴⁷, polgári és a katonai célokat is szolgál, és ezek felbocsátása ellen egyetlen állam sem tiltakozik, így ezt *tacitus consensus*-nak lehet tekinteni.⁴⁸

⁴² The Antarctic Treaty [AT], Washington, 1 December 1959. 402 UNTS 71. 1. cikk.

⁴³ Seabed Treaty Preamble. Signatories of the Seabed Treaty. <http://www.state.gov/www/global/arms/treaties/seabed3.txt> (2013.03.06.)

⁴⁴ Az első években a szovjetek rendre megelőzték az amerikaiakat. Néhány példát említve, 1961. április 12-én elsőként juttattak embert szállító űrjárművet Föld körüli pályára, 1963. június 16-án indult el a Vosztok-6 űrhajóval Valentyina Tyereskova, az első női űrhajós, és 1965 márciusában végrehajtotta Alexej Leonov űrhajós a Voszhod-2 fedélzetét elhagyva az első űrsétát. Almár Iván – Both Előd – Horváth András: SH atlasz Űrtan. Springer Hungarica, Budapest 1996. p. 94.

⁴⁵ John F. Kennedy 1960 októberében az elnökségért folytatott kampányban kijelentette „hadászati űrversenyben állunk az oroszokkal és vesztesben vagyunk (...) A következő évtizedben el fog dőlni a világűr ellenőrzése. Ha a világűrt a szovjetek ellenőrzik, akkor a Földet is ellenőrzés alatt tudják tartani, mint ahogy az elmúlt évszázadokban azok az országok, amelyek ellenőrzésük alatt tudták tartani a tengereket, azok uralták a kontinenseket. David Hobbs: Űrhadviselés. Kossuth Kiadó, Budapest 1994. p. 27.

⁴⁶ Mi sem bizonyítja jobban, mint az a tény, hogy az interkontinentális ballisztikus rakéta körülbelül 30 perc alatt célba ér, ám ha ez a rakéta tengeralattjáróról indítható, akkor 10 perc is elegendő lehet céljának eléréséhez. E rövid repülési időtartamok miatt a katonai műholdak alkalmazása szükségszerűnek tűnik. A ballisztikus rakéták indításakor kiáramló hő érzékelésére az első infravörös felderítő műholdat 1960. május 24-én az Egyesült Államok bocsátotta fel. Hobbs: i.m. 46.; Almár – Both – Horváth: i. m. p. 294.

⁴⁷ Paul B. Larsen: Moon and Mars Exploration and Use, IAC-04-IISL.4.12, Proceedings of the forty-seventh colloquium on the Law of Outer Space p. 375.

⁴⁸ Gál (2001) i.m. p. 37.

A Világűrszerződés IV. és a Hold-egyezmény III. cikke a katonai világűr-tevékenységet összefoglalóan az alábbiak szerint szabályozza. Eszerint a Hold és más égitestek demilitarizált területek, ahol kizárólag békés tevékenység folyhat. Tilos katonai berendezések létesítése, bármilyen fegyverkisérlet, katonai gyakorlat, és nukleáris és más tömegpusztító fegyverek elhelyezése a Föld, Hold vagy más égitestek körüli pályán. Nem tiltott azonban a katonai személyzet felhasználása tudományos kutatás, az égitestek felfedezése vagy más egyéb békés célok érdekében.⁴⁹ Minden egyéb vonatkozásban az olyan katonai tevékenység tilos, amely a nemzetközi úrjogba vagy az általános nemzetközi jogba ütközik.⁵⁰

A „*peaceful use*” értelmezése megosztotta a nagyhatalmakat. Az USA kezdetektől fogva a „*non-aggressive*” álláspontot, a Szovjetunió a „*non-military*” irányt képviselte.⁵¹ A nemzetközi jog ez utóbbi definíciót támogatja.⁵² Mivel a COPUOS-ban konszenzus útján tesznek javaslatokat a Közgyűlés irányába, ennek hiánya miatt nem sikerült eddig definiálni a Világűrszerződés IV. cikkének tükrében a „*militarization*”⁵³ – békés, nem agresszív – és a „*weaponization*”⁵⁴ – nem hasznelvű, törvénytelen karakterű – kifejezéseket.⁵⁵

3.3. A hasznok egyenlő elosztása

A tengerfenék erőforrásai feletti minden jogot az emberiségre mint egészre ruháznak, amelynek nevében a Hatóság cselekszik⁵⁶, és biztosítja, hogy a Területen folytatott tevékenységeket az emberiség egészének hasznára hajtsák végre, tekintet nélkül az államok földrajzi helyzetére, akár partiak, akár tengerparttal nem rendelkezők, de különlegesen mérlegelve a fejlődő államok szükségleteit, valamint azon népeket, melyek nem nyerték még el az ENSZ által elismert teljes függetlenséget, vagy más önkormányzati státuszt. A felhasználás mércéjét a vonatkozó közgyűlési határozatok, főként a 1514 (XV) számú határozat jelenti⁵⁷, a pénzügyi és más gazdasági hasznok megkülönböztetés-mentes alapon történő méltányos megosztásáról pedig szintén a Hatóság gondoskodik.⁵⁸

⁴⁹ Uo. p. 37.

⁵⁰ Hold-egyezmény II. cikk.

⁵¹ Dunk: i. m. p. 50.

⁵² Sa'ïd Mosteshar: Militarization of Outer Space, IAC-04-IISL.5.10, Proceedings of the forty-seventh colloquium on the Law of Outer Space 2005. p. 474.

⁵³ Militarizálás

⁵⁴ Fegyverkezés

⁵⁵ Carl Q. Christol: Missile Launches, Militarization, Weaponization: Security in Space, IAC-09-E8.2.2 6. p. 9.

⁵⁶ UNCLOS 137. cikk (2)-(3).

⁵⁷ Uo. 140. cikk (1).

⁵⁸ Uo. 140. cikk (2).

Jelenleg alig egy tucat ilyen kiaknázási szerződés van hatályban, de hogy mit is jelent a hasznok egyenlő elosztása, és miként szolgálják vele az emberiség érdekét, ez jelenleg nem derül ki egyetlen dokumentumból sem.

A jövőre nézve a Hold-egyezmény XI. cikk 5. pontja, ha majd a Hold természeti erőforrásainak kiaknázása megvalósítható lesz, nemzetközi igazgatás létesítését irányozza elő, amelynek a kihozatal méltányos elosztása lesz a feladata, amely során figyelembe veszik a fejlődő államok érdekeit és szükségleteit, valamint azon országok áldozatvállalását, amelyek közvetlenül vagy közvetve hozzájárultak a Hold kutatásához. Az Egyesült Államok és Oroszország éppen e rendelkezések miatt nem csatlakozott. A csekély számú ratifikáció miatt eddig úgy tűnik, hogy ez egy „halott” nemzetközi egyezmény⁵⁹, ezért fel is merült, hogy a Hold-egyezmény és az emberiség közös öröksége alapelv aktív része-e a nemzetközi világűrjognak⁶⁰. Reményre adhat okot a Világűrbizottság Jogi Albizottsága 2012-ben kiadott jelentésének egy megjegyzése, hogy a „*common heritage of mankind*” koncepciójának a növekvő megértése meggyorsította néhány állam csatlakozását a Hold-egyezményhez.⁶¹

3.4. Nemzetközi kezelőszervezet

A tengerfenék esetén a Nemzetközi Tengerfenék Hatóság felállítására 1994-ben került sor. A szervezetben, vagyis a 36 tagú, Tanács nevű főszervben 12 olyan állam ül, akik a cél szempontjából a legnagyobb gazdasági potenciált képviselik, míg a többség, 18 állam, az egyenlő földrajzi eloszlás elvének biztosításával van jelen, feltéve, hogy mindegyik földrajzi régióból legalább 1 tagot megválasztanak. Ezen rendelkezés alkalmazásában a földrajzi régiók: Afrika, Ázsia, Kelet-Európa (szocialista), Latin-Amerika, Nyugat-Európa és egyéb. Ezen felül 6 tagot azok közül a fejlődő államok közül választanak, amelyek különleges érdeket képviselnek: a nagy népességgel rendelkező államok, a tengerparttal nem rendelkező vagy földrajzilag hátrányos fekvésű államok, melyek a tengerfenékről származó ásványosztályok legnagyobb importőrei, vagy ezeknek potenciális termelői, valamint a legkevésbé fejlett államok.⁶² Mivel a Hatóság hozza a

⁵⁹ Stephan Hobe: International Space Law in its First Half Century, 2006 IAC-06-E6.5.01, 3. o.

⁶⁰ E. E. Weeks: Previewing a Series of Potentially Cataclysmic Events, IAC-04-IISL.3.11, Proceedings of the forty-seventh colloquium on the Law of Outer Space, 2005. p. 316.

⁶¹ Report of the Legal Subcommittee on its fifty-first session, held in Vienna from 19 to 30 March 2012, A/AC.105/1003, 55. pont

⁶² UNCLOS 161. cikk (1)

döntéseket, így az összetétel nyomán leképeződik az emberiség. Ez már csak azért is jelentős, mert nem valósulhat meg az emberiség érdekében való irányítás, ha az irányítótestület döntéshozatali rendszere a tagság miatt erre nem alkalmas.⁶³

A világűrben megtalálható nyersanyagok kibányászásából származó hasznok elosztására még nem létesítettek testületet, a jövőbeni kiaknázás elveit sem igyekeztek lefektetni,⁶⁴ azonban e tevékenységek technológiai megvalósításának az ideje közeleg,⁶⁵ és a tengerjoghoz hasonlóan *ex ante* lenne szükség a szabályozás kidolgozására.

4. Következtetések és elhatárolások

A világűrjog esetében koncepcionális kérdés, hogy vajon a tengerjogban lefektetett, az emberiség közös örökségének jogintézménye és fogalmi elemei vajon szokásjogi szabályként is érvényesülhetnek, és analógia útján alkalmazhatóak-e. Ha ugyanis nem áll fenn ez a helyzet, akkor probléma adódik, hogy vajon a világűrjogra vonatkozó emberiség közös öröksége titulus milyen jogi tartalommal bír. Az 1994-es, a tengerjogi egyezményt módosító egyezményt 160 állam írta alá, és ebből csak 18 nem erősítette meg, arról viszont vita van, hogy vajon lehet-e szokásjognak tekinteni a joghatóságára vonatkozó szabályokat, vagy sem.⁶⁶ A koncepció, vagyis a materiális elem már az 1960-as évek vége óta él a köztudatban, de abban nem sikerült megegyezni, hogy 1994-ben kodifikációra került-e sor, vagy sem. Az *opinio iuris* megléte pedig az egyezményi ratifikáción túl az

⁶³ Ugyan nem minősül az emberiség közös örökségének, sokszor mégis hasonló rezsimként titulálják az Antarktiszon fennálló rendszer. Az Antarktisz-egyezmény alapján a területet nemzetközi igazgatási fórum irányítja. Főszabály szerint az emberiség érdekében cselekednek, de szavazati jogot csak az 1959-es Antarktisz szerződést eredetileg megkötő államok – vagyis azok, akik területi igényről mondtak le, illetve élhette volna –, és a térségben kutatást végző – vagyis a tőkét a térségbe importáló – államok kaptak. AT IX. cikk 2.F. M. Auburn: *Antarctic Law & Politics*. C. Hurst & Company, London 1983. p. 147-54.; Deborah Waller Cook: *Death of a Treaty: the Decline and Fall of the Antarctic Minerals Convention*. *Vanderbilt Journal of Transnational Law* 1989/22. p. 641. A szavazati joggal bíró (konzultatív tagok) és az azzal nem rendelkező államokat (nem konzultatív tagok) lásd: Parties. http://www.ats.aq/devAS/ats_parties.aspx?lang=e (2013.08.08.)

⁶⁴ Hobe: i. m. p. 7.

⁶⁵ Charles Simonyi: *"The commercialization of space began with communications satellites and is developing for human spaceflight. The next logical step is to begin the innovative development of resources from space. I'm proud to be part of this effort."* <http://www.planetaryresources.com/team/> (2013.07.28.)

⁶⁶ Status of the United Nations Convention on the Law of the Sea, of the Agreement relating to the implementation of Part XI of the Convention. http://www.un.org/Depts/los/reference_files/status2010.pdf (2013.11.02.)

államok egyoldalú magatartását is feltételezi, ugyanis még mindig vannak olyan államok, amelyek jelentős gazdasági potenciállal bírnak, érdekeltek a kiaknázásban, de a tengerjogi egyezmények nem részesei.⁶⁷

A magán űrtechnológia gyorsuló ütemű fejlődése és a Hold-egyezmény csekély számú ratifikációja veszélyezteti az emberiség közös örökségének intézményi fenntarthatóságát a világűrben. Amikor az űrben a természeti erőforrások kitermelése megvalósítható lesz, már késő nemzetközi rezsimet létrehozni. A tengerfenék nemzetközi jogi státusát tekintve ugyan találunk néhány kodifikált fogalmi jellemzőt, ám az alig 10 éve megindult hasznosítási gyakorlat mellett sem került arra sor, hogy ezeket pontosítsák, hogy végre kiderüljön: mi a haszna az emberiségnek az örökségének titulált tengerfenékből.

Tény azonban, hogy az emberiség közös öröksége nem minősíthető *res communis*, sem *res/terra nullius* kategóriaként, viszont mind ebből kifolyólag, a hatályos, tengerfenékre és világűrre vonatkozó szabályozást tekintve, bizonyosan *res extra commercium*. A *res communis omnium usus* jogállású terület legfőbb sajátossága ugyanis a szabad használat, hasznosítás lehetősége,⁶⁸ amely a tengerfenék esetében nyilvánvalóan nem értelmezhető, hiszen a közös kezelőszervezet jogosult dönteni a kiaknázás kérdéséről, és az *emberiség érdekében* kezeli a hasznokat. Habár az emberi uralom alá vonása és a szuverenitás fenntartása⁶⁹ a megfelelő technikai feltételek rendelkezésre állása esetén napjainkban már nem jelent olyan problémát, mint Truman elnök idején, de a tengerjogi egyezmény vonatkozó módosítása, a tengerfenék jogi helyzetének szabályozása teljes mértékben elzárta az utat az állami okkupáció lehetőségétől.⁷⁰

Nem azonos továbbá a világörökség fogalmával sem, amelyre vonatkozóan az UNESCO 1972-ben fogadta el egyezményét. A hatálya alá emlékművek, épületek, épületegyüttesek, helyszínek, tájak, geológiai és fiziográfiai, valamint fizikai és biológiai alakulatok tartoz-

⁶⁷ Erkki Holmila: Common Heritage of Mankind in the Law of the Sea. *Acta Societas Martensis* 2005. 1. sz. 202-203. o.

⁶⁸ L. Kemal Baslar: The Concept of the Common Heritage of Mankind in International Law. Martinus Nijhoff Publishers, The Hague 1998. p. 40-41.

⁶⁹ Az okkupáció feltételeiről lásd: Afrika némely (Kongó) vidékére vonatkozó kérdések szabályozása iránt tartott berlini értekezlet főokmányának [Kongó Akta] becikelyezéséről. Magyar fordítás: 1886. évi XIV. törvénycikk, 34–35. cikk; Eastern Greenland case 44-45., 63. és 64. o.; Advisory Opinion on Western Sahara (1975) p. 39.; Paul Fauchille: *Traité de droit international public* I. Rousseau, Paris 1925. p. 701.

⁷⁰ UNCLOS 137. cikk (1)

nak, amelyeket az egyezményben részes állam jelöl ki vagy határol körül.⁷¹ A legfontosabb különbség tehát az emberiség közös öröksége valamint a világörökség között, hogy az előbbi az állami szuverenitáson kívül esik, míg az utóbbi az államterület része. A kulturális örökségvédelem esetében is van egy közös, államok feletti szervezet,⁷² sőt, pénzügyi alap is,⁷³ de a rendelkezések végrehajtása, a tényleges védelmi funkció gyakorlása annak az államnak a feladata, amelynek a területén az adott világörökség található.

Az emberiség közös érdeke (*common concern of humanity*) a környezetvédelemmel szorosan összefüggő fogalom, és sokszor összefüggésbe hozzák az emberiség közös örökségével. Weeramantry bíró a Bős-Nagymaros ügyben úgy nyilatkozott, hogy a nemzetközi jog olyan időszakát éljük, amikor az az államok érdekein túl az emberiség, valamint Föld jólétét is figyelembe veszi.⁷⁴ Itt kell kitérni arra, hogy az emberiség nem az államok összességét jelenti, hanem annál többet: a Föld és a jövő nemzedékének potenciális szimbiózisát. Ezt a jelenséget, és ennek igényét írja le az emberiség közös érdekének jogintézménye.

Összegzés

Az emberiség közös örökségének koncepciója annak ellenére, hogy évtizedek óta jelen van a köztudatban, a mai napig nem éri el az egyértelmű és kifejezett szabályozás szintjét. A magán-úrtechnológia gyorsuló ütemű fejlődése és a Hold-egyezmény csekély számú ratifikációja veszélyezteti az emberiség közös örökségének intézményi fenntarthatóságát a világűrben. Amikor az űrben a természeti erőforrások kitermelés megvalósítható lesz, már késő nemzetközi rezsimet létrehozni. A tengerfenék nemzetközi jogi státusát tekintve ugyan találunk néhány kodifikált fogalmi jellemzőt, ám az alig 10 éve megindult hasznosítási gyakorlat mellett sem került arra sor, hogy ezeket pontosítsák, hogy végre kiderüljön: mi a haszna az emberiségnek az örökségének titulált tengerfenékből.

⁷¹ Convention concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage [World Heritage Convention] Paris, 16 November 1972, 1037 UNTS 151, 1-3. cikk.

⁷² Uo. 8-14. cikk

⁷³ Erre vonatkozóan l. uo. 15-26. cikk.

⁷⁴ Case concerning the Gabčíkovo-Nagymaros Project (Hungary v. Slovakia) 1997 ICJ Rep. 7. Separate opinion of Judge Weeramantry, p. 115.

Felszínről mért és műholdadatokból származtatott ózonmennyiségek összehasonlítása

**Kocsis Zsófia, Tóth Zoltán, Gróbné Szenyán Ildikó,
Dr. Putsay Mária**

Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest

Az EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites – Meteorológiai Műholdak Hasznosításának Európai Szervezete) felismerte a nyomgázok műholdas mérésének fontosságát, ezért hozta létre az Ózon és Levegőkémiai Munkacsoportot (Ozone and Atmospheric Chemistry Monitoring Satellite Application Facility, röviden Ózon SAF). Ez a Munkacsoport a MetOp poláris meteorológiai műholdak mérései alapján származtat, validál, archivál és rendelkezésre bocsát különböző nyomgázokra, aeroszolokra, felszíni UV sugárzásra vonatkozó adatokat. Munkánkhoz ezek közül a MetOp-A műholdon található GOME-2 műszer méréseiből származtatott légköri összózon és ózon profil adatokat használtuk fel. A méréseket két külön módszerrel, eltérő felbontásban végzik. Célunk, hogy a műholdadatokból kétféleképpen származtatott összózon értékeket egymással is és felszíni mérésekkel is összehasonlítsuk.

Bevezetés

Az északi félteke és az Antarktis felett a sztratoszférikus ózon mennyisége jelentős mértékben csökkent az utóbbi években, ennek következtében az ultraibolya (UV) sugárzás megnőtt. Az UV sugárzás erősödése megnöveli egyes betegségek kialakulásának valószínűségét a sugárzásnak kitettek körében: bőrrák, szembántalom, immunrendszer gyengülése, stb. Az UV sugárzásnak nem csak az emberekre vannak káros hatásai, hanem a növényzetre és az állatokra is.

Az ózon több hullámhossztartományban is elnyel, mellyel módosítja a légkörön áthaladó sugárzás erősségét. Ezért az ózommérések a klímakutatás és a numerikus időjárás-előrejelző modellek számára is fontosak.

Az ózon mérésének két különböző módja van: in-situ (helyben történő) mérések (ózenszondás mérések), valamint távérzékeléssel történő (felszíni sugárzásmérővel vagy műholdról végzett) mérések. A felszíni vagy felszínről indított mérések pontszerű információt szolgáltatnak, ezek igen költségesek, ezért csak kevés helyen van-

nak ilyen mérések – Magyarországon például csak egy helyen mérnek összózon tartalmat, ózonszondázás pedig nincsen –, és azok is egyenlőtlenül helyezkednek el a Föld felszínén. Így az egész Földre kiterjedő teljes képet nem adnak, erre csak a műholdas mérések képesek. Az Antarktisz feletti ózonréteg vékonyodást is műholdas mérések segítségével vették észre.

A műholdakkal történő ózonmegfigyelés előnyei a hagyományos mérésekkel szemben a nagy területi lefedettség és az adatsorok homogenitása (ugyanazzal a műszerrel, kiértékelési algoritmussal történik a mérés a Föld különböző területein).

A felhasznált műholdadatok

Az összózon mennyiség a vertikális légoszlopban található ózongáz összmenyiségét jelenti. Az ózon profil pedig a vertikális légoszlopban az ózon gáz mennyiségének függőleges eloszlása. Ha az ózon profilt vertikálisan integráljuk (összegezzük), akkor az összózon mennyiséget kapjuk meg.

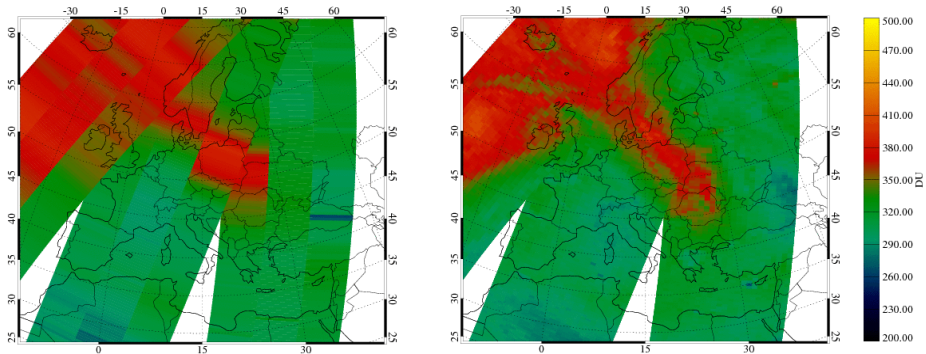
Az összózon produktumot Németországban, a DLR-ben (German Aerospace Center) készítik, melyhez egy klasszikus DOAS-AMF illesztési módszert használnak [3]. A produktum 24 ún. „forward” és 8 „backward” pixelből áll, melyek horizontális felbontása $40\text{ km} \times 80\text{ km}$ a „forward”, és $40\text{ km} \times 240\text{ km}$ a „backward” pixeleknél. Munkánkban csak a „forward” pixeleket használtuk.

Az ózon profil produktumot az Opera (Ozone Profile Retrieval Algorithm) algoritmus alapján Hollandiában, a KNMI-ben (Royal Netherlands Meteorological Institute) készítik. Ezzel az algoritmus-sal a műhold által, az ultraibolya-látható tartományban mért visszavert sugárzásból ózon profilt határoznak meg [2]. A produktum horizontális felbontása $40\text{ km} \times 640\text{ km}$.

Ahhoz, hogy a két produktumot össze tudjuk hasonlítani, az ózon profilból is készítettünk összózon produktumot (integrált ózon profil) úgy, hogy vertikálisan összegeztük az értékeket pixelenként. Az összózon és ózon profil fájlok nem ugyanolyan horizontális felbontásúak, az ózon profil pixelek nyolcszor olyan nagyok, mint az összózon pixelek. Úgy döntöttünk, hogy az összehasonlítás érdekében az összózon felbontását rontjuk le, hogy a két produktumnak megegyezzen a felbontása.

Az összehasonlításhoz használt statisztikai mérőszámok

Az integrált ózon profil és az összózon produktumok összehasonlításhoz az átlagos hiba (ME), abszolút átlagos hiba (MAE) és a négyzetes átlagos hiba (RMS) értékeket számoltuk ki.



1. ábra: Példa az integrált ózon profilra (bal) és az összózon produktumra (jobbra).

Az alábbi formulákban P_i az integrált ózon profilt, M_i pedig a rontott felbontású összózont jelöli (mindkettő Dobson-egységben):

$$ME = \frac{1}{N} \sum_i (P_i - M_i)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_i |P_i - M_i|$$

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i (P_i - M_i)^2}$$

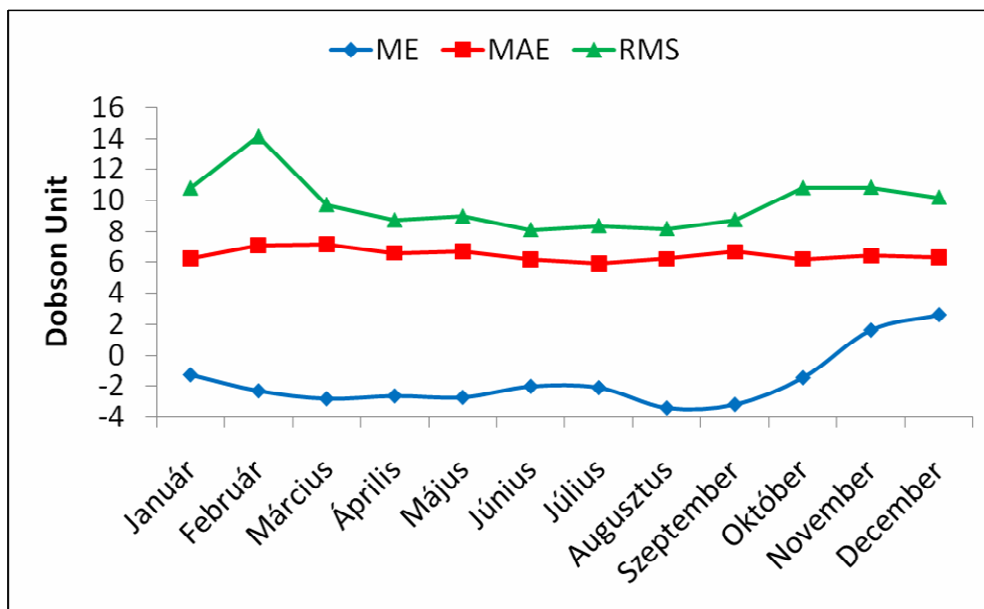
Az integrált ózon profil és a rontott felbontású összózon összehasonlítása

Az összehasonlítást 2009-re a teljes földgömbre vonatkozóan végeztük el. Az egész évre vonatkozó eredmények az 1. táblázatban láthatóak. Azt találtuk, hogy az integrált ózon profil kisebb értéket ad, mint a rontott felbontású összózon. Az ME körülbelül $-1,6$ Dobson-egység (DU), szórása kb. $9,8$ DU. (Egy Dobson-egység azt jelenti, hogy adott légoszlopban $0,01$ mm vastagságú rétegnek megfelelő kén-dioxid található. A függőleges légoszlopban levő összes kén-dioxid gázt standard hőmérsékletre és nyomásra hozva ennyi század mm magas oszlopot kapnánk.)

	ME	MAE	RMS	Integrált ózon profil átlag	Rontott felbontású összózon átlag	Adatok száma
2009	-1,61	6,43	9,83	289,76	291,61	6318038

1. táblázat: Statisztikák az egész évre vonatkozóan

A különböző mutatókat minden hónapra külön is kiszámoltuk. Novemberben és decemberben az integrált ózon profil értékei nagyobbak, mint a rontott felbontású összózon értékei, az év többi részében ez fordítva van (2. ábra).



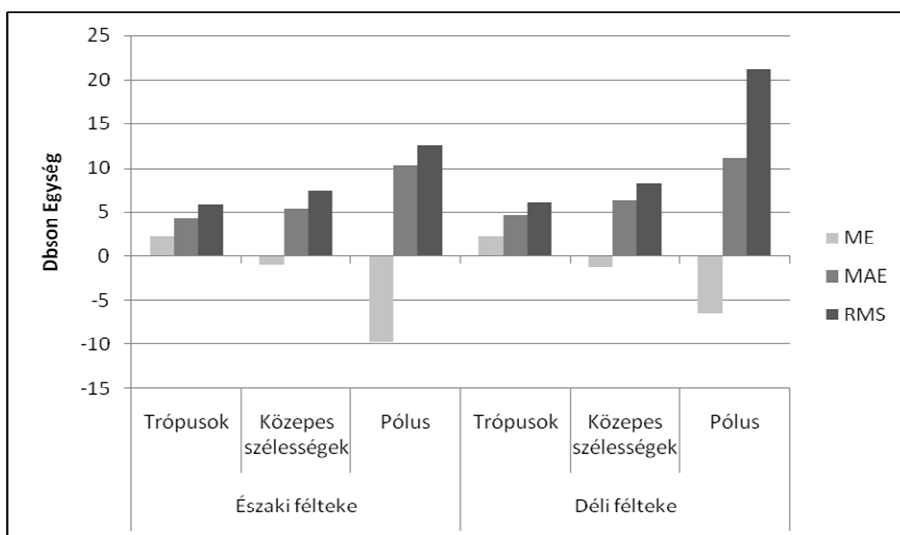
2. ábra: Havi bontású statisztikák 2009-re

Az abszolút átlagos hiba a hónapok változásával nem mutat számottevő eltérést, az RMS október és február között kicsit nagyobb, mint az év többi részében, maximuma februárban van. A különböző átlagértékek és a felhasznált adatok száma a 2. táblázatban látható.

	Január	Február	Március	Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember	Október	November	December
Integrált ózon profil átlag	279,93	289,05	306,80	317,21	314,30	304,52	293,52	289,94	284,93	279,67	277,92	286,39
Rontott felbontású összózon átlag	281,21	291,36	309,63	319,85	317,04	306,53	295,64	293,36	288,13	281,15	276,33	283,79
Adatok száma	50 5638	47 4418	52 1872	52 3502	54 4927	53 2346	55 1013	55 4404	44 7547	56 1678	53 6637	56 4056

2. táblázat: Az átlagértékek és a felhasznált adatok száma a havi statisztikákhoz

A 3. ábrán a különböző területekre vonatkozó statisztikai mérőszámok szerepelnek. A trópusokon az integrált ózon profil nagyobb értékeket ad, mint a rontott felbontású összózon, míg a közepes szélességeken és a pólusoknál ez fordítottnan jelentkezik. A trópusról a pólusok irányába a statisztikai mutatók értéke nő, kivétel az átlagos hiba, mely a közepes szélességeknél volt a legkisebb. Az északi és déli féltekék között nem látható jelentős különbség a pólusokat leszámítva. Az átlagos hiba az északi pólus felett nagyobb, míg a MAE és RMS értékek a déli pólus felett nagyobbak.



3. ábra: Statisztikák a különböző területekre

A különböző átlagértékek és a felhasznált adatok száma a 3. táblázatban látható.

	Északi félteke			Déli félteke		
	Trópusok	Közepes szélességek	Pólus	Trópusok	Közepes szélességek	Pólus
Integrált ózon profil átlag	259,61	322,17	343,35	255,73	295,41	256,91
Rontott felbontású összózon átlag	257,35	323,07	353,02	253,45	296,71	263,34
Adatok száma	874793	1556325	721765	873945	1438051	496999

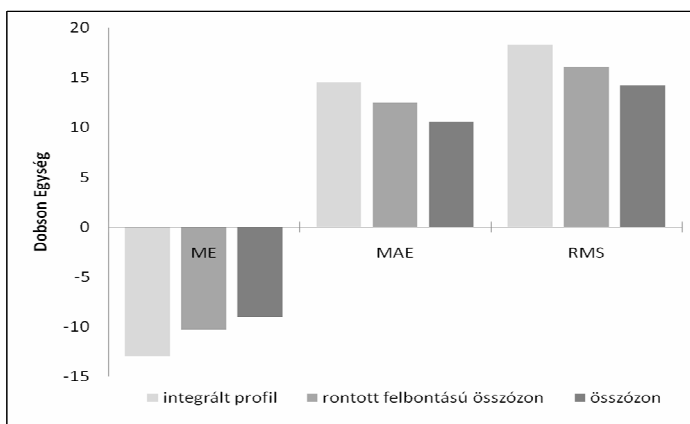
3. táblázat: Az átlag értékek és a felhasznált adatok száma a különböző területekre

Az űrből és a felszínről mért ózonmennyiségek összehasonlítása

Mindkét ózon produktumot (integrált ózon profil és rontott felbontású összózon) összehasonlítottuk a budapesti felszíni mérésekkel. Ezek a felszíni mérések egy Brewer MKIII dupla monokromatikus spektrofotométerrel (No. 152) történtek az Országos Meteorológiai Szolgálat Marcell György Főobszervatóriumában. A gyártó ajánlása alapján a műszert két évenként az „utazó világ referencia” spektrofotométerhez kalibrálják. Annak érdekében, hogy a műszer a legpontosabb maradhasson, napi és havi szinten is különféle teszteket végeznek el a műszerrel. A méréseket (és a teszteket is) a Nap meghatározott zenitszöge mellett végzik, így az ózon értékeket körülbelül minden tizenötödik percben kapunk.

A felszíni mérést összehasonlítottuk a műholdadatokból származtatott ózonprofilból számolt összózon tartalommal (integrált ózon profil), a rontott felbontású összózon mennyiségekkel, valamint az eredeti felbontású összózon tartalommal is.

Az összehasonlításhoz kiválogattuk azokat a pixeleket, ahol Budapest található. A felszíni mérések közül azokat használtuk, melyek időben legközelebb voltak a MetOp-A átvonuláshoz. Amennyiben az időkülönbség az átvonulás és a felszíni mérés között több volt, mint 5 perc, akkor az előző és következő mérésből interpolált adatot használtuk fel. Így összesen 282 adatpárt kaptunk, melyekből a statisztikai mérőszámokat számoltuk.



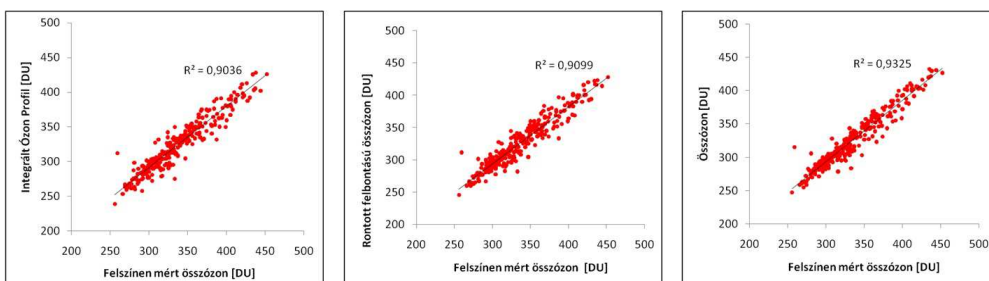
4. ábra: Összehasonlítás a budapesti felszíni mérésekkel

Az eredmények azt mutatják, hogy a műholdas mérések kissé alulbecslik a felszíni méréseket. Az összózon produktum áll legközelebb a spektrofotométer méréseihez, legtávolabb pedig az integrált profil (4. ábra). A műholdas produktumok közti különbség kisebb, mint a műholdas mérések és a felszíni mérések közötti különbség.

	Integrált ózon profil	Rontott felbontású összózon	Összózon	Mérés
Átlag	323,14	325,90	327,39	336,15
Adatok száma	282	282	282	282

4. táblázat: Az átlagértékek és a felhasznált adatok száma

Az 5. ábrán jól látszik, hogy a műholdas becslések kissé alulbecslik a felszíni méréseket. Az alulbecslés mértéke függ a mért ózon mennyiségétől: minél több ózont mérnek a műszerek, annál inkább alulbecslik a műholdas mérések a felszíni méréseket. A korrelációs együttható mindhárom esetben 0,9 felett van, legkisebb az integrált ózon profil esetén, legnagyobb az eredeti felbontású összózonnál.



5. ábra: A felszínen mért a műhold által mért ózonmennyiségek közti összefüggések

Összefoglalás

Vertikálisan integráltuk az ózon profil produktumot, így kaptunk egy becslést a légoszlopban található ózonmennyiségről. Ezt hasonlítottuk az O3MSAF munkacsoport összózón produktumával a 2009-es évre vonatkozóan. Azt találtuk, hogy integrált ózon profil kisebb értékeket ad, mint az összózón produktum az időszak nagy részében, kivéve a novemberi és decemberi hónapokat. Az összehasonlítást elvégeztük különféle (trópusok, közepes szélességek, pólusok) térségekre bontva is. Az integrált ózon profil a trópusok felett nagyobb értékeket ad, mint az összózón. A közepes szélességek és a pólusok felett az összózón értékei nagyobbak, mint az integrált ózon profilé. Az északi és déli féltekék között jelentős különbségeket a pólusok kivételével nem láttunk.

Az ózon produktumokat a budapesti Brewer spektrofotométer méréseivel is összevetettük. A műholdas mérések jól közelítik a felszíni méréseket, 2–4%-os alábecslést tapasztaltunk. Azt találtuk,

hogy az alábecslés mértéke a mért ózon mennyiségétől függ: minél több a mért ózon mennyisége, annál inkább alulbecsülnek a műholdas mérések. A felszíni és műholdas mérések közti különbség nagyobb, mint a két műholdas produktum közötti eltérés. A kétféle produktum közti eltérés az előállításuk során használt algoritmusok miatt van.

Köszönetnyilvánítás

Ez a munka az *URKUT_10-1-2011-0018* számú pályázat keretein belül valósult meg. Ezúton köszönjük az EUMETSAT O3MSAF munkacsoportnak, hogy rendelkezésünkre bocsátották a felhasznált adatokat.

Irodalomjegyzék

- [1] Loyola R.D., Zimmer W., Kiemle S., Valks P., Ruppert T. (2009): Product User Manual for GOME Total Columns of Ozone, Minor Trace Gases, and Cloud Properties. Available on-line on the O3MSAF home page: <http://o3saf.fmi.fi/>
- [2] Tuinder O. (2009): Product User Manual for the Near Real Time and Offline Ozone Profile. Available on-line on the O3MSAF home page: <http://o3saf.fmi.fi/>
- [3] Valks P., Loyola D., Hao N., Rix M., Slijkhuis S. (2009): Algorithm Theoretical Basis Document for GOME-2 Total Column Products of Ozone, NO₂, SO₂, BrO, H₂O, tropospheric NO₂ and Cloud Properties. Available on-line on the O3MSAF home page: <http://o3saf.fmi.fi/>

RadioAstron, egy hihetetlen történet¹

Dr. Gabányi Krisztina Éva

Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai
Kar, Kísérleti és Elméleti Fizikai Tanszékek
MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont,
Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, Budapest

Sok űrcsillagászati projekt megvalósulása tart jóval hosszabb ideig, mint azt megálmodóik tervezték, de a RadioAstron ezek között is dobogós helyezést érne el – már ami a késés időtartamát illeti. A projekt az Orosz Tudományos Akadémia Lebegyev Fizikai Intézetében, Nyikolaj Kardasov vezetésével ugyanis az 1980-as évek elején körvonalazódott (1982-ben még RACSAT néven), és akkoriban a műhold felbocsátását 1993-ra tervezték. Végül ez csak 18 évvel később, 2011. július 18-án történt meg Bajkonurból, Kazahsztánból (a projekt vezetését azóta Kardasov mellett Jurij Kovaljov végzi). A késlekedés fő oka a Szovjetunió szétesése és ezzel párhuzamosan gyökeresen átalakuló világpolitikai helyzet volt. (Természetesen alapvetően a fenti események hatására bekövetkező pénzühiány miatt került annak idején parkolópályára a program.)

De miért is van szükség egy Föld körül keringő rádióantennára, hiszen a rádióhullámok nagy része, a néhány mm és a néhányszor 10 méter közötti hullámhossztartományban, különösebb akadály nélkül áthatol a légkörön? A válasz a felbontóképesség növelése. Egy adott átmérőjű távcsővel minél hosszabb hullámhosszakon végzünk csillagászati megfigyelést, a szögfelbontás annyival rosszabb lesz. Viszont nagyobb átmérőjű távcsövet használva a felbontóképesség növelhető. Az optikai és a rádiótartomány között a hullámhosszban négy-nyolc nagyságrendnyi különbség van. Tehát ahhoz, hogy ugyanolyan jó felbontást érjünk el a rádiótartományban végzett mérések során, mint az optikaiban, megépíthetetlenül hatalmas antennákat kellene használnunk. Szerencsére azonban rádiótartományban megvalósítható az interferométeres megfigyelési technika. Ennek lényege, hogy egyszerre több, egymástól messze elhelyezkedő rádióantenna figyeli ugyanazt az égi objektumot. Az érzékelt jeleket rögzítik, majd később visszajátsszák és korrelálják. Ily módon az elérhető felbontás sokszorosa a résztvevő antennák egyedi felbontóké-

¹ A munka a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

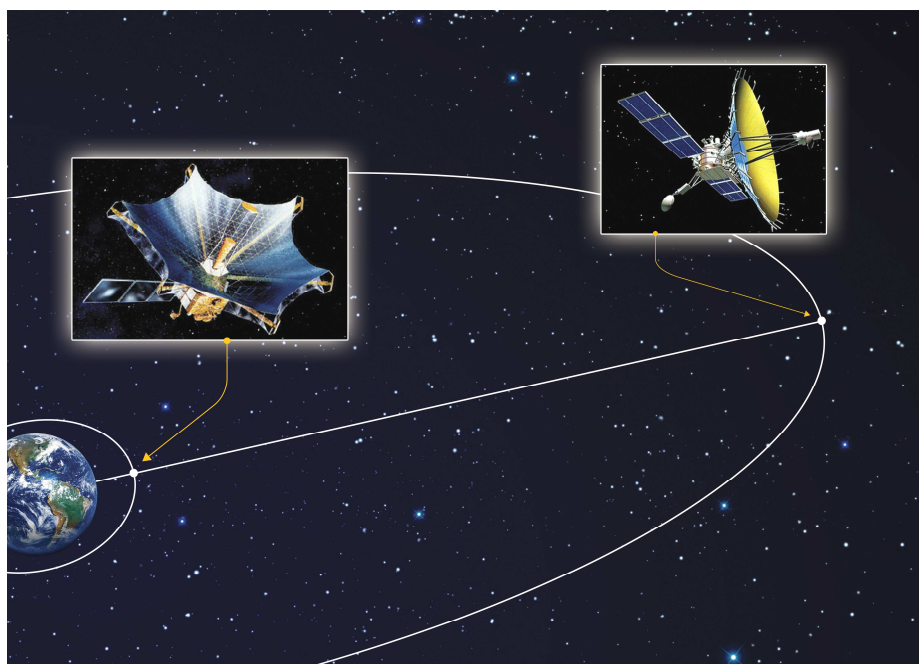
pességének; a felbontást a legnagyobb bázisvonal, azaz az antennák közötti legnagyobb távolság határozza meg. Ezt a technikát angol rövidítéssel VLBI-nek (Very Long Baseline Interferometry), nagyon hosszú bázisvonalú interferometriának nevezik. A rádióantennák összekapcsolt rendszere ebből a szempontból úgy működik, mint egyetlen hatalmas antenna, melynek átmérője megegyezik a leghosszabb bázisvonal hosszával. A Földre telepített antennák hálózataival centiméteres hullámhosszakon ezredívmásodpercnél is jobb felbontást lehet elérni. Az egyik antenna Föld körüli pályára állításával azonban a felbontás még tovább növelhető, ez az űr-VLBI. A RadioAstron tehát ezt a technikát volt hivatott megvalósítani.



*A RadioAstron felbocsátása egy Zenyit-3F hordozórakétával.
(Kép: Orosz Űrugynökség)*

A RadioAstron program késése miatt az űr-VLBI technika első dedikált űreszköze a japán HALCA műhold lett, amelyet 1997-ben bocsátottak fel és nemzetközi összefogás keretében páratlanul sikeres tudományos programot valósított meg több mint nyolc éves működése alatt. (A program rövidítésével egyébként – VLBI Space Observatory Programme, röviden VSOP – a laikus konyakkedvelő is gyakran találkozhat a mindennapokban.) A RadioAstron a HALCA-ra mind az antenna méretében, mind a pálya magasságában, mind a fedélzeten elhelyezett rádiócsillagászati vevőkben ráígyért. Nyolc méteres helyett tíz méteres átmérőjű antenna, 21 000 km helyett több mint 350 000 km-es földtávolságot, ebből következően 6 óra helyett

több mint 8 napos keringési periódus, három vevő helyett négy. (A HALCA esetében az eredetileg tervezett három vevőből végül kettő volt tökéletesen működőképes, az 1,6 GHz-es (L-jelű) és az 5 GHz-es (C-jelű) frekvenciasávban működő.) A RadioAstron által megfigyelésre használt négy hullámsáv a következő: 92 cm (P-sáv), 18 cm (L-sáv), 6 cm (C-sáv) és 1,3 cm (K-sáv). A legnagyobb ugrás láthatóan a pálya méretében és alakjában következett be: a RadioAstron hatalmas, elnyúlt ellipszispályán kering (földközelpontja 10 000 km). Ez azt jelenti, hogy a földi hálózattal együtt működő RadioAstron a csillagászatban eddig elért legjobb szögfelbontást képes megvalósítani! Számszerűsítve, az elméletileg elérhető legjobb felbontás (1,3 cm-es hullámhosszon, a leghosszabb megvalósítható bázisvonalon) 7 milliomod ívmásodperc; vagyis ez olyan mintha a Földről a Hold felszínén 2 cm-es alakzatokat is meg tudnánk különböztetni.



*A HALCA és a RadioAstron pályájának összehasonlítása
(a Föld ábrázolása nem méretarányos)*

A RadioAstront öt éves élettartamra tervezték. Tudományos programja három nagyobb szakaszra bontható. Az első, Early Science Program 2013. júniusban zárult le. A Key Science Program ezt követően vette kezdetét, ennek keretében a várható legnagyobb tudományos hatású méréseket viszik véghez. 2014. januártól pedig már bárki számára nyitott módon lehet távcsöйдő-kérelmet benyújtani (e programok észlelése 2014 nyarától várható). De milyen égi objektu-

mokat tanulmányozhatunk az új, a földi VLBI antennák és a RadioAstron egyesítésével létrejövő űr-VLBI hálózattal? Egyáltalán vannak-e olyan rádiósugárzó források, amelyek ilyen felbontás mellett is megfigyelhetőek? Ez utóbbi egyébként egyike volt azoknak a kulcskérdéseknek, amelyeket a RadioAstron hivatott vizsgálni. Az alábbiakban röviden bemutatom a program égi célpontjait és az első (sokszor meglepő) megfigyelési eredményeket.



A RadioAstron Föld körüli pályán, fantáziarajz. (Kép: Lavocskin Egyesülés)

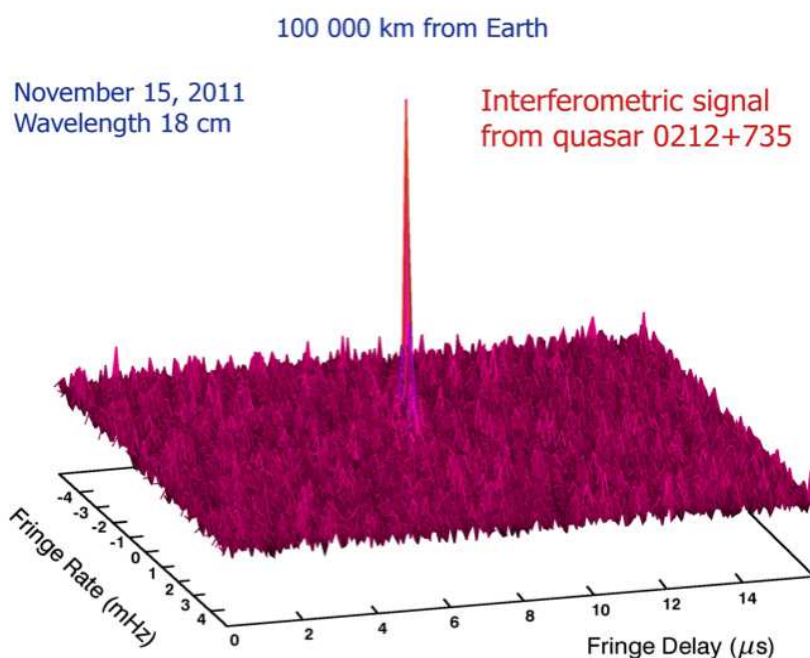
1. Az aktív galaxismagok (active galactic nucleus, AGN) központi energiaforrása egy szupernagy tömegű fekete lyuk (tömege $10^6 - 10^9$ naptömegnyi), amely környezetéből anyagot fog be. A befogott anyag felszabaduló gravitációs potenciális energiája táplálja az AGN megfigyelt sugárzását. Az anyag egy akkréciós korongba gyűlik a fekete lyuk körül. Az anyagbefogási korong alatt és felett gyorsan mozgó gázfelhők (szélesvonalas tartomány, broad line region, BLR) és központi energiaforrástól távolabb lassabban mozgó felhők (keskenyvonalas tartomány, narrow line region, NLR) található. Nagyobb távolságban a központi energiaforrást körbeveszi egy árnyékoló portórusz is. A fenti kép az AGN-ek egyesített modellje, amely szerint a megfigyelt számos különböző AGN tulajdonság nagy része a más-más látóiránnyal (a különböző összetevőknek az árnyékoló porfelhők általi „kitakarásával”) magyarázható. Az AGN-ek egy kicsi, de annál erősebben rádiósugárzó csoportjában az anyagbefogási ko-

rongra merőlegesen kiinduló nagyenergiájú anyagkilövellések, úgynevezett jetek találhatóak. (Mellesleg a jetek meglétét vagy hiányát a fentebb vázolt egyesített modell nem képes magyarázni.) A jeteknél a megfigyelések alapján feltételezett főbb sugárzási folyamatok a szinkrotronsugárzás és az inverz Compton-sugárzás. Előbbit relativisztikus sebességgel (a fénysebesség akár 99%-ával) a mágneses erővonalak körül spirálvonalban mozgó töltött részecskék bocsátják ki. Az utóbbi akkor jelentkezik, amikor egy nagyenergiájú elektron kölcsönhatásba lép egy fotonnal, energiát adva át neki. Ezen két folyamat együttesen alakítja ki a jet fotoneloszlását. A rádiótartományban a szinkrotronsugárzást figyelhetjük meg. Azokat az AGN-eket, ahol kis szögben látunk rá egy jetre (a jet tengelyével kis szöget zár be a látóirányunk) kvazárnak, illetve blazárnak nevezzük. Ezekben az objektumokban a rádiósugárzó komponens kompakt, ezredívmásodpercnél is kisebb méretű – legalábbis ezt mutatták az eddigi földi hálózatok és a HALCA-val megvalósított űr-VLBI mérések is.

A RadioAstronnal végzett legelső megfigyelések arra utalnak, hogy számos ismert kvazár és blazár magja (a központi fekete lyukhoz legközelebbi rádiósugárzó jet komponens) még ezeken az extrém hosszú bázisvonalakon (azaz különösen jó felbontással) is kompaktan adódik. Közel tíz kvazárt sikerült 5–19 földátmérő hosszúságú bázisvonalon detektálni, és további kettőt némiképp rövidebb, 2,5–8 földátmérőjű bázisvonalon. Az 0716+714 jelű forrás esetében a kompakt komponens mérete 70 mikroívmásodpercnek (azaz 70 milliomodívmásodpercnek) adódott, ami a forrás távolságában kevesebb mint egy fényévnek felel meg.

2. A csillagfejlődési folyamatok egyik lehetséges végállapota a neutroncsillag. A neutroncsillagban, amely a szupernóva-robbanást követően marad vissza, extrém körülmények uralkodnak: nagy a nyomás és a sűrűség, 1–2 naptömegnyi anyag egy 10–20 km átmérőjű objektumban préselődik össze. A neutroncsillag megőrzi az „anyacsillagának” impulzusmomentumát és mágneses terét, így egy nagyon gyorsan forgó (a tengelyforgási idő nagyságrendileg a másodperces-századmásodperces tartományba esik) és rendkívül erős (10^{10} – 10^{12} gauss) mágneses térrel rendelkező kompakt objektum. Ha megfelelő irányból látunk rá a neutroncsillagra, akkor a forgástengely körül precessziós mozgást végző mágneses tengely időről időre végigsöpör a látóirányunkon, és ezt a sugárzás periodikus felfelvillanásaként, pulzálásként érzékeljük. Ezt a fajta neutroncsillagot *pulzárnak* nevezzük. Az AGN-ekhez hasonlóan rádiótartományban itt is a mágneses erővonalak körül relativisztikus sebességgel mozgó töltött részecskék által kisugárzott szinkrotronsugárzást figyelhetjük meg.

A pulzárok rádiósugárzása még kompaktabb, mint a blazároké, azonban épp ezért minden esetben figyelembe kell venni egy a Tejútrendszer turbulens ionizált csillagközi anyaga miatt bekövetkező szóródási effektust. Ez a jelenség hasonló ahhoz, ami miatt a pontszerű csillagok képét a földi légkörön keresztül nézve pislogni, szcintillálni látjuk. (Ennek oka a csillagból érkező fénysugárzásnak a földi légkörben való szóródása. Minél turbulensebb a légkör, annál inkább „remeg” a csillag képe. Mivel a bolygók nem pontszerűek, mint a sokkal távolabbi a csillagok, azoknál nem lép fel ilyen jelenség.) A pulzárok esetében a csillagközi anyag okozta szóródás kiszélesíti az alapvetően keskeny pulzust, vagy a pulzár kompakt képét (emellett még számos más megfigyelhető effektust is okoz). Ez a jelenség viszont lehetőséget ad arra, hogy a köztünk és a pulzár között elhelyezkedő ionizált anyag tulajdonságairól többet tudjunk meg.



Az első interferométeres detektálás (a 0202+735 jelű kvazár) a frekvencia és időkézés függvényében. RadioAstron–Effelsberg bázisvonal, a megfigyeléskor a műhold 100 000 km-re volt a Földtől. (Kép: Astro Space Center, RadioAstron Newsletter)

A RadioAstronnal végzett első mérések két pulzár esetében is azt mutatták, hogy a kiszélesedést a csillagközi anyag két, vékony, felhőszerű képződménye valósíthatja meg. A távolabbi 100 parszekre⁷⁶

⁷⁶ 1 parszek (pc) = 3,26 fényév, a gyakorlatban használt csillagászati távolságegység. Az a távolság, ahonnan a Föld Nap körüli pályájának sugara (vagyis 1 csillagászati egység) merőleges rálátás esetén 1 ívmásodperc szög alatt látszik

(kb. 300 fényévre) a közelebbi 10 pc-re (kb. 30 fényévre) helyezkedik el a Földtől. Egy másik meglepő felfedezés volt, hogy 100 000 km-es bázisvonalon (18 cm-es hullámhosszon) sikerült detektálni a Vela pulzárt, amit korábban lehetetlennek tartottak pontosan a csillagközi anyag okozta kiszélesedés miatt. Az eddig elfogadott modell szerint ugyanis a forrás képe „szétkenődik”, nem kompakt pontforrásként látszik, ezért nagyon hosszú bázisvonalon már nem lehetne detektálni. A kutatók egyelőre még adósak a pontos magyarázattal, valószínűleg a rádióhullámok szóródásért felelős ionizált anyag szerkezete bonyolultabb, mint azt eddig feltételezték.

3. A csillagászati mézerek a laboratóriumi lézerekhez hasonlóan, stimuláló sugárzás hatására létrejövő, egy nagyon keskeny hullámhossztartományra korlátozódó elektromágneses sugárforrások. A kibocsátott sugárzás hullámhossza az adott molekula gerjesztett átmenetére jellemző, tehát például a vízmézereket a K-sávban, a hidroxilmézereket az L-sávban lehet megfigyelni. A mézerek nagyon fényes, pontszerű források, ezért egyrészt ideális célpontjai a RadioAstronnak, másrészt, akárcsak a pulzároknál, itt is felmerül a Tejútrendszer ionizált csillagközi anyagának torzító hatása, ami esetleg megakadályozhatja az észlelést.

A fentebb említett víz- és hidroxilmézerek főleg csillagkeletkezési területeken és idősebb csillagok körül, az azokat körülvevő ledobott burokokban találhatóak. A RadioAstron segítségével a legkompaktabb, tehát a legextrémebb, legerősebb sugárzási környezetben kialakuló mézereket lehet tanulmányozni és ezekről az extrém körülményekről is többet lehet megtudni. Mivel a mézerek helyzete és mozgása (pontforrás voltuk miatt) viszonylag egyszerűen meghatározható, segítségével az őket körülvevő anyag (például a csillag által ledobott burok) mozgása megismerhető.

A RadioAstron első mérései 1–5 földátmérő hosszúságú bázisvonalon is detektáltak mézert. A Tejútrendszer Cepheus A nevű csillagkeletkezési területén 3,5 földátmérőjű bázisvonalon detektáltak vízmézert, amelynek mérete 0,043 csillagászati egységnek, 6,5 millió km-nek adódott. Egyelőre tehát úgy tűnik, hogy a csillagközi szcintilláció okozta kiszélesedés nem teszi lehetetlenné a mézerek észlelését extrém hosszú bázisvonalakon sem.

A földi kiszolgálórendszerek

Természetesen a RadioAstron nem egyedül dolgozik. A telemetriát, kommunikációt az Usszurijszk (Vlagyivosztoktól 98 km-re északra) és a Moszkva közelében (Medvezsje Ozera, Bear Lakes) található

űrtávközlési antennák végzik. A mérési adatok lesugárzására használható követőállomás egyelőre csak kettő van, Oroszországban Puscsinóban és az Egyesült Államokban Green Bankben, de terveznek egyet Dél-Afrikába is. (Összehasonlításképpen a HALCA-nak négy földi követőállomása volt). A követőállomás alapvető fontosságú, feladata a műhold által végzett észlelések rögzítése és az időszinkronizálása. Az interferométeres hálózatban a különböző antennák jeleinek korrelálásához (az interferencia létrehozásához) elengedhetetlen, hogy pontosan tudjuk, egymáshoz képest mikor vették a rádiójeleket a hálózat egyes elemei. Ezért a RadioAstron és a követőállomásain is hidrogénmézer atomórák szolgáltatják az időjelet. Mivel csillagászati megfigyelést a műhold csak akkor végezhet, ha legalább egy követőállomás veszi a jeleit, ezért minél több (a Földön minél egyenletesebben elhelyezett) követőállomás működik, annál hosszabb időt lehet hasznos mérésekkel tölteni. Az interferométeres jel előállításánál az idő mellett a helynek is nagy szerepe van. Ahhoz, hogy a RadioAstron a földi rendszerekkel együtt lehessen használni, nagy pontossággal kell tudni, hogy az adott pillanatban pályáján épp hol található. Ezért időnként lézeres helymeghatározó földi állomásokat is használnak a RadioAstron pályameghatározásának segítésére. (Emellett még négy másik módszert is alkalmaznak a pontos helymeghatározáshoz.)

A földi követőállomások mellett szükség van a földi rádióantennák hálózatára, hiszen a rádió-interferométeres mérés alapja épp az, hogy az antenna egy rendszer egyik tagjaként üzemel. Számos antennával sikerült megegyezniük (Oroszország mellett például Japánban, Olaszországban, Spanyolországban, Lengyelországban, Kínában, Dél-Afrikában és Nagy-Britanniában), hogy interferométeres mérésekre szánt idejük egy részét RadioAstronnal közös űr-VLBI méréseknek szentelik. Az adatok korrelálása három helyen is lehetséges, a RadioAstron saját korrelátora (mely a Lebegyev Fizikai Intézetben található) mellett Németországban, Bonnban a Max Planck Rádiócsillagászati Intézetben és Hollandiában, Dwingeloóban, az Európai VLBI Hálózat központjában.

Magyar vonatkozások

A RadioAstron programot a nemzetközi közösség számára hivatalosan Magyarországon jelentették be még 1985 októberében, a KFKI Részecske és Magfizikai Kutatóintézet (ma MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont) szervezésében tartott megbeszélésen. Magyarország a kezdeti időkben a tudományos közreműködésével kapott helyett a RadioAstron projektben. A Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) penci Kozmikus Geodéziai Observatóriumában (KGO) Fejes

István vezetésével alakult egy űr-VLBI kutatócsoport. (Sajnos ő már nem érthette meg a műhold sikeres felbocsátását, de a sikeres start után a RadioAstron ismertető és a tudományos munka kezdetét bejelentő publikáción társszerzőként őt is feltüntették.) Még a kilencvenes években a KGO-ban készült el egy olyan számítógépes programcsomag, amely az űr-VLBI mérések szimulációjára volt alkalmas. A RadioAstron késése miatt ezt a szoftvert végül HALCA mérések megtervezésekor használták. A program egyedi vonása, hogy két különböző műholdat is tud kezelni (a hasonló amerikai szimulációs program erre nem volt képes). A KGO-s csoport (időről-időre kiegészülve diplomamunkát, doktori disszertációt készítő diákokkal) részt vett a HALCA-val végzett több száz kvazárt célzó felmérésben és további számos VSOP mérésben. Aktív részt vállaltak a RadioAstron programban is, nemzetközi kutatócsoportok tagjaként. Munkájukat korábban a Magyar Űrkutatási Iroda témapályázatain elnyert támogatás, jelenleg pedig az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA) 104539 számú projektje segíti.

Irodalomjegyzék

- [1] Fejes I.: Űr-VLBI az 1980-as években, 1-3. rész (2011. július) Űr-világ (www.urvilag.hu)
- [2] Space VLBI Mission „RadioAstron” – Announcement of Opportunity – 2 (2013)
- [3] RadioAstron ESP Working Groups: Space VLBI Mission „RadioAstron” Report Early Science Program (ESP) (2013)
- [4] Kardashev N. S. és mtsai (2013): "RadioAstron" – A telescope with a size of 300 000 km: Main parameters and first observational results. Astronomy Reports, 57, 153-194

Exobolygók tipizálása méretük alapján az új felfedezések tükrében

Futó Péter

Nyugat-magyarországi Egyetem,
Földrajz és Környezettudományi Intézet, Szombathely

Az exobolygók felfedezésének története már több mint két évtizedes múltra tekinthet vissza, ha az első, pulzár kerül keringő bolygószerű égitestek megtalálását is számításba vesszük. Ezek ugyan a Földéhez közelítő méretű objektumok, azonban az első időkben a fősorozati csillagok környezetében jobbra csupán a Jupiterével összevethető méretű bolygók felfedezésére nyílt lehetőség. Az utóbbi években a műszerek érzékenysége javulásával egyre kisebb méretű planétákat detektáltak, a jelenleg ismert legkisebb tranzitbolygó átmérője már megközelíti a Holdét. A bolygótranzitok megfigyelése jelenleg az egyetlen módszer a kis tömegű planéták átmérőjének meglehetősen pontos meghatározásához. Az átmérő pedig fontos paraméter az átlagsűrűség meghatározása szempontjából, aminek ismeretében következtethetünk a bolygók összetételére. Az egyre kisebb méretű bolygók elméleti vizsgálata újabb osztályozási kategóriák bevezetését hozhatja magával, tovább gyarapítva az exobolygó-típusok már jelenleg is gazdag tárházát.

Exobolygók széles tömegskálán

Az égitestek tömegspektruma széles tartományt fog át a legkisebb méretű szilárd testektől a legnagyobb méretű csillagokig. A csillagok felső elméleti tömeghatára az ún. Eddington-határ, amelynek értéke 150 naptömeg. Az alsó tömeghatárt pedig azok a kis tömegű csillagok jelentik, melyek belsejében még éppen csak működhet a hidrogénfúzió (0,075-0,08 naptömeg). A tömegspektrum további folytatását jelentő objektumok a barna törpék (kb. 75–80 Jupiter-tömeg alatt). Ezek közül a nagyobbak és fiatalabbak belsejében működhet a deutérium fúziója, mert magjukban még elegendő a atommag-átalakulási folyamatokhoz szükséges nyomás és a hőmérséklet.

Az égitestek tömegspektrumában fokozatos az átmenet az egyes égitesttípusok között. Az óriásbolygók felső tömeghatára 13–14 Jupiter-tömeg között húzható meg, ami a barna törpék alsó tömeghatára is egyben. Az óriás gázbolygóknál kisebb tömegűek a Neptunusz jellegű bolygók (néhány tucatszor nagyobb tömegűek a Földnél), s ezekből fokozatos az átmenet a szuper-Földek kategóriájába (az 1–10 földtömeg közötti planéták tartoznak ide), amelyek a fémek

mag és a szilikátos köpeny mellett tartalmazhatnak nagy mennyiségű jeget (főként vízjeget), mint domináns összetevőt [1], sőt még akár kisebb gáz- vagy gőzburkot is. A kőzetbolygók nagyságrendileg viszonylag széles sávot fognak át a kis tömegű exobolygók között a többszörös földtömegtől a Földéhez hasonló tömegtartományon át a legkisebb bolygótestekig.

A bolygószerű égitestek alsó tömeghatára nehezen definiálható. Általában a legkisebb tömegű, közel gömb alakú törpebolygókat és holdakat tekinthetjük az alsó tömeghatárt képviselő objektumoknak. Ezek a legkisebb, közelítőleg gömbszimmetrikus égitestek még elegendően nagy tömeggel rendelkeznek ahhoz, hogy saját gravitációjuk hidrosztatikus egyensúlyban tartsa őket. A gömbszimmetrikus testeknél kisebb tömegű, szabálytalan alakú égitestek, mint például a bolygóképződésben fontos szerepet játszó bolygókezdemények (planetezimálok), és kisebb szikla- vagy jégdarabok jelentik a tömegspektrum alsó zónáját, amely fokozatos átmenettel megy át a csillag- és bolygóközi por mérettartományába.

Klasszifikáció a bolygótestek mérete alapján

Az exobolygók méret szerinti klasszifikációjának legkisebb kategóriája az ún. szub-Merkúr-méretű (sub-Mercury-sized) bolygók. Ezek sugara a Merkúréhoz hasonló (pl. Kepler-37b, 0,303 földátmérő). A 0,5 és 0,8 földátmérő közötti méretű planéták tartományába tartozókat pedig szub-Föld-méretű (sub-Earth-sized) bolygóknak nevezzük. Ide sorolható a Kepler-37c jelzésű planéta 0,742 földátmérővel. A 0,8 és 1,25 földátmérő közötti átmérővel rendelkező exobolygókat egységesen Föld-méretű (Earth-sized) bolygóknak nevezi a szakirodalom. Példa erre a Kepler-20f jelű exobolygó, amelynek sugara csupán 3,4%-kal haladja meg a Földét. Az 1,25 és 2 földátmérő közötti mérettartományba eső bolygók pedig szuper-Föld méretűek (super-Earth-sized). A Földnél legalább kétszer nagyobb, de 4 földátmérőnél kisebb átmérőjű planéták a mini-Neptunuszok (mini-Neptunes), a 4–6 Föld közöttiek a Neptunusz-méretűek (Neptune-sized), míg 6 földátmérő felett már a Jupiter-méretű (Jupiter-sized) bolygók osztálya következik. Az óriás gázbolygók maximális mérete valamivel nagyobb, mint a Jupiter átmérője.

A legkisebb és a legnagyobb

A közel gömbszimmetrikus bolygószerű égitestek alsó mérethatára –összetételük függvényében – 400 km körüli érték adható, ami kb. 0,03 földátmérőnek felel meg. A legnagyobb méretű exobolygók 2–2,2 Jupiter-átmérőjűek lehetnek (kb. 22–25 földátmérő). A felső-

rott határértékeket figyelembe véve mintegy 700–800-szoros különbség mutatkozik a legkisebb és a legnagyobb méretek között. Hasonló kalkulációt elvégezve a tömegre vonatkozóan azt kapjuk, hogy a gömbszimmetrikus bolygószerű égitestek alsó (kb. 10^{20} kg) és felső ($2,584 \times 10^{28}$ kg) elméleti határa között legalább nyolc nagyságrendbeli különbség áll fenn.

A legnagyobb exobolygók méret alapján történő besorolásánál óvatosan kell eljárni, ugyanis korántsem biztos, hogy a (maximális bolygótömegre elfogadott elméleti határhoz viszonyított) legnagyobb tömegű planéta a legnagyobb átmérőjű is egyben. Példaként említhető a Kepler-25b és a HAT-P-32b esete. Az eddig felfedezett exobolygók közül a Kepler-25b tömege közel esik a felső elméleti tömeghatárhoz: $12,7 M_{\text{Jupiter}}$, a bolygóátmérő viszont 23%-a a Jupiterének. A HAT-P-32b átmérője azonban $2,037 M_{\text{Jupiter}}$ átmérő, holott tömege csupán $0.941 M_{\text{Jupiter}}$ [2].

Ami pedig a Marsnál kisebb exobolygók méret szerinti csoportosítását illeti, jelen sorok írásakor még nincsenek általánosan elfogadott mérethatárok. Merkúr- illetve Hold-méretű jelzővel látják el a legkisebb átmérőjű ismert tranzitbolygókat. A Kepler-37b alig valamivel nagyobb a Holdnál, átmérője csupán 11%-kal haladja meg égi kísérőnkét [3,4]. Ezzel jelenleg ez a legkisebb ismert, létében megerősített exobolygó.

A Kepler-űrtávcső iránytartását stabilizáló lendkerekek közül 2013 májusában egy második is meghibásodott, aminek következményeként a műszer már nem képes a korábbi mérési pontosságra. Sajnálatos történés ez, hiszen az űrteleszkóp eredeti érzékenysége elegendő lett volna a Földnél mintegy ötször kisebb tömegű exoholdak kimutatásához is [5].

A Földhöz hasonló méretű bolygók

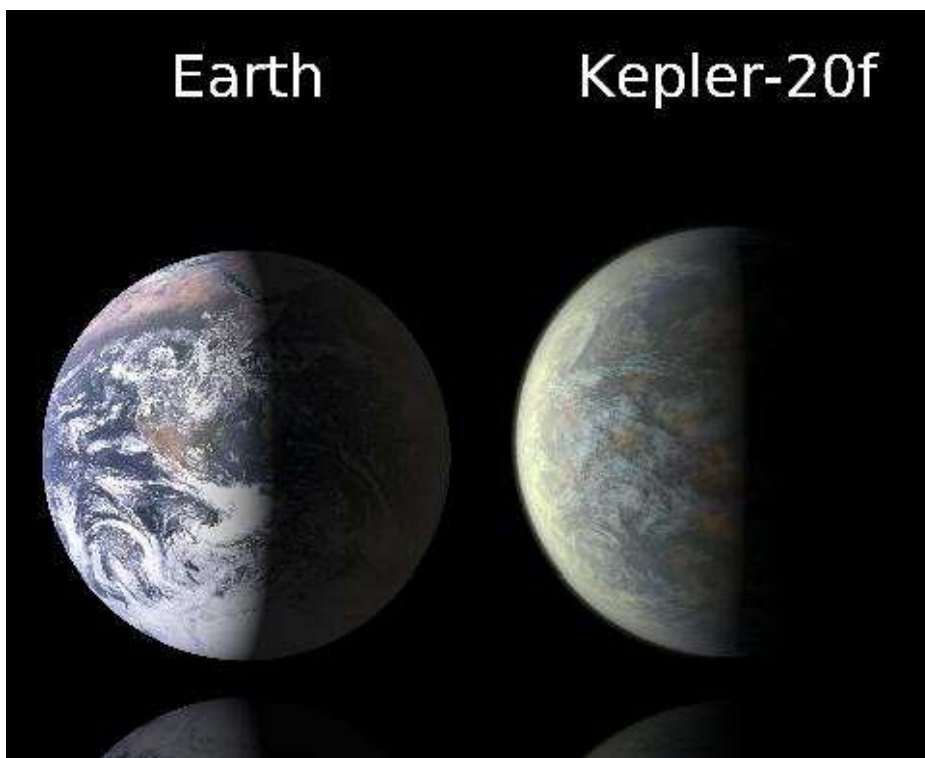
Ismerünk példát olyan exobolygóra is, amelynek tömege $4,45$ földtömeg, sugara $1,486$ földsugár, érdekessége pedig az összetételében rejlik. Két bolygó közötti gravitációs árapályhatás következményeként a Kepler-36b intenzív geodinamikával rendelkezhet. Felépítése, belső szerkezetének sajátosságai pedig nagyon hasonlíthatnak a Földére [6].

A Kepler-20e és f katalógusjelű bolygókat szintén a Kepler-űrtávcső mérései alapján fedezték fel, amit 2013 januárjában tett közzé a NASA. A 20e jelű planéta átmérője a Földének 86,8%-a, így a bolygó a Marsnál nagyobb, a Vénusznál azonban kisebb. A 20b

jelzéssel ellátott bolygó méretét tekintve igen hasonló a Földhöz: sugara csupán 3,4%-kal haladja meg bolygónkét.

A Földéhez közelítő méretű bolygók közül meglehetősen érdekes objektumnak számít a Kepler-78b. A 0,76 naptömegű és 0,74 nap-átmérőjű csillaga körül keringő planéta átmérője 1,173-szerese a Földének, tömege pedig 1,86-szor nagyobb bolygónkénál. A Kepler-78b pályamérete jóval kisebb, mint a Földé, mindössze 8,52 óra alatt járja körbe a központi csillagot. Ennél fogva az ún. nagyon forró szuper-Földek kategóriájába tartozik, felszínét minden bizonnyal lávaóceán boríthatja.

A létezésükben megerősített exobolygók közül jelenleg a Kepler-59b átmérője esik még a Földéhez közeli mérettartományba, sugara 1,1-szerese a saját bolygónkének [7].



*A Kepler-20f méretének összehasonlítása a Földével.
(Kép: NASA / Ames / JPL-Caltech)*

További érdekes megállapításokra juthatunk, ha számításba vesszük a tömegspektrum különböző tartományaiba sorolt exobolygók közül kikerülő „legeket” is. A szuper-Földek tömegtartományában jelen sorok írásakor a Kepler-87b vezet a legkisebb sűrűségű

planéták listáját [8]. Átlagsűrűsége mindössze $0,152 \text{ g/cm}^3$, ami arra enged következtetni, hogy a bolygó nagy tömegarányban tartalmaz gáznemű anyagokat, vastag gázburka valószínűleg hidrogénből áll.

Természetesen nem lehet éles határvonallal elválasztani a különféle szempontok szerinti csoportosított exobolygókat. Hiszen például egy, a tömegéhez képest viszonylag nagy átmérővel rendelkező planétáról biztosan állíthatjuk, hogy kisebb sűrűségű összetevők meglehetősen nagy arányban vesznek részt a felépítésében. Egy másik példa okán ugyanennek a fordítottja is igaz lehet, mert amikor egy bolygó átmérője viszonylag kicsi a tömegéhez viszonyítva, akkor erről elmondható, hogy nagyobb sűrűségű anyagok – mint például a fémek – jelentős tömegarányban vannak jelen a belsejében. Számszerűsítve az előbbi példákat, ha a két említett exobolygó mindegyike 8 földtömegű, de az előbbi 2,5 földátmérőjű, míg az utóbbi 1,6, akkor – bár mindkét planéta ugyanolyan tömegű – mind a méret mind pedig az összetétel szerinti osztályozás terén két új bolygótípust kapnánk. A 2,5 földátmérőjű bolygó mérete és összetétele alapján is mini-Neptunusz volna. Az utóbbi esetében a méret szerinti klasszifikáció szuper-Földként jellemezné a bolygót, az összetétele szerint a sűrű, nagy tömegű szuper-Föld (compact massive super-Earth) kategóriába sorolható lenne. E két egyszerű példa pedig jól érzékelteti, hogy a bolygók méret szerinti csoportosítása sok információval szolgálhat azok összetételét illetően is, így egyik csoportosítási módból következhet egy másik szempont szerinti klasszifikáció adott ága is.

Az exobolygó-kutatás legizgalmasabb ága természetesen a Földhöz hasonló méretű, csillaguk lakhatósági zónájában keringő planéták megtalálására irányul. A megfelelő bolygóméret és a csillagtól számított kedvező távolság csupán kettő azon feltételek hosszú sorából, amelyek lehetővé teszik az általunk ismert, szén alapú élet alkotta fejlett bioszféra kialakulását és hosszú távú fennmaradását. Azonban e két feltételt magában foglaló felfedezés mindenképpen jó kiindulópont arra nézve, hogy milyen irányban érdemes folytatni a további kutatásokat egy életet hordozó bolygó felderítése reményében.

A modern műszerekkel végzett megfigyelések alapján a Naphoz hasonló és a nála kisebb tömegű csillagok környezetében sokkal gyakoribbak a kis tömegű bolygók, mint a Jupiter-szerűek. Mivel a kis tömegű csillagok a Napnál nagyobb tömegű társaikhoz képest jóval nagyobb számban találhatók a Galaxisban, hamar világossá válik, hogy a kis tömegű exobolygók rendkívül gyakori égitestek a

világegyetemben: számuk megközelítheti a csillagokét. A bolygószerű égitestek méret- és tömegspektruma ugyan széles skálát fog át, azonban a becslések szerint még így is több milliárd, Földünkhöz hasonló méretű bolygó létezhet a Tejútrendszerben.

A tudomány és a technika fejlődése következtében a remények szerint a jövőben kifinomultabb módszerek állnak majd a kutatók rendelkezésére az exobolygók kategorizálása terén.

Irodalom:

- [1] Futó P. (2010): Szuper-Földek. Természet Világa 141, 11, 520
- [2] Exobolygó enciklopédia: <http://exoplanet.eu/>
- [3] Szabó R, Szabó M. Gy. (2013): Kepler-bolygók kavalkádja. Fizikai Szemle 7-8, 217
- [4] <http://www.csillagaszat.hu/exobolygok/20130222-kepler-37b.html>
- [5] Szabó M. Gy., Simon A., Szalai T. (2011): Újdonságok az exobolygók világából. Fizikai Szemle 7-8, 217
- [6] Futó P. (2013): Kepler-36b: A Transiting super-Earth with an Earth-like interior structure. 44th Lunar and Planetary Science Conference, 1552
- [7] Kepler honlap, <http://www.kepler.nasa.gov/Mission/discoveries/>
- [8] Ofir A., Dreizler S., Zechmeister M., Husser T.-O. (2014): An independent planet search in the Kepler dataset. II. An extremely low-density super-Earth mass planet around Kepler-87. Astronomy and Astrophysics, 651, A103

A Magyar Asztronautikai Társaság 2013. évi tevékenysége – beszámolók

XXVIII. Ionoszféra- és Magnetoszférafizikai Szeminárium

2013. március 7-től 9-ig zajlott a MANT szervezésében a hagyományos Ionoszféra-Magnetoszféra Szeminárium. Ezúttal a Kecskeméti Planetárium hívta meg rendezvényt. A hagyományok szerint 2012 őszén kellett volna megtartani, de csak november végén született döntés a szokatlan, tavaszi időpontról. A rendelkezésre álló idő rövidsége ellenére a résztvevők lelkesedésének következtében sikerült egy szerteágazó tematikájú, jó hangulatú összejövetelt megvalósítani.

A szemináriumon 9 intézmény 33 kutatója vett részt, valamint a Planetárium vezetője és 3 dolgozója, mint helyi szervezők, akik gondoskodtak a rendezvény technikailag is hibátlan lebonyolításáról. Jó alkalom nyílt az átszervezett kutatóintézeti hálózat új szervezetének, új neveinek elsajátítására is. Például a 9 intézményből 3 az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpontjának volt része, a GGI Sopronból, a Konkoly Obszervatórium Budapestről, és ennek Napfizikai Obszervatóriuma Debrecenből. A résztvevők eléggé egyenletesen oszlottak meg az intézmények között, gyakorlatilag az egész országból.



A szeminárium résztvevőit érkezéskor, március 7-én délből Mák Kornél, Kecskemét kulturális alpolgármestere köszöntötte a városháza gyönyörű dísztermében, majd végig lehetett sétálni a Naprendszer méretarányos modellje mellett a főtéri Naptól a planetárium melletti Plútóig. Délután 2 órakor Almár Iván, a MANT örökös tiszteletbeli elnöke emlékezett meg az 1971-ben indult, és 1972 óta a

MTESZ KASZ, majd a MANT által szervezett Szeminárium több mint 40 éves történetéről és fő céljairól: az űrkutatással foglalkozó hazai szakemberek találkozájáról, a fiatal kutatók tapasztalatszerzéséről, kapcsolatépítéséről. Szerencsére jó volt a csoport kormegoszlása, az első szeminárium óta résztvevő „törzsgárdatagok” mellett sok egyetemi hallgató és doktorandusz is szerepelt előadással.

Szokás szerint a 27 előadás az űrfizika teljes területét felölelte, a Naptól elindulva egészen a helioszféra külső határáig, különös tekintettel a Föld kozmikus környezetére és felső légkörére. Az előadások között szerepeltek egészen új eredmények is, mint a cseljabinszki meteorhullás (Illés Erzsébet) vagy a Curiosity marsjáró eredményei és pillanatnyi állapota, a számítógép meghibásodása következtében (Horváth András).

Szubjektív összefoglalása a további előadottaknak: több előadás foglalkozott a napfoltokkal, a napfolt-relatívszám adatsorok homogenitásával és a nappciklus várható viselkedésével (Ludmány András, Kálmán Béla). A debreceni Napfizikai Obszervatórium fiatal kutatói az ott felhalmozott hatalmas mennyiségű értékes megfigyelési anyag különböző szempontok szerinti feldolgozásait mutatták be, egyik esetben fler-előrejelzési lehetőséggel (Korsós Marianna, Muraközy Judit, Gyenge Norbert). Bencze Pál értékes összefoglalását adta a Föld körüli térség vizsgálati módszereinek. A whistlerek állandó szereplői a szemináriumoknak, mint a földi magnetoszféra jelenségei (Lichtenberger János, Steinbach Péter). Több előadás szólt a műholdakon végzett részecske- és rádiósugárzás-mérésekről (Kovács Péter, Nagy Melinda, Kis Árpád, Heilig Balázs), sőt a néhai KFKI-ban kifejlesztett TRITEL-SURE doziméterről (Hirn Attila). A légkör energikus jelenségei, a zivatarok megzavarhatják az ionoszférát (Barta Veronika) és a felhők felett látványos fényjelenségek is megfigyelhetők (Bór József). Az ionoszféra-zavarok a helymeghatározásban is okozhatnak zavart (Rakonczai Bálint). A mágneses tér változásaiból földáramok is számíthatók (Wesztergom Viktor). A helioszférában uralkodó napszél mágneses fluxusáról beszélt Erdős Géza, a napszél és a csillagközi anyag találkozásáról Király Péter, közben, a Szaturnusz körüli Titan hold környezetéről Bebesi Zsófia. A műholdak és a kvantuminformatika kapcsolatát ismertette Galambos Máté. A BME másik két fiatal kutatója az egyetemek számára szervezett ballon- (Grósz Veronika) és rakétakísérletekről (Váradi Zsolt) számolt be. Az első nap végén vendéglátónk, E. Kovács Zoltán bemutatta a résztvevőknek a kecskeméti Zeiss kisplanetárium lehetőségeit is.

Az előadások megbeszélésére külön lehetőség nyílt a március 8-án esti közös vacsorán a Három Gúnár étteremben (az ebédek a Pla-

netáriumban történtek a zsúfolt program miatt). Utána lehetőség nyílt a helyi bemutató csillagvizsgáló műszerének megtekintésére is. A 9-i befejezés során a társaságot Wesztergom Viktor, a GGI igazgatója hívta meg a következő alkalomra Sopronba.

Kálmán Béla, a szervezőbizottság elnöke

Itt hívjuk fel a figyelmet, hogy a XXVIII. Ionoszféra- és Magnetoszférafizikai Szeminárium egyes előadásainak írásos anyagát az Űrtan Évkönyv 2012 kötetben (az Asztronautikai Tájékoztató előző évi, 64. számában) olvashatják!

Célpont a Mars – diákpályázatunk eredménye

A MANT évente hirdeti meg ifjúsági pályázatát, melyre általános és középiskolás diákok jelentkezhetnek. A pályázat kiemelt célja az űrtevékenység népszerűsítése a fiatalok körében. A 2012/2013-as pályázat címe Célpont a Mars volt. A pályázók öt műfajban adhatták be műveiket: írhattak esszét, rajzolhattak, egy tervezési feladatot készíthettek el, a zsűri által meghatározott feladatok megoldásait adhatták be, vagy – az idei év újdonságaként – videót is készíthettek az adott témában. A 2012. október végén meghirdetett ifjúsági pályázat pályamunkáinak beadási határideje 2013. február 25. volt. A MANT öt kategóriában várta a pályamunkákat: a 11–14 éves, valamint a 15–18 éves korosztályból egyaránt jelentkezhetek egyéni vagy csapat kategóriában a diákok, emellett idén is meghirdettük a látássérült kategóriát. Az egyes műfajokhoz rendelt 3-3 fős zsűri összesen 45 pályamunkát bírált el.

Az április 12-én Budapesten, az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Természettudományi Karán tartott ünnepségen a díjakat a MANT részéről Solymosi János elnök és Bacsárdi László főtítkár adta át, a támogató Galaktika szerkesztősége nevében pedig Kovács Andrea volt jelen. A legjobb helyezést elért diákok oklevél mellett könyvjutalomban részesültek, illetve az idősebb korosztály helyezettjei a MANT nyári Űrtáborában való ingyenes, illetve kedvezményes részvételt nyerték. Emellett minden helyezett meghívást kapott egy űrtevékenységgel foglalkozó hazai intézménybe szervezett őszi szakmai kirándulásra is. (Erre végül november 8-án került sor, a diákokat és kísérőiket idén a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Űrkutató Csoportja látta vendégül.) A díjátadón megjelent diákok és kísérőik az ELTE Lágymányosi Planetáriumában egy bemutató előadást is meghallgathattak, Dobos Vera tolmácsolásában.

A pályázat eredménye:

11–14 éves korcsoport, egyéni indulók:

1. hely: Frankó Nóra, Móra Ferenc Általános Iskola, Budapest;
Felkészítő: Krisztikné Berkes Jolán
2. hely: Németh Boglárka, Csokonai Vitéz Mihály Református Gimnázium és Általános Iskola, Csurgó; Felkészítő: Viola Ernő
3. hely: Berkes Bálint, Móra Ferenc Általános Iskola, Budapest;
Felkészítő: Dr. Gyopárné Barzsó Margit

11–14 éves korcsoport, csapatok:

1. hely: Kökény Boglárka, Cserháti Lili, Horváth Lilla és Jamrik Panna, Balassi Bálint Gimnázium, Balassagyarmat;
Felkészítő: Pénzes Attila
2. hely: Bognár Péter és Bognár Gábor, Csokonai Vitéz Mihály Református Gimnázium és Általános Iskola, Csurgó;
Felkészítő: Viola Ernő

15–18 éves korcsoport, egyéni indulók:

1. hely: Oravecz Éva, Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc;
Felkészítő: Leitner Zsolt
2. hely: Olej Dóra, Széchenyi István Gimnázium, Sopron;
Felkészítő: Lang Ágota
3. hely: Kovács János, Széchenyi István Gimnázium, Dunaújváros;
Felkészítő: Zloch Istvánné
3. hely: Szimeth Konrád, Szenczi Molnár Albert Gimnázium, Szenc (Szlovákia); Felkészítő: Filler Krisztina

15–18 éves korcsoport, csapatok:

1. hely: Baróthi Zsófia és Szatmári Kristóf, Arany János Általános Iskola és Gimnázium, Százhalombatta; Felkészítő: Szalontai Szilvia
2. hely: Bán Titusz és Turczai Ádám, Alternatív Közgazdasági Gimnázium, Budapest; Felkészítő: Vincze Mihály
3. hely: Filakovsky Alexandra és Ravasz Mónika, Szakközépiskola, Szenc (Szlovákia); Felkészítő: Filler Krisztina

Elismerő oklevélben részesültek az alábbi felkészítő tanárok: Filler Krisztina, Dr. Gyopárné Barzsó Margit, Krisztikné Berkes Jolán, Lang Ágota, Leitner Zsolt, Pénzes Attila, Szalontai Szilvia, Vincze Mihály, Viola Ernő és Zloch Istvánné.

A bírálók névsora: Bérczi Szaniszló, Both Előd, Frey Sándor, Gödör Éva, Horváth András, Illés Erzsébet, Kocsis Gábor, Milánkovich Dórottya, Sik András és Vizi Pál Gábor.

Részvételünk tudománynépszerűsítő rendezvényeken

Felfedezők Napja. Május 11-én Budapesten, a Millenárison rendezték meg először, de a hagyományteremtés szándékával a *Felfedezők Napját*. Az egész napos ingyenes program kiemelt témájaként 2013-ban a Mars kutatását választották. A fő szervező A Földgömb Az Expedíciós Kutatásért Alapítvány volt, szakmai partnerként a MANT is hozzájárult a programkínálathoz. A Marssal kapcsolatos előadások egyrészt a nagyszínpadon, másrészt óránként az emeleti előadóban voltak. A MANT egy önálló standdal is megjelent a Millenárison, ahol kiadványainkkal, játékos feladatokkal, úrműszerek bemutatásával vártuk az érdeklődőket.



Tudományok és Tehetségek Kertje. Szeptember 21-én reggel tíztől este tízig a Magyar Nemzeti Múzeum kertjében kapott helyet a *Tudományok és Tehetségek Kertje* című rendezvény. Elődeit, a Jövő Hídját (2012-ben) és a Tudományok Hídját (2011-ben) a Lánchídnál rendezték. A MANT sátránál már 10 óra előtt elkészült a Sik András vezette csapat a kipakolással. A hűvös, szeles idő és a korábbtól eltérő helyszín ellenére sokan kilátogattak, akiket a természettudományok, kísérletek, fejlesztések és újdonságok érdekelnek. A látogatók között minden korosztály képviseltette magát, jöttek szakmabeliek, lelkes amatőrök, egyetemisták. Sok kisgyerek is elhozta a szüleit okulásul, sőt, a szomszédos Kattárs rendezvényről szerzetesek és apácák is körbenéztek. A MANT segítői közül volt, aki egész nap kitartott, volt, aki néhány órára érkezett, de mindig kéznél volt néhány szakember, aki a szokásos, érdekes vagy hajmeresztő kérdésekre válaszolni tudott.

Készültünk űrtotóval, ami nem is volt olyan könnyű, de sokan kezdeti bátortalanságuk ellenére több választ eltaláltak, mint korábban gondolták volna. Aki 10 vagy afölötti pontot elért, részt vett a kétóránként tartott sorsoláson: a bolti forgalomban nem kapható, csodaszép Űratlasz utolsó példányait ajándékoztuk a nyerteseknek. Mindenkinek rögtön kiértékeljük a megfejtését – jó páran a homlokukra csaptak, mikor meghallották a helyes válaszokat. Aki már járt a tőlünk nem messze kiállított Masat-1 standjánál, az általában helyesen válaszolt a rá vonatkozó kérdésekre. Aki pedig a kivetítőn mutatott 10 műholdkép alapján legalább 7 földi nagyvárost felismert, bolygótérképet nyerhetett – a Hold, a Merkúr, a Vénusz, vagy a Mars színes térképét választhatta a szerencsés. Amszterdamt kevesen ismerték fel, Sydney-nél és Londonnál már keresgélni kellett a mindenki által jól ismert tereptárgyakat, de Kairónál a piramisok mindenkit nyomra vezettek és Budapest nem okozott senkinek nehézséget.



Három, különböző nehézségű műholdfelvétel szétvágott darabjainak összeillesztésére nem csak gyerekek vállalkoztak, de a felnőttek is gyermeki örömmel próbálkoztak, általában sikerrel. Az űrtotó mellett új, aktuális szórólapot adtunk minden arra járónak és sokan kérdezgettek az egyesület rendezvényeiről, tevékenységéről. A bolygótérképek, a MANT-os pótlók, Horváth András és Szabó Attila Űrkorszak című nagyszerű

könyve és az angol-magyar űrszótár is népszerűek voltak a látogatók körében, sokan megcsodálták, és volt, aki vásárolt is belőlük.

Aki rákérdezett, mi is az a kisebb dobozka és a hozzá tartozó zseblámpa-szerű dolog kirakva, ámulva foghatta kezébe a Pille sugárgázmérőt, amely a Nemzetközi Űrállomáson teljesített szolgálatot, és amelyet Charles Simonyi hozott vissza a Földre. Apáthy István és Hirn Attila türelmesen és lelkesen válaszoltak a kérdésekre.

Jó lehetőség volt ez a rendezvény körülnézni a többi kiállító standján, találkozni ismerősökkel, megvitatni a világ és a tudomány örök, vagy éppen aktuális kérdéseit. Sik András a színpadon Curiosity – egy földi év a Marson címmel tartott előadást este hétkor és ő volt az, aki a MANT részvételét megszervezte, az egész napot levezényelte, ha hiányzott valami, beszerezte, a holmikat ki- és csomagolta, nyitástól zárásig jelen volt és mégsem volt nyugós. A kiállítási sátrat a MANT közösen bérelte az ELTE Térinformatikai Műhe-

lyével, akikkel jó hangulatban töltöttük együtt a napot. A nap során a MANT standjánál közreműködtek és elősegítették a sikeres részvételt: Apáthy István, Bagi Andrea, Bérczi Szaniszló, Both Előd, Hirn Attila, Horváth András, Lovász Dorottya, Sándor Karola, Sik András, Spányi Péter, Székely Anna Krisztina, Tari Fruzsina, Trupka Zoltán, Zombori Judit.

Székely Anna Krisztina

Jövő Hídja. A 2012-ben Budapesten sikeres Jövő Hídja tudománynépszerűsítő rendezvényt 2013-ban már nem csak Budapesten, hanem három vidéki helyszínen is megszervezték. A sorozat május 1-jén Győrbe látogatott, ahol a MANT is képviseltette magát. A szervezők összekapcsolták egy másik rendezvénnyel, az alternatív meghajtású járművek versenyével. Bár a látogatószám elmaradt a budapesti nagyságrendtől, a MANT standja most is az egyik legnépszerűbb és leglátogatottabb volt. Reggel 8 és délután 18 óra között fogadtuk a vendégeket, összesen 100-150 embert, kicsiket és nagyokat egyaránt. Volt Naprendszer-kvíz, igazi sztereoszkóp és úrfelvétel-pár bemutatása három dimenzióban. Lehetett nyerni úratlaszt, ajándékoztunk évkönyvet és a társaságunk 50 éves történetéről szóló könyvet. Mindeközben a háttérben egy LCD tévén végtelenítve pörgött a MANT-ról szóló bemutató. Öröm volt tapasztalni, hogy továbbra is érdekli az embereket a világűr! Délután Sik András – aki a MANT sátránál állt helyt – tartott egy félórás előadást is a központi sátorban, a Curiosity legújabb eredményeiről a szép számú érdeklődő hallgatóságának. A Jövő Hídja két különböző augusztus 20-ai helyszíne közül Debrecenben volt hasonlóképpen jelen a MANT.

Magyarok a Marson

A 8. Alkalmazott Mérnöki Tudományok Versenye április 6-án volt Szegeden. „Legyen egy olyan verseny, amivel arra motiváljuk a fiatalokat, hogy megtanulják és alkalmazzák a mérnöki és műszaki tudományokat!” Ezt vetette fel még 2005-ben Sipos Attila kiskunhalasi villamosmérnök. Hogy mennyire jó meglátás volt, azt mutatja, hogy napjainkban bizony hiány van magasan képzett mérnökökből és műszaki szakemberekből. A jövő mérnöki tudományainak kulcsa a fiatalok megfogása, amihez el kell érni, hogy megszeressék, és menjenek erre a pályára. Mindehhez az egyik legjobb megoldás egy verseny szervezése. Ilyen a Magyar Alkalmazott Mérnöki Tudományok Versenye, melyen először 6 csapat indult, idén már 38 csapat jelentkezett. Ráadásul úgy, hogy az utóbbi három évben – anyagi okok miatt – csak a verseny honlapján lett meghirdetve a lehetőség.

Sipos Attila szervezi a versenyt a kezdetek óta Vizi Pál Gábor úrkutató mérnökkel együtt. A siker egyik kulcsa, hogy klasszikus érte-

lemben nincs zsűri. A szabályok betartását ellenőrzik, de csak az elért pontszám számít. Évről évre mindig nehezebbek a feladatok, de a diákok elég kreatívak és mindig megoldják. Ahhoz persze, hogy bekerüljön valaki a legjobbak közé, komolyabb műszaki tudás szükséges. Sipos Attila kiemelte, hogy a résztvevők megtanulják a versenyen, hogy meg kell felelni a megadott feltételeknek: súly, terjedelem, határidő, stb. Van olyan csapat, amely mindegyik versenyen itt volt, de a többség is 4-5-6. alkalommal vesz részt.

Idén április 6-án rendezték a versenyt a szegedi Déri Miksa Általános Iskolában. A tornateremben építették fel azt a „marsi terepet”, ahol kétkerekű robotoknak kellett különböző feladatokat megoldani. Az ilyen instabil mechanika irányítása egy labirintusszerű akadálypályán nem kis kihívás. A robot maximum 4 kg-os lehetett, 50 × 50 × 50 cm-es helyen kellett elférnie és autonóm módon is működni kellett. Utóbbit a pálya fölé elhelyezett kamera, a „műhold” segítette. A robot vezérlésénél 10 másodperces késleltetést kellett beiktatni. A megépítéshez mindössze két hónap állt rendelkezésre, de a verseny végéig volt lehetőség a robot folyamatos csiszolására. Többen ki is használták ezt, így a háttérben állandóan „amperszag” terjengett. Sokan forrasztottak, fűrészelték, barkácsoltak még percekkel a futamindulás előtt is.

Több körben különböző pontértékű kristályokat (mágneseket) kellett begyűjteni, illetve elhelyezni adott területeken. Lelkesedésben és feszültségben sem volt hiány, néha nagy küzdelmet folytattak a robotok egymás ellen is egy-egy nagy értékű kristály megszerzéséért. A legtöbb pontot végül – a tavalyihoz hasonlóan – a Mars Poetica érte el. A BME-ről jöttek, többségük a villamosmérnöki karról. Karkus Péter csapatkapitány elmondta, hogy több természettudományos, technikai versenyen indultak már, így robotversenyeken is. Tavaly jöttek először, akkor csak jól akartak szerepelni és azt szerették volna, hogy minden, amit kitaláltak, az működjön. Alapvető filozófiájuk, hogy mindig a lehető legegyszerűbb megoldást használják. Ők is kihasználták minden percet a robot fejlesztésére. Előző éjszaka azzal a Spanyolországban tanuló társukkal tartották a kapcsolatot Skype-on, aki a felső szintű logikai vezérlést készítette, ezt tesztelték a helyszínen.

Sipos Attila megfogalmazása szerint a verseny egy civil összefogás szerény lehetőségeivel, de egyre inkább kiteljesedő közösségi erővel. A jövő mindig kérdéses, mivel nincs stabil támogatójuk, de ezúttal a Magyar Asztronautikai Társaság mellett az egyik legnagyobb szponzor az USA második legnagyobb processzorgyártója volt. A verseny honlapja a www.magyarokamarson.hu címen található.

(Trupka Zoltán beszámolója „Magyarok a Marson – nyolcadszor” címmel az Élet és Tudomány 2013/17. számában jelent meg.)

Űrtábor 2013 – Alsómocsolád

A MANT 1994 óta rendezi meg hagyományos nyári Űrtáborát. 2012. július 7-13. között 13–20 éves fiatalokat vártunk Alsómocsoládra. Az egy hetes tábor során a résztvevők találkozhattak magyar űrkutatókkal, bővíthették az űrtevékenységgel kapcsolatos ismereteiket, és különleges programokon vehettek részt. A gyönyörű helyszín és a hasonló érdeklődésű fiatalok társaságában eltöltött hét maradandó élményt nyújtott.

Július 7-én, vasárnap este Dicső László polgármester, Bacsárdi László MANT-főtitkár és Zombori Ottó táborvezető nyitotta meg a 2013-as MANT Űrtábort. A Dombóvártól kb. 20 km-re található településen vendégeskedő táborban a heti feladat során a résztvevő diákok három csapata három „utazási irodát” képviselve marsi utazást ajánlott ügyfeleiknek. Több lépésben dolgozták ki szakmai és marketing szempontok alapján a turistáknak szóló programjaikat. A sűrű hétbe a szakmai előadások mellett többek közt csillagnézés, vízirakétázás, kenutúra és egy egész napos pécsi kirándulás is belefért.



Űrkutatás Napja 2013

Az október 18-án délelőtt 10 órára az Óbudai Egyetem Alba Regia Egyetemi Központjába (AREK) meghirdetett egész napos űrkutatási ismeretterjesztő és szakmai rendezvényre zsúfolásig megtelt a nagy előadóterem. A program, Györök Györgynek, a házigazda AREK főigazgatójának üdvözlő szavaival és Kovács Kálmánnak, a BME Egyesült Innovációs és Tudásközpont igazgatójának a köszöntőjével indult. Rögtön ezután következett a Nők a Tudományban Egyesület (NATE) és a MANT által közösen, most először meghirdetett Nők a Tudományban Kiválósági Díjának átadása. Az űrkutatással foglalkozó, 35 év alatti hölgy pályázók közül a háromtagú zsűri Orgel

Csillát javasolta a díjra, akinek szakterülete a planetológia, ezen belül is a Mars bolygó kutatása. Orgel Csilla a díjat Groó Dórától, a NATE elnökétől vette át.

Az előadások sorát ugyancsak egy hölgy, a Nők a Tudományban Kiválósági Díjért folyó versenyben negyedmagával elismerő oklevelet is kapott Tari Fruzsina nyitotta. (Rajra kívül egyébként elismerő oklevelet kapott még Dobos Vera, Grósz Veronika és Gyollai Ildikó.) Van-e kapcsolat a világűrjog és a Földtől mért távolság között? című előadásából megtudhattuk, hogy bár a világűrjog kezdetben közjogi területen fejlődött ki, a magánjogi vonatkozásai manapság egyre inkább előtérbe kerülnek. Utána Apáthy István próbálta 20 percben összefoglalni, hogy milyen magyar eszközök jártak már a világűrben. Ez teljes részletességgel lehetetlen vállalkozás, hiszen a listán az elmúlt több mint 40 év alatt 130-nál is több tétel gyűlt össze.

Horváth Gyula a Föld körüli pályán már 600-nál is több napja zökkenőmentesen működő első magyar műhold, a Masat-1 készítéséről, felbocsátásáról, működéséről, nemzetközi sikeréről, és a fejlesztőknek a jövőre vonatkozó terveiről beszélt. A szünet előtti utolsó előadást Almár Iván tartotta, 26 gondolatébresztő pontban összefoglalva azt, hogy jelenleg az emberiség mit tud és mit nem tud a földi élet és intelligencia eredetének és túlélésének kozmikus feltételeiről.



A szünetben a szendvicsebéd előtt nyílt meg hivatalosan is a MANT A világűr emberközelben című vándorkiállítása. A résztvevőknek elsőként volt alkalmuk megtekinteni az újonnan elkészült posztereket. A kiállítás anyagához, az egyes tematikus táblákhoz kapcsolódóan további kiegészítő információ érhető el a MANT honlap-

ján. Az űrtevékenységet bemutató tíz látványos, színes tablóhoz a Masat-1 öt, hasonlóan szép poszttere társult. A vándorkiállítás később, október 19. és november 3. között a székesfehérvári Alba Plaza bevásárlóközpontban volt látható. Ez idő alatt a vállalkozó kedvű látogatók (és mások is) részt vehettek a MANT országos internetes űrkutatói kvízzjátékában. A helyes megfejtők közül a szerencsések könyvajándékot nyertek. A vándorkiállítás ezután Sopronba került (2013. november-december), 2014 első felében pedig Szegeden, Miskolcon és Balatonfüreden is megtekinthető lesz – minden alkalommal a kvízzjáték új fordulója kíséri.



Az ismeretterjesztő program második félidejében az érdeklődők változatos témákban hallgathattak előadásokat. Bacsárdi László a MANT tevékenységét ismertette és az egyesület programjaira hívta fel a figyelmet. Sik András bemutatta napjaink nagy „űrsztárja”, a NASA önjáró marsi laboratóriuma, a Curiosity útját, működését, és eddig elért legfőbb tudományos eredményeit. Both Előd Koszmosz katasztrófák árnyékában címmel beszélt arról, hogy a Földet kívülről milyen lehetséges veszélyek, kisbolygó-becsapódások fenyegethetik, és hogyan állunk a veszélyforrások felderítésével, az esetleges védekezési lehetőségekkel. Frey Sándor a töretlenül fejlődő, napjainkban egyre több híradásban szereplő kínai űr kutatásról beszélt, az emberes űrprogramoktól kezdve az űrtevékenység különféle alkalmazásaiig. Végül Horváth András a most szolgálatban levő, illetve a fejlesztés alatt álló orosz hordozórakétákról, az orosz start helyekről, Oroszország űrprogramjairól tartott összefoglalót.

Rövid szünet után megkezdődött az ESA-csatlakozás és a magyar űripár jövője címmel a hazai űrszakembereknek szervezett (de minden érdeklődő számára nyilvános) munkamegbeszélés, amit Solymosi János, a MANT elnöke vezetett. A megbeszélés különös aktua-

litását adta, hogy új lendületet látszik venni az Európai Űrügynökséghez (ESA) való csatlakozásunk folyamata. Both Előd a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium részéről beszámolt arról, hogy az idén novemberben lejáró PECS előcsatlakozási egyezményünk második periódusát sikerül legfeljebb két további évvel kitolni. Így nyugodtan lefolytathatjuk a Magyarország teljes jogú tagságát célzó tárgyalásokat az ESA-val.

Bárczy Pál a Magyar Űripari Klaszter (HUNSPACE) képviselőjében röviden beszámolt a napokban Budapesten tartott nemzetközi tanácskozásról, ahol többek közt a térségükből már ESA-tag Csehország, Románia és Lengyelország szakemberei beszéltek gyakorlati tapasztalataikról. Bárczy Pál hangsúlyozta, hogy az űripar átgondolt fejlesztése azért fontos, mert a nemzetközi adatok azt mutatják: már nem is hosszú időtávon minden befektetett euró nyomán legalább háromszoros megtérülésre számíthatunk. Az űripar és űrtevékenység hazai szereplőit összefogó másik két szervezet közül a Magyar Térinformatikai Társaságot (HUNAGI) Remetey-Fülöp Gábor mutatta be, a Magyar Repülő- és Űripari Technológiai Platform (HATP) képviselőjében pedig Solymosi János beszélt.

A rendezvény a *Hétköznapi Tudomány projekt – TÁMOP-4.2.3-12/1/KONV-2012-0058* támogatásával valósult meg.

Bolygótudomány emberközelben

A MANT 2013-as ismeretterjesztő rendezvénysorozatának következő állomása Sopron volt, november 21-én. A Bolygótudomány emberközelben című rendezvényhez a Nyugat-magyarországi Egyetem Ligneum Látogatóközpontja adta a helyszínt.

A program:

Köszöntő (Alpár Tibor dékán, NymE Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi, Művészeti Kar és Bacsárdi László, a MANT főtitkára)

LEGO-robotok Holdon, Marson, üstökösön (Lang Ágota, Széchenyi István Gimnázium)

Curiosity – egy földi éve a Marson (Sik András, ELTE FFI Természetföldrajzi Tanszék)

A világűr emberközelben vándorkiállítás megnyitója (a kiállítás egészen december 3-áig volt látogatható Sopronban)

Magyar érdeklődők és az űrkutatás (Bacsárdi László, MANT)

Mágneses terek a Naprendszerben (Kis Árpád, MTA CSFK GGI)

Kötetlen beszélgetés

Szakmai kirándulások 2013-ban

Ebben az évben folytatódott a MANT szakmai kirándulásainak 2012-től „felújított” programsorozata. *2013. február 28-án* Budapesten az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Természettudományi Karának (TTK) Lágymányosi Planetárium volt a helyszín, ahol a mintegy másfél órás program során az érdeklődők megismerkedhettek a csillagképekkel és a bolygókkal, visszaidézhatték az 1999-es napfogyatkozást, a legutóbbi Vénusz-átvonulást, és hallhattak a régi népcsoportok csillagképeiről.

Március 23-án a buszos kirándulás célja a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) Kozmikus Geodéziai Observatóriuma volt, a Pest megyei Penc mellett. Az obszervatóriumban előadások hangzottak el az ott folyó űrkutatási programokról, alkalom adódott a nemrég nyílt szakmatörténeti kiállítás megtekintésére, valamint egy bemutató sétára a kertben.

Március 28-án Barangolás a csillagképek között címmel új műsorral várta az ELTE TTK digitális planetárium a látogatókat, a MANT szervezésében.

November 16-án Budapestről induló, egész napos buszos kiránduláson vehettek részt a jelentkezők. Bakonybélben, a Pannon Csillagdában kibővített planetáriumi előadások, csillagászati és űrkutatás-történeti kiállítás várta őket, sőt az időjárás alkalmas volt a nap-távcsővel végzett bemutatóhoz is. A MANT tagjai a szakmai kirándulásokon ingyenesen vehettek részt. Mások számára a részvétel nem volt díjmentes. A helyszíneken ugyanakkor mindig lehetőség volt a MANT-ba való belépés kezdeményezésére, amivel sokan éltek is.

Webes szeminárium

A MANT új kezdeményezése, a webes szeminárium első alkalommal 2013. december 11-én mutatkozott be. Az elképzelés lényege, hogy az előadásokon való részvételhez nem szükséges Budapestre utazni, csak egy számítógéppel és internet-kapcsolattal kell rendelkezni. Az előadás zártkörű, azokon csak a MANT tagjai illetve a MANT tagok által meghívott vendégek vehetnek részt. A férőhelyek száma limitált (maximum 25 fő), ezért a részvétel – bár ingyenes – előzetes regisztrációhoz kötött. Az előadás hossza 45 perc, amelyet 15 percben kérdések követnek. A kérdések feltételéhez nem kell webkamerával vagy mikrofonnal rendelkezni. Az első előadást Haidegger Tamás tartotta, Robotos és emberes űrmissziók – a közeli jövő lehetőségei címmel.

Jogutóddal megszűnt a Magyar Űrkutatásért Alapítvány

A MANT által 1991-ben alapított A Magyar Űrkutatásért Alapítvány (MŰA) a Fővárosi Törvényszék döntése folytán – az alapítók közös indítványára – egyesült a Nagy Károly Csillagászati Közhasznú Alapítvánnyal, mely utóbbi így a MŰA jogutódja.

A MŰA-t a MANT 1991-ben alapította. A rendszerváltást követő években rengeteg alapítvány alakult hazánkban, főleg azzal a céllal, hogy biztos anyagi forrást jelentsen a civil szervezetek által vállalt feladatok teljesítéséhez. Sokan feltételezték, hogy a különböző cégek, vállalkozások az alapítványokon keresztül szívesebben támogatják a civil kezdeményezéseket. Ez az elképzelés azonban nem működött, azok közül az alapítványok közül, melyek az alapító intézmény és annak céljai fenntartása céljából jöttek létre, nagyrészt beszüntették tevékenységüket (ez alól az iskolai és kórházi alapítású alapítványok kivételek).

A MŰA általános célja alapító okirata szerint az, hogy „elősegítse a hazai asztronautikai és űrkutatási tevékenység egészét, az ehhez csatlakozó műszaki fejlesztéseket”. A MANT diák pályázatainak meghirdetői mellett a MŰA nevét rendszeresen olvashattuk, s ez az alapítvány egyik legfőbb tevékenységének számított. Azonban a MŰA fenntartásának költségeit a MANT állta: ez a bankszámlafenntartási díj és a könyvelés folyamatos kifizetését jelentette. Az alapítvány megszűnésének kérdése komolyabban 2003 óta szerepel a MANT tervei között.

A magyar jogrendszerben azonban egy alapítványt az alapító nem szüntethet meg, csupán a bírósági nyilvántartásból való törlését kezdeményezheti, de csak akkor, ha az alapítvány törvénytelenül működik, avagy céljai teljesültek. A MŰA sosem működött törvénytelenül, céljai pedig folyamatosak, a hazai űrtevékenység elősegítése nem „határidős feladat”. Így még a peres eljárás jöhetett volna szóba, ami szintén bevett bírósági gyakorlat a civil szervezeteknél. Ekkor a MANT – mint alapító – peres eljárást kezdeményez, ahol bizonyítania kell, hogy az alapítvány nem teljesíti az alapító által kijelölt célokat. Egy ilyen eljárás azonban újabb éveket jelenthetett volna.

A MANT 2009. júniusi tisztújítását követően ismét előtérbe került a MŰA megszüntetésének helyzete és lehetősége. Az Elnökség ezzel kapcsolatban folyamatosan tájékozódott a kérdésben, s előterjesztést fogalmazott meg a MANT Közgyűlésének következő ülése számára. A MANT Közgyűlése 2010. április 16-i ülésén – az Elnökség előterjesztésére – elfogadta 4/2010. sz. határozatát az alábbiak szerint: „A Közgyűlés, áttekintve »A MAGYAR ŰRKUTATÁSÉRT« Alapítvány működését, alapítóként arra kéri az Alapítvány kuratóriumát, hogy vizsgálja meg, hogy az Alapítvány eszközei és céljai összhang-

ban állnak-e egymással. Amennyiben nem, a Közgyűlés javasolja a Kuratóriumnak, hogy az Alapítvány megszűnése érdekében tegye meg a szükséges lépéseket.”

Az Alapítvány kuratóriuma ezt követően ülésezett, s megállapította a MŰA működésképtelenségét, valamint azt, hogy céljai nagy átfedést mutatnak a MANT céljaival. A Fővárosi Bíróság a megszüntetéshez azonban nem járult hozzá, kérte a MANT-ot, hogy peres úton kezdeményezze a megszűnést.

2011. január 14-én a MANT Közgyűlésének legfőbb feladata az új Alapszabály megalkotása volt. Mindemellett azonban foglalkozott a MŰA kérdésével is, hiszen a MŰA ügyében a MANT részéről kizárólag a közgyűlés járhat el. 3/2011. sz. határozatában a Közgyűlés megállapította, hogy a „MŰA de facto sosem működött, tevékenysége évek óta nem kimutatható, céljai a MANT céljaival nagy átfedésben megegyeznek”, valamint kimondta, hogy „céljai elérése érdekében nem tesz kimutatható lépéseket”. Emellett felhatalmazta az Elnököket, hogy a Fővárosi Bíróságnál (ismét) kezdeményezze a MŰA megszüntetését. Ez azonban továbbra sem járt sikerrel. Ugyanakkor az Alapítvány – utolsó tevékenységeként – megszüntette bankszámláját, az azon lévő pénzt pedig a sátoraljaújhelyi úrtábor támogatására utalta át.

A MANT Közgyűlése utoljára 2012. május 31-én határozott az alapítvánnyal kapcsolatban. Ekkorra már lehetett látni, hogy a megszüntetés „legegyszerűbb” módja egy másik alapítvánnyal történő egyesülés. Ez jogilag azt jelenti, hogy a MŰA csatlakozik egy, a céljaiban sok mindenben egyező alapítványhoz, amely ezzel a MŰA hivatalos jogutódjává válik. Ez az alapítvány a Horvai Ferenc által létrehozott, többek között csillagászati és űrkutatási ismeretterjesztéssel foglalkozó Nagy Károly Csillagászati Közhasznú Alapítvány (NKCSKA) volt. Az Elnökség előterjesztésére így a Közgyűlés kimondta 4/2012. sz. határozatát: „A Magyar Asztromonautikai Társaság a »MAGYAR ŰRKUTATÁSÉRT« Alapítvány Alapítójaként kezdeményezi az Alapítványnak a Nagy Károly Csillagászati Közhasznú Alapítványhoz történő csatlakozást.”

Ekkor jogilag már egyszerű lett volna a helyzet, hiszen a feladat annyi lett volna, hogy a MANT Közgyűlése nevében Bacsárdi László főtítkárr és az NKCSKA alapítója együttesen kezdeményezik az egyesülést, amiről a bíróság végzésben határoz. Időközben azonban két fontos változás is történt. Egyrészt az NKCSKA kuratóriumának összetétele jelentősen megváltozott, alapító okirata, valamint szerveze-



ti és működési szabályzata komoly módosításokon ment keresztül. Másrészt pedig az Országgyűlés új civil törvényt alkotott, ami teljesen új eljárásrendet vezetett be a hasonló esetekre.

Végül 2013. június 4-i keltezéssel a Fővárosi Törvényszék 60714/2008/11. sz. végzésében elrendelte a MŰA nyilvántartásból való törlését, kimondta a jogutódlást, valamint helyben hagyta az NKCSKA alapító okiratában bekövetkező változásokat. Bár a végzés (szeptem-ber 11-i döntés alapján) július 4-én jogerőre emelkedett, a Fővárosi Törvényszéknek új végzést kellett hoznia egy elírás miatt. (Az NKCSKA új titkárának nevét az eredeti végzésben rosszul írták.) Az elírás miatt keletkezett újabb (60714/2008/13. sz.) végzés augusztus 25-én vált hatályossá.

A Nagy Károly Csillagászati Közhasznú Alapítvány a csillagászati és űrkutatási ismeretterjesztés mellett elsősorban Nagy Károly (1797–1868) csillagász életének, munkásságának kutatására, valamint a csillagász egykori bicskei birtokának kutatására, megőrzésének elősegítésére alakult. (Ezen a birtokon épült fel 1847-ben az akkori világ egyik legmodernebb csillagvizsgálója.) Az alapítvány rendszeresen előadásokat tart, különböző programokat szervez, továbbá együttműködik hazai és nemzetközi szervezetekkel.

Horvai Ferenc

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	3
Válogatás az űrkutatás 2013-as eseményeiből.....	4
Sic itur ad astra – A világűr jogi státusza.....	43
Felszínről mért és műholdadatokból származtatott ózonmennyiségek összehasonlítása.....	56
RadioAstron, egy hihetetlen történet	64
Exobolygók tipizálása méretük alapján az új felfedezések tükrében	73
A Magyar Asztronautikai Társaság 2013. évi tevékenysége – beszámoló	79
XXVIII. Ionoszféra- és Magnetoszférafizikai Szeminárium.....	79
Célpont a Mars – diákpályázatunk eredménye	81
Részvételünk nagy tudománynépszerűsítő rendezvényeken.....	83
Magyarok a Marson	85
Űrtábor 2013 – Alsómocsolád.....	86
Űrkutatás Napja 2013	87
Bolygótudomány emberközelben	90
Szakmai kirándulások 2013-ban.....	90
Webes szeminárium.....	91
Jogutóddal megszűnt a Magyar Űrkutatásért Alapítvány	92

Tudomány születik

Évkönyvünkkel egyidőben jelent meg a Tudomány születik című könyv. A MANT kiadásában napvilágot látott kötet Elek László beszélgetéseit tartalmazza a magyar űrkutatás megteremtőivel.



Keveseknek adatott meg, hogy tanúi lehettek egy új tudományág születésének, még kevesebbeknek, hogy e folyamat tevékeny résztvevői lehettek. Az űrkutatás, az űrtudomány a legfiatalabb tudományterületek egyike. Az első szputnyik 1957-es felbocsátását követően szinte azonnal munkához láttak azok a lelkes fiatalok, akiket ma a szakma nagy öregjeiként tisztelünk. Munkájukkal kezdetét vette az a sikertörténet, amelyet némi egyszerűsítéssel magyar űrkutatásnak nevezünk.

Ennek az izgalmas történetnek az első két évtizedére emlékeztek vissza Elek Lászlóval beszélgetve néhányan a szemtanúk és közreműködők közül, akik az űrkorszak első két évtizedében, vagyis 1957 és 1977 között aktív, kezdeményező és általában vezető szerepet játszottak a magyar űrkutatás valamelyik területén, Magyarországon dolgoztak, és még köztünk élnek.

Elek László emlékeikről, tapasztalataikról és további életpályájukról kérdezte Almár Iván csillagászt, Apáthy István villamosmérnököt, Bencze Pál geofizikust, Ferencz Csaba villamosmérnököt, Gschwindt András villamosmérnököt, Horváth András csillagászt, Ill Márton csillagászt, Illés Erzsébet csillagászt, Kántor Csaba villamosmérnököt és Tanczer Tibor meteorológust. Függelékként a kötetbe került az időközben elhunyt Gál Gyula világűrjogászcól szóló megemlékezés is. A szereplőktől kapott, a korszakot felidézni segítő képekkel gazdagon illusztrált összeállítást jó szívvel ajánljuk a szemtanúknak és azoknak, akik tőlük vették-veszik át a stafétabotot csak úgy, mint a közelmúlt tudománytörténete iránt érdeklődő laikusoknak.

A könyv beszerezhető a Magyar Asztronautikai Társaságnál.



Hirn Attila (balra) a Pille műszer működését magyarázza a Tudományok és Tehetségek Kertjében, 2013. szeptember 21-én (Fotó: Trupka Zoltán)



*A Pannon Csillagdában tett látogatás résztvevői
2013. november 16-án (Fotó: Both Előd)*

A hátsó borítón a 8. Alkalmazott Mérnöki Tudományok Versenyének (Magyarok a Marson) résztvevői láthatók Szegeden, 2013. április 6-án. Ebben az évben az autonóm robotokat tervező, építő és irányító, diákokból álló csapatok versenyének fő támogatója a MANT volt. (Fotó: Trupka Zoltán)

