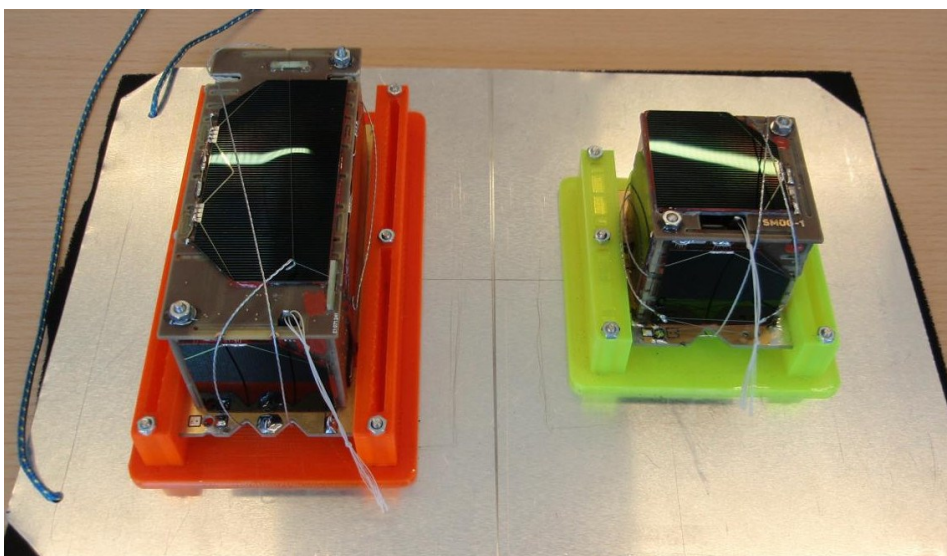


ŰRTAN ÉVKÖNYV 2019



MANT



Az Asztronautikai Tájékoztató 71. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



A Magyar Űrkutatási Fórum 2019 konferencia résztvevőinek csoportképe Sopronban, a Geodéziai és Geofizikai Intézet bejáratánál, április 24-én. (Fotó: CSFK GGI)



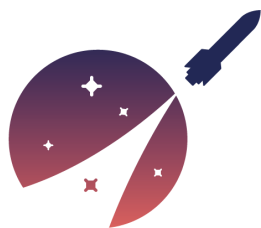
A Magyari Béla tiszteletére Kistarcsán felállított emléktábla. Az eseményről Évkönyvünkben Schuminszky Nándor beszámolójában olvashatnak. (Fotó: Sumispace)

A címlapon a második és a harmadik magyar műhold a start előtt, elhelyezésre várva. Jobbra a SMOG-P, balra az ATL-1 „zsebműhold” látható, amelyek 2019. december 6-án kerültek Föld körüli pályára. Programjukról részletesen olvashatnak Évkönyvünk egyik cikkében. (Fotó: BME)

Űrtan Évkönyv 2019

Az Asztronautikai Tájékoztató 71. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



MANT

Űrtan Évkönyv 2019

Az Asztronautikai Tájékoztató 71. száma

Szerkesztette: dr. Frey Sándor

Készült
a Külgazdasági és Külügyminisztérium támogatásával

Kiadja
a Magyar Asztronautikai Társaság
1044 Budapest, Ipari park u. 10.
www.mant.hu
Budapest, 2020

Felelős kiadó: dr. Hirn Attila főtítkár

Kézirat gyanánt

HU ISSN 1788-7771

Előszó

A kedves olvasó a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) Űrtan Évkönyvei közül a 2019. évre vonatkozó kötetet – a korábban Asztronautikai Tájékoztató címmel kezdett hosszú sorozat 71. számát – tartja a kezében, vagy nézi elektronikus változatban a számítógépe képernyőjén. Szinte közhelyszerű a megállapítás, hogy az elmúlt év is mozgalmas volt az űrtevékenység területén, azon belül Magyarországon, és a MANT életében is.

Ami a világeseményeket illeti, Évkönyvünket hagyományosan egy válogatással kezdjük. Erre az évre leginkább talán majd úgy emlékezik az utókor, hogy a legelső napján az amerikai New Horizons űrszonda elrepült a legtávolabbi objektum mellett a Naprendszerben, amelyet az emberiségnek sikerült közelről megvizsgálnia. Hogy egy kínai űrszonda most először sima leszállást hajtott végre a Hold túlsó oldalán. Hogy valószínűleg új korszak kezdetének lehettünk tanúi az űrtevékenységben, a sok száz vagy ezer elemű nagy műholdseregek kiépítésének megindulásával. Ez utóbbi témát járja körül egyébként a kötetben megjelenő szakmai-ismeretterjesztő cikkeink egyike is.

Ugyancsak olvashatnak – méghozzá „első kézből” – a második és a harmadik magyar műholdról, amelyek december elején álltak alacsony Föld körüli pályára. Világrekorderként az 5 cm élhosszúságú kocka alakú SMOG-P lett az első ennyire apró műhold az űrtörténelemben, amely működni is képes volt a világűrben. Magyarországon minden jel szerint felívelőben van az űrtevékenység, 2019-től kezdve jelentős plusz költségvetési forrásokat kapott a szakterület. Erősítjük nemzetközi kapcsolatainkat, egyrészt mint az Európai Űrügynökség teljes jogú – és egyre több opcionális programban is részt vállaló – tagja. Másrészt kétoldalú együttműködési megállapodások születtek egy sor, az űrtevékenységben aktív országgal. A MANT igyekszik erejéhez mérten segíteni a hazai űrtevékenység kormányzati irányításáért felelős Külgazdasági és Külügyminisztérium munkáját, akikkel gyümölcsöző szakmai kapcsolatot sikerült kialakítanunk. Támogatásukkal készült el a mostani Űrtan Évkönyv, de 2019-ben napvilágot látott még az egyesületünk 1994 óta nagy sikerrel folyó nyári Űrtáborainak résztvevőivel készült érdekes interjúkötet is. Az év végére pedig kiadtuk magyar és angol nyelven a hazai űrszektor képviselőit bemutató Hazai űrkörkép 2019 kiadványt. Mindennek az aktivitásnak reményeink szerint folytatása következik 2020-ban is!

Kiadványunk zárásaként ebben az évben is keresztmetszetet adunk a MANT adott évi rendezvényeiből, eseményeiből. A bennünket írással tisztelő szerzőink és a kötet létrehozásán fáradozó munkatársaim nevében is remélem, hogy élvezettel forgatják majd a 2019-es Űrtan Évkönyvet.

Budapest, 2020. március

A szerkesztő

Válogatás az űrkutatás 2019-es eseményeiből

Összeállította: Frey Sándor

Összeállításunkban az Űrvilág internetes hírportál (www.urvilag.hu) anyagaiból válogattunk. Az eredeti cikkek szerzői Both Előd, Frey Sándor, Németh Péter, Szentpéteri László. Az év további érdekes űreseményeiről, eredményeiről az Űrvilág 2019-es archívumában található több mint 500 cikkben olvashatnak az érdeklődők.

2019. január



Az első részletes képek a „világ végéről”. Az amerikai New Horizons űrszonda január 1-jén haladt el a 2014 MU₆₉ (nem hivatalos nevén Ultima Thule, később hivatalosan az Arrokoth nevet kapó) kisbolygó közelében. Ez a legtávolabbi égitest, amelyet valaha közvetlen közelből megvizsgáltak

űrszondával. Olyan messze volt tőlünk, hogy a fénysebességgel haladó rádiójelei 6 óra és 8 percen át keresztezték a Naprendszert, amíg eljutottak a Földre. A 2015-ben a Plútónál járt New Horizons második célpontja mellett 3500 km távolságban, 14,43 km/s sebességgel repült el. A különös, kilapított hóemberre vagy földimogyoróhéjra emlékeztető alakú, viszonylag sima felszínű, kráterekkel csak kevésbé borított felszínű égitest két fő részből áll. Az egész égitest hosszanti irányban 31 km-es, a nagyobb gömböc 19 km, a kisebb 14 km átmérőjű. A kutatók elképzelései szerint a két rész nagyon régen, a Naprendszer kialakulása óta máig eltelt idő 1%-a körül egyesült, egy nagyon kis sebességű ütközés következtében, és mintegy 4 és fél milliárd év óta így néz ki. A Naptól távol keringve, igen alacsony hőmérsékleten „befagyasztva” megőrizte az ősi környezeti körülményeket.

Célba ért a kínai űrszonda.

Január 3-án a Csang'e-4 (Chang'e-4) sima leszállást hajtott végre a Von Kármán-kráterben, megkezdve a Hold kutatásának új korszakát. Ahogy felkelt a nap a Hold tőlünk sosem látható oldalán levő leszállóhelyen, úgy a kínaiak eljuttatták a felszínre a szondát, rajta a mintegy fél nappal később leguruló kis holdjáróval. A szonda 2019. december 7-én indult a Földről, alig öt nappal később a



Hold körüli pályára állt. Ez az emberiség első űreszköze, amely a Hold túlsó oldalán sima leszállást hajtott végre. A helyszín a Déli-sarki Aitken-medence területén, a Von Kármán-kráternél fekszik. Mivel onnan nincs közvetlen összelátás a Föld felé, a rádiós kommunikációt az irányítókkal a tavaly jó előre felbocsátott Csüecsiao (Queqiao) szonda biztosítja, a Holdon túl kb. 65 ezer km-re keringő reléállomásként. A Csang'e-4 teljes tömege mintegy 3800 kg, ebből 140 kg-ot tesz ki a rover. Ez utóbbi négy tudományos berendezést vitt magával. Van rajta a leszállóhely környezetének felmérésére szolgáló panorámakamera, a regolit összetételére vonatkozó méréseket végző infravörös képalkotó spektrométer, a felszín alatti rétegek feltérképezésére alkalmas radarberendezés, és a nagyenergiájú semleges atomokat elemző, a napszél és a holdfelszín anyagának kölcsönhatását vizsgáló műszer is. A Jütu-2 (Yutu-2, Jáde nyúl-2) holdjáró és maga a Csang'e-4 leszállóegység azóta is rendben működik a Holdon, sikeresen átvészelve a két hétig tartó nappalok és az ugyanilyen hosszú éjszakák váltakozását. Mindig kockázatos az az időszak, amikor nem éri napfény az űreszközöket, így leáll az elektromos energia napelemes termelése, és nagyon alacsonyra esik a hőmérséklet. A Csang'e-4 helyben maradó leszállóegységén egy radioaktív plutónium-238 izotópok bomlásával hőt és elektromos energiát termelő berendezést is elhelyeztek, a létfontosságú műszerek áramellátásának és fűtésének biztosítására.

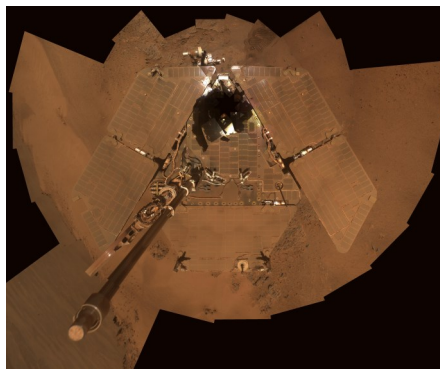
Iridium Next: nyolcadszor és utoljára. A január 11-én felbocsátott tíz műholddal egyelőre befejeződik az Iridium mobil távközlési műholdrendszer új generációs példányainak indítása. Az Iridium cég Next nevű rendszerének második generációs (Block 2) holdjai 2017 januárja óta tízesével (egy alkalommal ötösével) álltak pályára, mindig a SpaceX Falcon-9 hordozórakétájával, a kaliforniai Cape Canaveral bázisról. Az utolsó adaggal együtt összesen 75 Iridium Next holdat helyeztek kb. 780 km magasan húzódó pályára. Ezzel befejeződik a cég flottamegújítási programjának fő szakasza. Ugyanakkor a Northrop Grumman Innovation Systems és a Thales Alenia Space összesen 81 új típusú űreszközt gyártott. Így megmaradt 6 tartalék példány, melyeket előbb-utóbb szintén Föld körüli pályán szeretnének tudni. Egy ilyen nagy műholdkonstellációban, mint az Iridiumé, mindig előfordulhatnak meghibásodások. Ebben az esetben jól jön, ha a hálózat kieső tagjának pótlására azonnal át tudnak irányítani egy másik műholdat. A cégnél legalább 15–20 évig biztosítottnak látják a szolgáltatás működését. Az újonnan épített Iridium műholdak az 1990-es évek végétől indított régiekhez (Block 1 sorozat) képest jóval robusztusabbak. Annak idején nem egy esetben meghibásodások is történtek. A legújabb adag tagjait is beleszámítva az Iridium történetében összesen 170 műhold állt pályára. Ezek egy része természetesen már nem működik.

2019. február

Rosalind Franklin és Kazacsok. Megvan a neve az európai-orosz ExoMars program 2020-ban indítandó, a vörös bolygóra 2021-ben érkező marsjárójának. *(Bár egy 2020. márciusi döntés szerint a startot kényszerűségből 2022-re halasztották, mivel nem minden teszteléssel készültek el időre.)* A névadást nyilvános pályázat előzte meg, amelyre több mint 36 ezer javaslat érkezett be az Európai Űrügynökség (ESA) tagállamaiból. A javaslatok közül egy szakértőkből álló bizottság választotta ki Rosalind Franklin nevét. Az 1920 és 1958 között élt brit kémikus leghíresebb felfedezése a DNS, a genetikai információt tároló örökítőanyag felépítésének, kettős spirális szerkezetének megismerése volt. Az ExoMars program immár Rosalind Franklin nevét viselő marsjárműve lesz az első, amely a mozgás képességét kombinálja a Mars felszín alatti mélyebb rétegeinek vizsgálatával. Ma már tudjuk, hogy a régmúltban a Mars felszínén nagy mennyiségű folyékony víz volt, de mostanra teljes ott a szárazság. A jelenkori felszíni

életformák lehetőségének nem kedvez a mostoha sugárzási környezet sem. Mélyebbre fűrva azonban előkerülhetnek az egykori életre utaló nyomok, sőt akár valamiféle jelenlegi életformára is fény derülhet – legalábbis ez a remény hajtja a kutatókat. Egy szakértőkből álló bizottság javaslata alapján a leszállóhely az Oxia-síkság (Oxia Planum) térsége lesz. Nem sokkal később az orosz vezetéssel készülő, helyben maradó leszállóegység is nevet kapott. A Kazacsok a jól ismert kozák guggolós táncra utal, szó szerint pedig „kis kozákot” jelent. A tudományos műszeresomag orosz és európai berendezései segítségével a leszállóhely környezetét, a légkört, a marsi időjárást, a sugárzási környezetet, a mágneses teret vizsgálja majd.

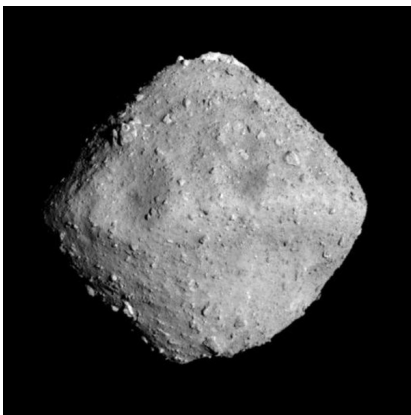
Az út vége. Nyolc hónap hiábavaló próbálkozás után a NASA feladta a reményt: február 13-án hivatalosan befejezettnek nyilvánították az Opportunity küldetését. Az utolsó rádiókapcsolatot 2018. június 10-én létesítették a marsjáróval, ezt követően viszont a bolygón dúló porvihar miatt elnémult az Opportunity, ám a rádiókapcsolatot a porvihar elmúltja után,



sokszori kísérletek ellenére sem sikerült helyreállítani. Próbálkozásokban nem volt hiány, tavaly nyár óta a NASA több mint ezer rádióüzenetet küldött, amelyek a kapcsolat helyreállítását célozták. Idén azt feltételezve, hogy a rover egyik vagy mindkét X-sávú rádiója elromlott, vagy a rover fedélzeti számítógépe újraindította belső óráját, az UHF frekvenciasávban is próbálkoztak. Januárban azt remélték, hogy egy gyengébb porvihar talán letakaríthatja a napelemekről a tavalyi nagy vihar idején ráakódott port, ám nem így történt. Miután minden próbálkozás hiábavalónak bizonyult, a küldetés befejezése mellett döntöttek.

Az Opportunity (és párja, a Spirit, vagyis a két Mars Exploration Rover, MER) küldetését eredetileg 90 napra tervezték. Ezt sokszorososan túlteljesítve a 2004 elején leszállt MER szondák közül az Opportunity küldetése 15 év után ért véget, a Spirit pedig 2010. március 22-én fejezte be működését. Az Opportunity 2003. július 7-én a légierő Cape Canaveral-i támaszpontjáról Delta-2 rakétával indult, majd 2004. január 25-én légzsákos leszállással érkezett meg a vörös bolygóra, ahol néhány pattogás

után pontosan beetalált a 22 méter átmérőjű Eagle-kráterbe. Azóta az Opportunity abszolút távolsági rekordot jelentő, 45,16 kilométert tett meg a Mars felszínén. Meglátogatta a 750 m átmérőjű Victoria-krátert, majd 2012-ben megérkezett a 22 km-es Endeavour-kráter peremére, ahol működési ideje utolsó éveiben dolgozott. Már 2010-ben megdöntötte a marsfelszíni időtartam-rekordot. Emellett abszolút távolsági rekorderré vált: egyetlen jármű (sem automata, sem ember vezette) sem tett még meg idegen égitesten (sem a Holdon, sem a Marson) olyan nagy távolságot, mint az Opportunity, amely a szovjet Lunohod-2 1973-as távolsági rekordját (39 km) döntötte meg. 2015. március 24-én a maratoni futás 42,195 kilométeres távját is teljesítette (ebből az alkalomból a völgy, amelyet akkor megközelített, a Marathon Valley nevet kapta). Az Opportunity tudományos vizsgálatai mérédföldkövet jelentettek a planetáris geológiában. Elsőként azonosított üledékes kőzeteket a Földön kívül. Az Endurance-kráter pereménél található Burns-formációban szulfátokban gazdag homokkő-rétegeket fedezett fel, ami a bolygó nedves múltjára utal. Az Opportunity talált rá az „áfonyáknak” nevezett hematit szemcsékre. Útközben két meteoritot is talált a Mars felszínén. Meglátogatta az eddig marsjárók által felkeresett legnagyobb krátert, az Endeavourt. Az Opportunity találta eddig a Marson a legősibb kőzetet, az Endeavour-kráter peremén fekvő Cape York formáció környékén pedig újabb bizonyítékot talált a víz ősi eróziós munkájára.



Megvan a kisbolygópor. Február végén mintát vett a Ryugu kisbolygó felszíni anyagából a japán Hayabusa-2 űrszonda. A Japán Űrügynökség (JAXA) közlése szerint a mintavétel sikerült – erről csak néhány óra elteltével tudtak megbizonyosodni, amikor az űrszonda már ismét távolabb járt az égitesttől. Ez volt a Hayabusa-2 első próbálkozása, hogy anyagot gyűjtsön a kb. 900 m-es földközeli kisbolygóból, amely a kutatók szerint a

Naprendszer korai időszakának tanúja. A mintavételhez a japán űrszonda egy begyakorolt koreográfia szerint, három napon át lassan megközelítette a kisbolygót, majd leérkezve egy 5 grammos, tantáliból készült lövedéket eresztett bele. Az így felvert

szemcsékből a tölcsérszerűen kialakított mintavevő berendezésével gyűjtött össze egy adagot. A Hayabusa-2 még 2014 decemberében indult a Földről, 2018 júniusában érkezett meg a Ryugu kisbolygó közelébe. Nem csak távérzékelési módszerekkel tanulmányozta az égitestet, amelynek a felszíne a vártnál tagoltabbnak bizonyult – így tovább is tartott, míg biztonságos mintavételi helyet találtak számára. Tavaly szeptemberben két apró japán készítésű „ugráló” egységet bocsátott le. Nem sokkal később, októberben a mikrohullámú sütőéhez hasonló méretű európai MASCOT következett. Ez utóbbi 17 órán át, akkumulátora lemerüléséig végzett méréseket. A japán kisbolygókutató szonda fő feladata mégis mintát hozni a szenes kisbolygóból, tüzetes földi laboratóriumi vizsgálatok céljára. A visszaindulás előtt júliusban még egy sikeres mintavételt hajtottak végre, novemberben pedig a Hayabusa-2 elhagyta a kisbolygó környezetét és megkezdte a hazaútját. A szemcséket tartalmazó kapszula a menetrend szerint 2020 decemberében landol Ausztrália területén.

Hatszáz segítségnyújtás. Szinte közhely, hogy a természeti katasztrófák következményeinek felmérésében, felszámolásában nélkülözhetetlenek a műholdak felvételei. Mi sem bizonyítja ezt jobban, mint a Disasters Charter sikeres munkája. Az ENSZ Világűrbizottságának Tudományos és Technikai Albizottsága (COPUOS STS) 2019. február 11–22. között Bécsben tartotta 56. ülészakát. Mivel a természeti csapások és más katasztrófhelyzetek kezelésében feldolgozott műholdfelvételek gyors rendelkezésre bocsátásával nemzetközileg összehangolt segítséget nyújtó Disasters Charter az ENSZ 1999-ben tartott UNISPACE III konferenciájának egyik ajánlása nyomán jött létre, ezért a Világűrbizottság és az Albizottság ülésein időről időre tájékoztatást adnak az együttműködés eredményeiről. Az együttműködés részesei mindazon országok, ügynökségek és nemzetközi szervezetek, amelyek távérzékelő műholdakat működtetnek, és vállalják, hogy riasztás esetén a katasztrófa sújtotta területről térítésmentesen feldolgozott műholdfelvételeket és kiegészítő információkat bocsátanak az illetékes hatóságok részére. A rendszerhez jelenleg 65 országnak van közvetlen hozzáférése (köztük az EU összes tagállamának), ezen országok katasztrófavédelmi szervezetei közvetlenül aktiválhatják a Chartert. Más országok ezt arra feljogosított nemzetközi szervezeteken, vagy közvetlenül az ENSZ Világűrirodán keresztül tehetik meg. A közvetlen aktiválás jogát bármely állam katasztrófavédelmi szervezete vagy az ilyen tevékenységre feljogosított más hatósága megszerezheti, mindössze

két feltételt kell teljesíteniük: a szervnek vagy intézménynek képesnek kell lennie műholdfelvételek letöltésére és használatára, illetve be kell tudnia nyújtani angolul a kérelmét. A Disasters Charter tevékenysége a következő nagy területekre terjed ki: trópusi ciklonok (tájfúvok, hurrikánok), földrengések, tüzek, árvizek, hó és jég okozta pusztítás, tengeri hullámok (cunamik) pusztítása, olajszennyezések, tűzhányók, földcsuszamlások és egyéb katasztrófák. Utóbbi kategóriába tartoznak például az ipari katasztrófák, az eltűnt repülőgépek keresésében nyújtott segítség, de ide sorolják például a homokviharokat is. A katasztrófák mintegy felét a víz okozta pusztítás teszi ki. Jelentős még a trópusi viharok és a földrengések pusztítása, míg az összes többi kategória az esetek kevesebb mint negyedét képviseli. Az előadás elhangzásáig 2000-ben történt létrehozása óta több mint 120 ország javára 597 alkalommal aktiválták a Disasters Chartert.

OneWeb: az első hat a több százból. Február 27-én Francia Guyanából indult az a Szojuz rakéta, amely egy új szélessávú, alacsony pályás távközlési műholdrendszer első hat tagját állította pályára. A OneWeb cég (Arlington, Virginia, USA) még 2012-ben, WorldVu néven alakult. Tervük szerint 648 (sőt egyes elképzelések szerint később akár még két és félszer ennyit!) műholdat állítanak 1200 km magas, poláris Föld körüli pályákra. A 140 kg tömegű, kis késésű távközlési holdak transzponderei a Ku-sávban (12–18 GHz) működnek. Az első 648 hold kapacitását már eladták. A műholdak gyártása egy erre a célra létrehozott floridai üzemben folyik. Terveik szerint 2019 végére legyártják a teljes szolgáltatás nyújtását biztosító 648 műholdat, majd a következő évben még megépítenek további 250 darab tartalékot. A műholdak pályára állítására egyelőre az Arianespace-től 21 indítást (Szojuzokkal), a Virgin Galactic-től pedig 39 indítást rendeltek meg. A felhasználói terminálok 36 x 16 cm-es antennákat használnának. A kis méretű terminálok nem csak a Ku-sávú adó-vevő berendezést tartalmazzák, de Wi-Fi/LTE/3G/2G adatátviteli rendszerekkel is ellátják azokat, így közvetlenül kapcsolódhatnak földi mobil hálózatokhoz, mobiltelefonokhoz, laptopokhoz. Tápellátásukról napelemekkel töltött akkumulátorok gondoskodnak.

2019. március

Repül az új Sárkány.

Március 2-án, egyelőre még emberek nélkül, de már a Nemzetközi Űrállomás (ISS) felé indult a SpaceX Dragon-2 űrhajójának első teszt-példánya. A Dragon (Crew Dragon) Demo-1 jelzésű küldetésének startjára a Kennedy Űrközpont 39A indítóhe-



lyéről került sor a SpaceX Falcon-9 hordozórakétájával. A régóta várt repülés kritikus mérőldkő az amerikai űrhajózás történetében, és a NASA 6,8 milliárd dolláros kereskedelmi űrhajófejlesztési programjában (Commercial Crew Program). Az űrrepülőgépek majdnem nyolc évvel ezelőtti leállása óta az amerikai űrhajósok – és a szintén a NASA által az ISS-re utaztatott európai, kanadai és japán társaik – kizárólag az orosz Szojuz űrhajókra hagyatkozhattak az űrállomásra menet vagy onnan jövet.

A Crew Dragon Demo-1 repülés során automatikus megközelítést és dokkolást alkalmaztak az ISS-nél, a startot követő napon. A kapcsolódás után néhány órával a személyzet tagjai – az orosz parancsnok, Oleg Kononyenko, a kanadai David Saint-Jacques és az amerikai Anne McClain – kinyitották az átjárót és megvizsgálták az űrhajót. A személyszállító Dragonon (a név jelentése: sárkány) maradt azért még fejleszteni való. Az orosz partnerek például kockázatosnak tartják, hogy az ISS megközelítésekor nem két, egymástól teljesen független számítógépes rendszerre hagyatkozik a Crew Dragon. Az űrállomáshoz érkező minden más űreszköznél ez így van, arra az esetre felkészülve, hogy ha valami fatális hiba folytán teljesen leállna a rendszer, akkor se ütközzön kontrollálatlanul a közelgő űrhajó az ISS-nek. Az első Crew Dragon nem maradt fent sokáig, március 8-án elhagyta az ISS-t, majd visszatérő kabinja az Atlanti-óceánba ereszkedett le. A visszaúton is belekerült némi rakomány, összesen mintegy 150 kg tömegben, köztük egy meghibásodott űrruhatartozék és kísérleti minták. Akkor még úgy tervezték, hogy ha semmi sem jön közbe, akár már a 2019-es év vége előtt beindulhatnak a menetrendszerű emberes utak az ISS-re az új, kereskedelmi alapon fejlesztett űrhajókkal, amerikai földről indulva.

De áprilisban a Crew Dragon mentőrendszere hajtóműveinek földi tesztelése során robbanás történt, ami tovább késleltette a folyamatokat.

Támogatás az űrtevékenységnek. Bő 2,3 milliárd forintot szának a költségvetésből a magyar űrkutatás és űrtevékenység fejlesztésére. Az erre vonatkozó, március 18-án megjelent kormányhatározat szerint a Kormány „egyetért azzal, hogy az űrkutatás a magyar gazdasági fejlődés szempontjából kiemelt jelentőséggel bíró ágazat és ezen terület folyamatos fejlődése a nemzetközi szervezetek – különösen az Európai Űrügynökség – munkájában történő részvétellel, valamint a nemzetközi – különösen a V4 országokkal közös – együttműködések, programok költségvetéséhez történő hozzájárulással biztosítható”. Ezért felhívja a pénzügyminisztert, hogy gondoskodjon az idei fejlesztésekhez szükséges összeg biztosításáról a központi költségvetésből, még hozzá beépülő jelleggel. A tételt a 2020-as évtől kezdve figyelembe veszik a mindenkori éves költségvetés tervezésekor.

Lelőtt indiai műhold. Indiában is demonstrálták, hogy képesek megtenni, amit a többi űrnagyhatalom... Március 27-én (nem mellesleg röviddel a választási kampány kezdete előtt) Narendra Modi indiai miniszterelnök televíziós beszédben jelentette be, hogy országa hadserege egy földről indított rakétával sikeresen semmisített meg egy a Föld körül alacsony pályán keringő műholdat. A rakétát egy India északkeleti részén fekvő bázisról indították, és kb. 300 km magasságban találta el a célpontját, egy korábban felbocsátott indiai műholdat. Az ilyen rakéták nem szállítanak robbanófejet, a megcélzott űreszközt a vele való ütközés révén teszik tönkre. Valószínűsíthető, hogy a 270 km magasan keringő Microsat-R volt a célpont. Szétlőni egy műholdat az amúgy is egyre szaporodó űrszeméttel teleszórt alacsony Föld körüli pályák térségében enyhén szólva nem barátságos művelet. Az indiai külügyminisztérium közleményében igyekezett is elvenni a dolog élet azzal, hogy a tesztnél minimalizálni próbálták a keletkező új űrtörmelékdarabok mennyiségét. A darabok az alacsony pálya miatt néhány hét leforgása alatt belépnek a sűrű légkörbe és megsemmisülnek. Ez így persze túl szép lenne, hiszen előfordulhat, hogy egyes részek az ütközés következtében magasabb pályára jutottak és még jó ideig keringenek majd ott. A teszt nyomán India lett a negyedik ország az Egyesült Államok, Oroszország és Kína után, amely sikeresen vetett be egy földi indítású, műholdellenes fegyvert. Az indiai kormány és a

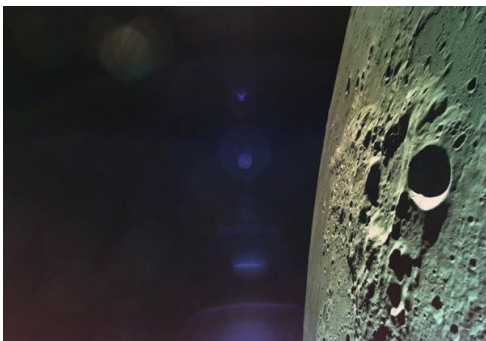
miniszterelnök szerint ezzel egyrészt űrprogramjuk fejlettségét demonstrálták, másrészt megmutatták, hogy szükség esetén meg tudják védeni saját műholdjaikat egy esetleges támadás ellen. Mindazonáltal az ilyen tesztek általában éppen a műholdak biztonságával kapcsolatban ébresztenek komoly kételyeket. Kínában és Oroszországban is folynak ilyen fejlesztések, bár a nevezetes 2007-es kínai teszt óta nem történt nagyobb mennyiségű űrszeméttel járó ilyen esemény. Az Egyesült Államok legutóbb 2008-ban lőtte le a 250 km magasan keringő USA-193 katonai műholdját. Azt a kísérletet előre bejelentették, a célja a műhold irányítatlan lezuhanásának elkerülése volt. Bár a legtöbb törmelékdarab heteken belül elégett a légkörben, a követett űrszemétdarabok közül a legutolsó 2009 végéig pályán maradt.

Foszforeszkáló műholdak. Az űreszközök dokkolását segítő infravörös és foszforeszkáló jelzőfények fejlesztését egy magyar cég, a miskolci Admatis Kft. végzi az ESA számára. A fejlesztés az ESA Clean Space programja keretében folyik, amely projekt egyik célja a világűr megtisztítása az űrszeméttől. Ezért fontos az, hogy a majdani automata takarító műholdak könnyen és biztonságosan meg tudják közelíteni az eltakarítandó, űrszemétnek számító, vagyis értelemszerűen működésképtelen műholdakat. A megközelítést és a dokkolást könnyítik majd meg azok az infravörös és foszforeszkáló jelzések, amelyeket a majdani műholdakon elhelyezhetnek. Az első tesztek március végén végezték Noordwijkban, az ESA hollandiai ESTEC űrközpontjában, a magyar szakemberek közreműködésével.

2019. április

Lezajlott a zenés kísérlet. Magyar kezdeményezésre tíz önkéntest forgattak meg egy kölni centrifugában. Öten közülük zenét hallgattak. A kísérletre az ESA egyetemi hallgatók számára kiírt Spin Your Thesis Human Edition 2018 programja keretében került sor a Német Repülési és Űrügynökség (DLR) :envihab létesítményben található rövidkarú humán centrifugán. Közismert, hogy a zene befolyásolja az emberek hangulatát. Egy-egy dallam hatására megnyugszunk, könnybe lábad a szemünk, jobban tudunk koncentrálni vagy pihenni, sőt akár gyorsabban futunk. A mostani kísérlet egy kezdeti lépés ahhoz, hogy megvizsgálják: a zene segítségével hogyan javítható az emberek teljesítőképessége az egyik leginkább idegen és stresszes környezetben, a vi-

lágűrben. A zene stresszcsökkentő hatását hormonvizsgálatok segítségével és izommérésekkel igyekeztek alátámasztani. A tíz önkéntes kísérleti alanyt a centrifugában fekvő olyan sebességgel forgatták, hogy az ún. hipergravitációs környezetben a földi nehézségi gyorsulás másfélszerese hasson rájuk. Közülük öten – a kontrollcsoport tagjai – nem hallgattak zenét, öten viszont igen. A zeneszámok kiválasztásában a centrifuga gyorsításának üteme és a kísérlet résztvevőinek személyes ízlése volt a meghatározó. A hegedűn játszó, a győri Széchenyi István Egyetemen végzett Luis Luque Álvarez, a Music for space című kísérlet megálmodója és a csapat vezetője onnan kapta az ötletet, hogy számos videót látott, amelyeken űrhajósok zenéltek űrrepülésük közben. Kiderült számára, hogy a zene az űrhajósok mindennapi életének része. Már a start során, a visszaszámláláskor is zenét játszanak nekik a földi irányítók. A Föld körüli pályán pedig mindegyiküknek saját személyes lejátszási listája van, szabadidejükben ezeket a zeneszámokat hallgatják. A stressz csökkentésére leginkább alkalmas zenét akár tudományos alapon is ki lehetne válogatni – ez volt a kísérleti ötlet alapja. A Kölnben elvégzett kísérlet eredményei arra utalnak, hogy a zenének valóban van pozitív hatása a stresszes hipergravitációs környezetben. Ez azonban csak a kezdet, statisztikailag értékelhető eredmények eléréséhez folytatásra, több mérésre volna szükség. Mindenesetre a résztvevők az egyre gyorsuló forgás közben a lassú ütemű, állandó hangmagasságú zenét tartották a leginkább megnyugtatónak.



Sikertelen volt a Beresit leszállása.

Az izraeli űrszonda február 22-én indult, április 4-én állt a Hold körüli pályára, 11-én pedig megkísérelt leszállni az égitest felszínén. Ezzel Izrael lett volna az űrtörténelemben a negyedik állam – és az első nem nagyhatalom –, amelynek űreszköze sima leszállást hajtott

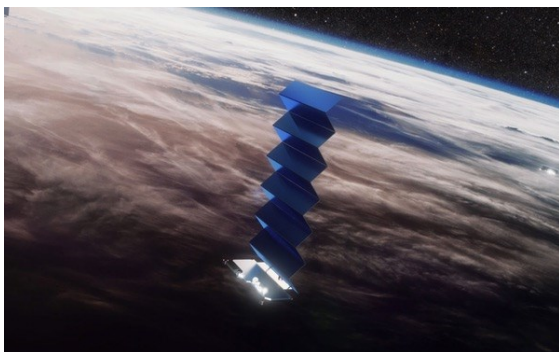
vége az égitesten. Korábban csak a Szovjetunió, az Amerikai Egyesült Államok és Kína juttatott űrszondát (sőt az amerikaiak embereket szállító űrhajókat is) a Hold felszínére. Egyúttal a Beresit (angolos átírással Beresheet; Genézis, Teremtés könyve) lett volna az első űrszonda, amely alapvetően magánfinanszírozás-

ban készült és elért a Holdra. A landolást megelőzően a programot vezető SpaceIL illetékesei óvatosságra intettek, mondván, hogy a művelet kockázatos. A Beresit költségei közel 100 millió dollárt tettek ki, ami kifejezetten olcsónak számít egy holdszonda esetében. Ez azt is jelenti, hogy a fedélzeti rendszereket a megszokottnál kisebb redundanciával, nagyobb rizikót vállalva tervezték. A leereszkedés a Derűtség tengere (Mare Serenitatis) térségében kezdődött. Az űrszonda fő hajtóművének fékező manővere után 20 perccel érte volna el a felszínt. Magának a műveletsorozatnak teljesen automatikusan, az előzetesen feltöltött parancsok alapján, a földi irányítók valós idejű beavatkozása nélkül kellett zajlania. A tervezett leszállóhely egyébként néhány 100 km-re található az Apollo-15 1971-es landolásának helyszínétől. A leszállóegység először a lézeres magasságmérő berendezését kapcsolta be, amely a magasságról és a felszínhez képest mért sebességéről küldött adatokat a fedélzeti számítógépnek. Ez vezérelte a fő hajtóművet, amely nem működött megfelelően, az irányítók elvesztették a kapcsolatot a szondával. A szerencsétlenül végződött leszállás okait feltárni hivatott vizsgálat szerint az űreszköz térbeli helyzetének meghatározását végző egységgel (inertial measurement unit, IMU) felmerült probléma megoldására az űrszondára a földi irányítók által felküldött egyedi parancs olyan véletlen hibasorozatot indított el, melynek következtében a szonda fő hajtóműve leállt. A megfelelő lassítás nélkül esély sem volt arra, hogy a Beresit épségben elérje a felszínt.

Falcon Heavy: újabb siker. Április 12-én Floridából elindult második repülésére a SpaceX nagyrakétája, amely egy szaúdi geostacionárius távközlési holdat állított pályára. A Falcon Heavy a ma elérhető kozmikus hordozórakéták közül a legnagyobb teljesítményű, bemutatkozására 2018. február 6-án került sor. Akkor az első fokozat mindkét kiürült oldalsó segédtrakétája sikeresen visszatért Floridába. A fokozat magját alkotó rakéta sima leszállása ugyanakkor nem sikerült, az az Atlanti-óceánba csapódott. A végfokozat viszont sikeresen Nap körüli pályára állította a ballasztként szolgáló, piros Tesla Roadstert, Elon Musk sportautóját. A rakéta, amely 64 tonnányi terhet tud alacsony Föld körüli pályára állítani, mostani második repülése során a szaúd-arábiai Arabsat-6A távközlési holdat indította geostacionárius átmeneti pályára. A King Abdulaziz City of Science and Technology (KACST) még 2015 áprilisában rendelt meg az amerikai Lockheed Martintól két A2100-as műholdplatformon épített űreszközt. Egyikük a kettős nevet viselő, vegyes tulajdonú

HellasSat-4 / SaudiGeoSat-1, amely februárban indult. A másik műhold a most indított, teljes egészében szaúdi tulajdonú Arabsat-6A, melynek starttömege 6 tonna, tervezett élettartama 15 év, és a tervek szerint a 30,5°-os keleti hosszúság fölötti geostacionárius pozícióba kerül. Televíziós műsorszórást, telefonos és internetes adatátvitelt, titkosított kommunikációt végez majd közel-keleti, afrikai és európai lefedettséggel.

2019. május



60 Starlink hold: az első nagy lépés. Május 24-én egy Falcon-9 rakétával Floridából pályára állították a SpaceX globális műholdas internetszolgáltatást célzó konstellációjának első 60, egyelőre tesztcellal készült darabját. Úgy tűnik, hamarosan bekö-

vetkezhet az áttörés a globális, űralapú internetszolgáltatás létrehozásáért folyó versenyben. Történtek kísérleti műholdindítások például Kínából, beindult a OneWeb, és bővült az O3b műholdak konstellációja is. De most egy igazi nagyhatalom, Elon Musk SpaceX vállalata is beszállt a vetélkedésbe. A több milliárd dolláros Starlink programban a globális lefedettséget megcélzó tervek megvalósításához több ezer különálló űreszközzel lehet szükség. A SpaceX 2018 februárjában, egy Falcon-9 rakéta „potyautasaként” már pályára állított két kísérleti műholdat (Microsat-2A és -2B), amelyek a most már sorozatban előállított – és némileg más felépítésű – Starlink holdak demonstrációs példányaiként szolgáltak. A májusban felbocsátott 60 űreszközzel egy újabb nagy lépést tesznek a rendszer működőképességének tesztelése terén. A majdani tényleges szolgáltatást nyújtó első műholdak végül november 11-én álltak pályára, a 60-as adagokban történő indításukat 2020-ban felgyorsítják. A Starlink műholdjait a SpaceX-nek a Washington állambeli Redmond mellett található üzemében gyártják. Az első 1584 Starlink műhold a felszín felett 550 km-es magasságban, az egyenlítői síkhoz képest 53°-os hajlásszögű, 24 különböző pályasíkban helyezkedik majd el. A napfényt a vártnál erősebben visszaverő, a startot követően, még

alacsonyabb pályán az égbolton libasorban elhaladó Starlink műholdak szabad szemmel is feltűnő látványt nyújtottak. A fejleményeket ugyanakkor növekvő aggodalommal figyelik a csillagászok, hiszen az elkövetkező években felbocsátandó műholdse-
regek megnehezíthetik a tudományos megfigyeléseiket.

Amerikai magáncégekkel a Holdra. A pályázók közül az első körben három vállalatot választott ki a NASA, hogy műszereit a Hold felszínére juttassák. Az amerikai űrhivatal a 2018 végén indított Commercial Lunar Payload Services (CLPS) programja keretében kereskedelmi alapon kifejlesztendő űrszondákra szeretne hagyatkozni, amelyek révén gyorsan és költséghatékonyan el tudja majd szállíttatni tudományos berendezéseit és technológiai kísérleti eszközeit a Holdra. Május utolsó napján bejelentették, hogy az első fázisban három céggel kötnek szerződést, több mint negyedmilliárd dollár összértékben. A három kiválasztott az Astrobotic, az Intuitive Machines és az OrbitBeyond. Feladatuk akár 23 műszercsomagnak a Hold felszínére juttatása, legkésőbb 2021-ig. A három kereskedelmi alapon szerveződő űrszonda küldetés indítási időpontjai a 2020. szeptember és 2021. július közötti időszakra kell essenek. A három megnevezett cég arról a kilences listáról került ki, amelyen 2018 novemberében a lehetséges CLPS partnereket sorolta fel a NASA. Alig két hónappal később a három közül az egyik, az OrbitBeyond belső problémáira hivatkozva felmondta az űrhivatallal kötött 97 millió dolláros megállapodását. Novemberben a NASA bejelentette, hogy újabb öt vállalat jöhet majd számításba a következő CLPS pályázati köröknél.

2019. június

Start a Sárga-tengerről.

Kína először hajtott végre műholdindítást egy tengeren úszó mobil platformról. Egy Hosszú Menetelés-11 típusú rakétával hét kisebb űreszköz állt pályára. Az indítás a Sárga-tenger vizéről történt. Általában az a cél ilyenkor, hogy a hordozó-



rakétát az Egyenlítőhöz közelebbi helyről felbocsátva jobban ki tudják használni a Föld forgásából adódó kerületi sebességet, ami az Egyenlítőnél a legnagyobb. Egyelőre viszonylag magas, 35° körüli északi szélességnél próbálták ki a módszert a kínaiak. A sikeres start május 5-én volt. A Hosszú Menetelés-11 egy viszonylag gyorsan bevezethető, kis tolóerejű, korszerű, szilárd hajtóanyagú kínai hordozóeszköz. Alacsony (700 km-es magasságú pályára) 350 kg hasznos terhet képes eljuttatni. A rakéta nem túlságosan rég, 2015 decemberében mutatkozott be.

Falcon Heavy: harmadszor is sikeres. 2019. június 25-én szállt fel harmadik alkalommal a SpaceX Falcon Heavy rakétája, amely tavaly februári bemutatkozása óta az emberiség legnagyobb és legerősebb jelenleg is aktív hordozórakétája. A felszállási művelet lényegében rendben zajlott le, az előző két alkalomhoz hasonlóan csak a középső rakétafokozat visszahozásánál jelentkezett komolyabb probléma. Mivel a 24 darab különböző műhold indítása kimondottan bonyolult feladatnak bizonyult, a középső rakétafokozatnak a megszokottnál nagyobb magasságba kellett felemelkednie és nagyobb sebességre felgyorsulnia, hogy a második rakétafokozatnak elég üzemanyaga maradjon a feladatának elvégzéséhez. Így viszont eleve eléggé kockázatos volt, hogy sikerül-e épségben leszállítani az Atlanti-óceán vizén úszó platform fedélzetére. A műholdakat a felszállás kezdeti szakaszában védő borítást is sikerült begyűjteni az erre a célra mozgósított hajónak, így az is újrafelhasználható lesz egy következő küldetés során. A rakéta hasznos terhet az amerikai hadsereg űrteszt-programja (STP-2, Space Test Program) keretében indították, össztömege 3,7 tonna volt. A kísérleti űreszközök zömében nano- és mikroműholdak voltak. Föld körüli pályára került például egy űralkalmazásokra fejlesztett, nagyon pontos atomóra, továbbá kísérleteket végeznek egy környezetbarát, és egyben az elterjedt hidrazinnál lényegesen nagyobb hatásfokot, ezáltal tömeg-megtakarítást ígérő hajtóanyaggal. Ezzel az indítással került a világűrbe továbbá a LightSail-2 kísérleti napvitorlás is.

2019. július

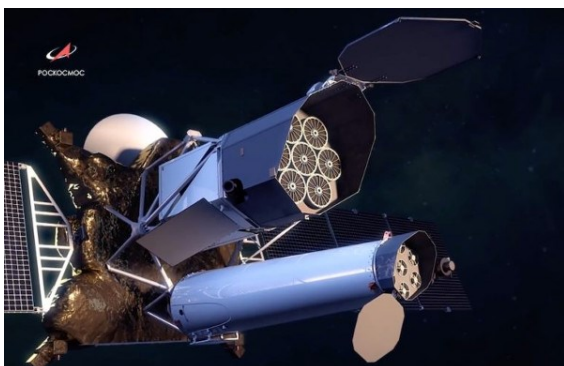
Magyar évfordulós bélyeg-blokk. 50 éve lépett először ember a Holdra címmel 550 Ft névértékű bélyegblokkot bocsátott ki július 8-án a Magyar Posta. A sorozámozott alkalmi bélyegblokkal emlékeztek meg arról, hogy 1969. július 21-én először lépett ember a Holdra. A bélyegblokk Kara György grafikusművész tervei alapján készült, számítógépes grafikával. Bélyegképe egy Holdon sétáló űrhajóst ábrázol, háttérben a holdkomppal. A keretrajzra a Holdon hagyott legendás lábnyom került, amely a szél általi erózió hiányában azóta is gyakorlatilag változatlan. A grafikai kompozíció háttérében a Föld bolygó látható.



Orosz röntgensillagászati űrtávcső. A július 13-án Bajkonurból, egy Proton rakétával indított Szpektr-RG az elmúlt nyolc év legjelentősebb orosz tudományos űreszköze. Az űrcsillagászati sorozat előző tagja, a Szpektr-R (RadioAstron) rádiótartományban végzett megfigyeléseket, földi rádiótávcső-hálózatokkal egy különleges, nagy felbontásra képes interferométert alkotva. A RadioAstron, fedélzetén egy 10 m-es átmérőjű rádióantennával 2011-ben indult és 2019 elejéig maradt működőképes, 3 helyett 7 és fél évig szolgálva a kutatókat. Nemrég a kommunikációban felmerült, immár megoldhatatlan műszaki problémák miatt hivatalosan is befejezettnek nyilvánították a programját.

Az orosz földi irányítók nem sokáig maradtak munka nélkül, most elindult a következő orosz űrtávcső. A régebbi Szpektr-R és az új Szpektr-RG abban is hasonlítanak, hogy mindkettő több évtizedes múltra (és késésre) tekinthet vissza. Fejlesztésük még a szovjet időkben, a rendszerváltás előtt kezdődött, ugyanott, az Orosz Tudományos Akadémia Űrkutatási Intézetében. Az 1990-es években a gazdasági nehézségek miatt veszélybe került a megvalósítás. A Szpektr-RG-t 2005-ben élesztették újjá, kevésbé ambiciózus küldetéssel, és meghatározó külföl-

di partnerek bevonásával. Mindkét „felélesztett” űrszillagászati program űrtávcsövének fedélzeti udományos berendezéseit a Lavocskin Egyesülés Navigator műholdplatformjára építették.



A Szpektr-RG fő fedélzeti tudományos műszere, az eROSITA (extended ROentgen Survey with an Imaging Telescope Array) Németországból (Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, MPE) származik. Feladata négy év leforgása alatt a teljes égbolt szisztematikus felmérése,

se, nyolc különböző alkalommal, a 10 keV alatti ún. közepes energiájú röntgentartományban. Itt elsősorban rengeteg új galaxishalmaz felfedezését várják, hiszen a sok millió fokok forró galaxisközi gáz ebben a tartományban sugároz. Ugyancsak sok új információt remélnek a röntgensugárzó aktív galaxismagokról, amelyek közepén egy-egy szupernagy tömegű, akár több milliárd naptömeget is elérő fekete lyuk „falja fel” a környező anyagot. A Szpektr-RG másik műszere, a magasabb energiákon érzékeny ART-XC egy orosz építésű, amerikai közreműködéssel készült röntgentávcső. A becslések szerint a működési ideje alatt az orosz űrtávcsővel milliószámra fedezhetnek fel új égi röntgenforrásokat. Akár a 80%-a annak, amit majd megfigyel, ma még ismeretlen! A tudományos megkeletések tehát szinte garantáltak.

Az eROSITA bizonyos értelemben a nagysikerű, 1990-ben indított német ROSAT röntgenműhold folytatása. A ROSAT annak idején az égbolt első röntgenfelmérését végezte el. Mivel a Föld légköre elnyeli a világűrűből érkező röntgensugarakat, az elektromágneses sugárzás ezen tartományában a csillagászati megfigyelésekhez űreszközökre (esetleg magaslégtörő ballonokra vagy rakétákra) van szükség. A kutatók ugyan nem tudják pontosan, mit fognak látni az új, érzékenyebb égboltfelmérés végén, de azért a műszerépítésnek volt konkrét célja. A várakozások szerint mintegy 100 ezer új galaxishalmazt fedeznek majd fel. A galaxishalmazok a világegyetem legnagyobb kiterjedésű, gravitációsan kötött rendszerei. Vizsgálatukkal többet szeretnének megtudni az ún. sötét energiáról, vagyis arról a ma még rejtélyes hatásról, ami miatt az univerzum jelenleg egyre gyorsuló ütemben tágul. A Szpektr-RG mérései segítségével pontosíthatók lesz-

nek a világegyetemet leíró kozmológiai modell paraméterei. Az eROSITA méréseinek érzékenysége 20–25-ször meghaladja a ROSAT korabeli méréseiét, és a detektált röntgensugarak energiája is magasabb lesz. A Szpektr-RG mérései kiegészítik majd a más nevezetes, már működő röntgenobszervatóriumokkal (például a NASA Chandra-űrobszervatóriumával) gyűjtött adatokat. A megfigyelési módszerben alapvető különbség, hogy amíg a nagy obszervatóriumok kiválasztott objektumokra végeznek irányított méréseket, addig az eROSITA mindent felmér, ami a látómezéjébe kerül. Az új felfedezések alapján számos érdekes, részletesebben vizsgálándó célpont adódik majd a következő generációs nagy űrobszervatóriumok számára is. Mondani sem kell, hogy az új röntgenforrások azonosításához a világ csillagászai más hullámsávokban – a látható és infravörös fény tartományában vagy rádiótartományban – is végeznek majd kiegészítő megfigyeléseket. A galaxishalmazok és a legtávolabbi – akár 13 milliárd éve létezett – aktív galaxismagok mellett a Szpektr-RG által vizsgálándó további égi jelenségek között érdemes megemlíteni még a pulzárokat és a gamma-kitöréseket is.

A Szpektr-RG állomáshelye a Földtől másfél millió km-re levő L_2 Lagrange-pont környezete lesz, ami népszerű az űrteleszkópok üzemeltetői körében. Az L_2 ponthoz küldött űreszközök ugyanúgy egy év alatt kerülnek meg a Napot, mint a Föld, állandóan bolygónk éjszakai féltekéje fölött tartózkodva. Itt működik például az európai Gaia, itt volt a Herschel és a Planck is, és ide készül a James Webb-űrteleszkóp. Az orosz űrcsillagászati szonda remélt élettartama 7 év. A terv, hogy ha végeznek a teljes 4 éves égboltfelméréssel, utána a legérdekesebbnek bizonyuló célpontokat külön, részletesebben is megfigyelhetik.

A Tienkung-2 vége. A Csendes-óceán fölött a légkörbe lépve, irányított körülmények között megsemmisült Kína második kísérleti űrállomásmodulja. A Tienkung-2 (Tiangong-2) modul 2016. szeptember közepén állt Föld körüli pályára. Élettartamát eredetileg két évre tervezték, mostani megsemmisüléséig több mint 1000 napot repült. (Igazából még évekig elegendő hajtóanyag maradt rajta, ha tovább szerették volna üzemeltetni.) Egy emberes űrhajó, a Sencsou-11 (Shenzhou-11) látogatta meg, még a felbocsátása után egy hónappal. A két főből álló személyzet a kínai űrrepülés történetében rekordhosszú időt, egy hónapot töltött a fedélzetén. Később, 2017 áprilisában indult és érkezett a Tiencsou-1 (Tianzhou-1), az első kínai teherűrhajó. Ennek a két küldetésnek a fogadásával a Tiencsou-2 lényegében teljesí-

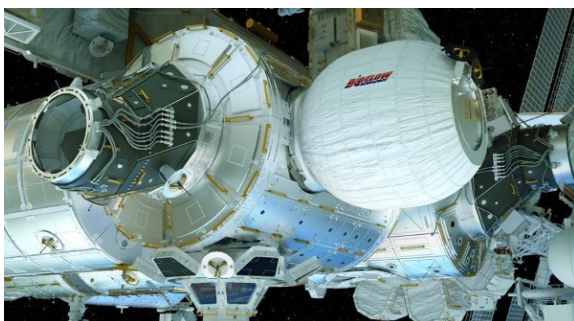
tette legfőbb feladatát. Természetesen folyamatosan további kísérleteket is végeztek az egyre alacsonyabb pályán keringő űreszközzel, illetve annak fedélzetén, automata üzemmódban. A Tienkung-2 ugyanis a kínai űrállomásprogram következő lépésének, egy modulrendszerű űrállomás elindításának a begyakorlását is szolgálta. A 10,4 m hosszú, 3,35 m átmérőjű, 18,4 m fesztávolságú napelemtáblákkal felszerelt Tienkung-2 végül július 19-én lépett be a sűrű légkörbe, ahol a várakozásoknak megfelelően elégett. Ha maradt is belőle néhány darab, azok valahol Új-Zéland és Chile között zuhantak a Csendes-óceánba.

Úton India második holdszondája. A Csándráján-2 (Chandrayaan-2) űrszonda július 22-én indult a Satish Dhawan Űrközpontból, Sriharikota szigetéről egy GSLV Mk.3 hordozórakétával. A szonda három részből áll, keringő egységből (Orbiter), a Vikram leszállóegységből és a Pragyan holdjáróból. A küldetés célja egyrészt a technológiai képesség, elsősorban a sima leszállás és a holdjáró működtetésének demonstrálása. Másrészt, a tudományos célok közül a legfontosabbak a víz jelenlétének kimutatása, illetve feltérképezése, a felszín kémiai összetételének vizsgálata, valamint a déli pólus térségében a regolit tulajdonságainak helyszíni vizsgálata. India holdprogramja a 2008–2009-ben működött Csándráján-1 szondával kezdődött, amellyel a Hold körüli pályáról vizsgálták az égitestet. Legnagyobb visszhangot kiváltó eredménye víztartalmú ásványok felfedezése volt a holdi sarkvidéken, a legnagyobb koncentrációban az állandóan árnyékos kráterek belsejében.

A második indiai holdszonda Vikram egységének szeptember 6-án megkísérelt landolása sajnos nem járt sikerrel. A Csándráján-2 augusztus elején állt Hold körüli pályára, a leszállóegység és a pályán maradó orbiter elválása szeptember első napjaiban megtörtént. A kijelölt leszállóhely nem akármilyen volt, hiszen a Hold poláris vidékeire (pontosabban 70,9° déli szélességhez) eddig még senki nem küldött űreszközt. A Vikram leszállóegység és vele együtt a Pragyan holdjáró nagy sebességgel a felszínbe csapódott és megsemmisült, miután a manőversorozat végső fázisában, kb. 2 km-es magasságban elvesztették vele a kapcsolatot a földi irányítók. A becsapódás helyét később sikerült megtalálni az amerikai Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) szonda nagyfelbontású kamerájának képei segítségével. A szerencsétlenül járt leszállóegységtől függetlenül a Hold körül keringő Csándráján-2 rendben végzi a feladatát, élettartama akár 7 éves is lehet.

Marad a felfújható modul.

A három éve a Nemzetközi Űrállomáshoz kapcsolt kísérleti, felfújható modul a 2020-as évek végéig a helyén maradhat. A Bigelow Aerospace cégnél gyártott BEAM (Bigelow Expandable Activity Module) felfújható modult



2016 áprilisában a Dragon CRS-8 teherűrhajó vitte a Nemzetközi Űrállomásra, május végére pedig sikerült az ISS-hez kapcsolva teljes méretére felfújni. Akkor úgy tervezték, hogy a BEAM két évig marad az ISS-hez csatlakoztatva. Utána az ISS-ről leválasztva a légkörben megsemmisült volna. A tervek azonban változtak. A NASA a modul használatáért felelős vezetője július végén jelentette be, hogy a BEAM várakozáson felül teljesített, ezért küldetése meghosszabbításáról döntöttek, nem választják le, nem semmisítik meg, hanem 2028-ig a helyén hagyják (ami az jelenti, hogy az ISS jelenleg tervezett működési idejének végéig, bár az ISS jövőjére vonatkozó tervek még távolról sem tekinthetők véglegesnek). A helyzet már az elmúlt három évben is változott, hiszen míg az eredeti tervek szerint a BEAM-nek a technológia kipróbálásán kívül más funkciója nem lett volna, az űrhajósok máris raktározásra használják, hogy ezzel is enyhítsék az ISS fedélzetén uralkodó zsúfoltságot. A NASA 2017 októberében állapodott meg a Bigelow Aerospace vállalattal arról, hogy újabb tesztek hajtanak végre a modullal, és a BEAM-et raktározás céljára is igénybe veszik. Az új funkció ellenére a NASA továbbra is folytatja az eredeti kísérleteket, vagyis rendszeresen méri a BEAM belsejében a fizikai viszonyokat, elsősorban a hőmérsékletet és a sugárzás szintjét. Az eddigi mérések során megállapították, hogy hőháztartását tekintve a modul jól teljesít, a hőmérséklet akkor is a „vártnál kellemesebb” maradt, amikor 1440 kg rakománnyal pakolták tele az egységet. A BEAM-et a mikrometeorok becsapódását érzékelő eszközzel is felszerelték. Egy ilyen eseményt 2017 februárjában detektáltak, a becsapódás ereje azonban szerencsére nem volt elég ahhoz, hogy kárt okozzon a BEAM külső falában.

A Bigelow tehát sikeresen demonstrálta a technológia életképességét. Ennek megfelelően a vállalat jelenleg a BEAM nagyobb változatát, a 330 köbméteres B330 modult tervezi, ame-

lyet akár az ISS-hez, akár későbbi, kereskedelmi célú űrállomásokhoz kapcsolva lehetne hasznosítani. A Bigelow részt vett abban a NASA kezdeményezésben is (NextSTEP-2), amelynek során magáncégeket kértek fel a Gateway Hold-űrállomás lakómoduljának a megtervezésére, jöllehet a végleges megbízást nem a Bigelow, hanem a Northrop Grumman kapta.

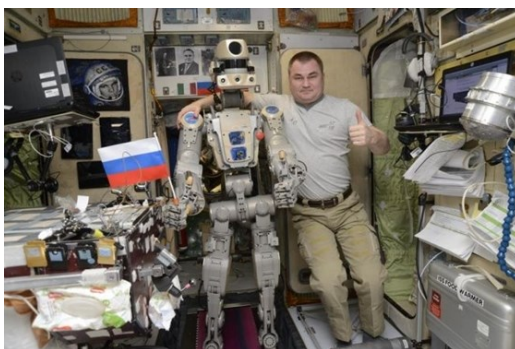
2019. augusztus

EDRS-C és Intelsat-39. Augusztus 6-án két távközlési műholdat állítottak pályára Ariane-5 rakétával, Francia Guyanából. Az egyik az európai adatátjátszó műholdrendszer (European Data Relay System, EDRS) második tagja, az EDRS-C volt. A rendszer fő feladata, hogy műholdjai lényegében valós időben közvetítsék az alacsony pályás földmegfigyelő műholdak adatait a Földre. A geostacionárius, vagyis a Földről megfigyelve az égen állni látzó adatátjátszó műholdakkal ugyanis megoldható, hogy a földi követőállomások fölött gyorsan elhaladó alacsony pályás holdak ne csak korlátozott ideig – gyors elrepülési idejük alatt – legyenek képesek lesugározni adataikat az adott állomásra. Adott esetben ez akár másfél órás késést is okozhat a fedélzetén tárolt adatok lejuttatásában, ha épp olyan hely fölött repül a földmegfigyelő hold, ahol nincs telepített vevőállomás. A Föld „élőben” való megfigyelése segíthet a műholdas távérzékelési adatok hatékonyabb felhasználásában, például katasztrófahelyzetek esetén a gyorsabb reagálásban. Az EDRS-t főleg a Copernicus program Sentinel műholdjai adatainak közvetítésére használják. Később, ha a Columbus modul külsejére tervezett lézeres terminált telepítik, a Nemzetközi Űrállomással való kapcsolattartásban is lesz szerepe. Az EDRS üzemeltetője, az ESA-val szerződött Airbus egyenesen űrbeli adatsztrádának (SpaceDataHighway) nevezi a rendszert. Az innovatív lézeres távközlési technikával akár 1,8 Gbit/s adattovábbítási sebességet is el tudnak érni. Az EDRS-A 2016 januárjában indult, az Eutelsat-9B műhold fedélzetén elhelyezett műszeregyüttesként. Most a brit Avanti céggel társbérletben, azok Ka-sávú transzpondereivel felszerelve működtetik majd az űreszközt, amelynek a másik neve ezért HYLAS-3. A műhold a német OHB cégnél épült. Míg az EDRS-A helye a geostacionárius pályáíven 9° keleti hosszúságnál van, az EDRS-C 31° keleti hosszúság felé tart. Az EDRS-C „utastársa” a hordozórakéta orrburkolata alatt az Intelsat-39 távközlési hold volt. Ezt a 6,6 tonnás, 15 éves élettartamra tervezett műholdat a

Maxar Technologies gyártotta Kaliforniában. Állomáshelye 62° keleti hosszúságnál lesz, ahonnan C- és Ku-sávú berendezéseivel videó és szélessávú adatátvitelt biztosít megrendelőinek. Az Indiai-óceán térségében a repülőgépek és hajók utasai számára lehetővé teszi, hogy ne legyenek elvághva az internettől. A 2001-ben indított Intelsat-902 szerepét veszi át, amely közeledik működésének végéhez. Az Ariane-5 mostani startjánál mutatkoztak be az utolsó rakétafokozat némileg meghosszabbított üzemanyagtartályai. A megnövekedett mennyiségű hajtóanyaggal közel 100 kg-mal több hasznos terhet tudnak elnyúlt geostacionárius átmeneti pályára juttatni.

Szojuz MSZ-14: emberek nélkül, robottal.

Augusztus 22-én ezúttal űrhajósok nem, csak humanoid robot utazott az orosz űrhajó fedélzetén, amelynek indítását új hordozórakétával próbálták ki. Pontosabban a rakéta nem is új, hiszen a Szojuz-2.1a típust korábban már számos al-



kalommal használták automata űreszközök Föld körüli pályára állításához. Ami újdonság, az az embereket szállító Szojuz űrhajóknál alkalmazott automatikus mentőrendszer integrációja ezzel a rakétatípussal. Ez az a rendszer, amely az emelkedés kezdeti szakaszában egy esetleges anomália esetén elválasztja és biztonságos távolságba juttatja az űrhajósokat szállító kabint a rakétától. Mivel a rakéta ebben a konfigurációban még sosem repült, az eljárást ki kell próbálni, így nem kockáztattak, és inkább űrhajósok nélkül küldték a Szojuz MSZ-14-et a Nemzetközi Űrállomáshoz (ISS). Már 2020 elejétől a Szojuz-FG rakétákat a modernebb Szojuz-2.1a típus váltja fel az orosz űrhajók pályára állításakor. Kipróbálták a megújított navigációs és manőverező rendszert is. Az eredményeket fel szeretnék használni az új – és a légkörben megsemmisülő Progresszekkel ellentétben a Földre való visszatérésre is alkalmas – Szojuz GVK nevű teherszállító űrhajó fejlesztéséhez. Ha minden jól megy, ez a típus 2022-ben mutatkozhatna be.

Az ember nélkül repülő orosz űrhajónak elsőre, két nappal a start után nem sikerült automata üzemmódban kapcsolódnia az ISS Poisk moduljához. A műveletet 90 m-es távolságban meg

kellett szakítani, s az űrhajó újból biztonságos messzeségbe távolodott el az ISS-től. A földi irányítók hamar kiderítették, hogy egy jelerősítő nem működött megfelelően. Ez a Kursz-NA nevű, radaros elven működő dokkolórendszer passzív oldalán található, amit a Progressz teherűrhajók és a Szojuz űrhajók csatlakoztatásakor használnak. A Kursz rendszer aktív oldala magán a közeledő Szojuzon van, innen küldik az ISS felé a rádiójeleket, hogy megállapítsák a két űreszköz közötti aktuális távolságot és a közeledés sebességét. Az adatok az űrhajó fedélzeti számítógépébe jutnak, amely ezek alapján a hajtóműfűvókákat vezérli, a megfelelő megközelítést biztosítva. A probléma megoldásához az előzőleg – emberekkel – érkezett Szojuz MSZ–13-at átmozgatták a Pojszk dokkolónyílásához. Majd a Zvezda modul végén így felszabadult helyen kísérelték meg újból – immár sikerrel – a Szojuz MSZ–14 automatikus csatlakoztatását. Mivel a Szojuz MSZ–13 kézi irányítással hajtotta végre a manővert, a Kursz rendszerre itt nem volt szükség. A Szojuz MSZ–14 egyébként 33 év után az első orosz emberes űrhajó, amely utasok nélkül repült. Űrhajósok nem lévén a fedélzeten, csak a Kursz rendszerre támaszkodó automatikus megközelítés és dokkolás jöhetett szóba. A szintén ember nélküli Progressz teherűrhajóknál jobb a helyzet, azok ugyanis fel vannak szerelve a TORU rendszerrel, amely lehetővé teszi, hogy a Kursz bármilyen fennakadása esetén a rakományt az ISS-en váró űrhajósok távirányítással közbeavatkozzanak, miközben a teherűrhajón elhelyezett kamera képei is a segítségükre vannak.

Mivel űrhajósok most nem repültek, a kiszolgálásukra szolgáló rendszerek helye is felszabadult. Így a Szojuz MSZ–14 a megszokottnál több terhet vihetett fel (és hozhatott vissza). A 660 kg-nyi rakományban található tudományos kísérleti eszközök, élelmiszer és gyógyszer, az ISS űrhajósainak szánt használati tárgyak is. Az űrhajó „utasa” pedig az orosz gyártmányú Skybot F-850 humanoid robot, alias FEDOR (Final Experimental Demonstration Object Research) vagy Fjodor. Nem kevésbé fontos helyre, mint a parancsnok ülésébe került. Repülés közben közvetítette a történeteket, az űrállomásra érkezve pedig Alekszandr Szkvorcov felügyelete mellett kommunikált az „igazi” személyzettel és egy sor kísérletben vett részt. Közel két hét elteltével, a Szojuz MSZ–14 kabinjában tért vissza a Földre. A humanoid robotokkal a cél, hogy hosszabb távon megkíméljék a valódi űrhajósokat az űrsétákon végzett nehéz és veszélyes munkától – bár a repülést követő hírek szerint Fjodor nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket.

Új GPS Block 3-as műhold. Augusztus 22-én Floridából pályára állt az amerikai műholdas navigációs rendszer legmodernebb sorozatának második darabja. A világszerte széles körben használt és jól ismert hely- és időmeghatározó rendszer, a katonai kezelésben levő amerikai GPS (Global Positioning System) Block 3 sorozatának első tagja tavaly decemberben indult. A 10 tagú Block 3A szériát a Lockheed Martin építi.

Az új startokra a műholdrendszer fokozatos frissítésének (vagyis az elhasználódó régebbi űreszközök folyamatos pótlásának) és egyben modernizálásának érdekében van szükség. Az indításnak különös jelentőséget adott, hogy a United Launch Alliance (ULA) Delta-4 rakétáját most utoljára használták M (Medium) alapkonzfigurációban, vagyis egy tagból (Common Booster Core, CBC) álló első fokozattal. A jövőben már csak a Delta-4 Heavy variáns marad a kínálatban, amelyben a nagyobb kezdeti tolóerőt három egymás mellé szerelt CBC biztosítja. A típusra legalább öt katonai megrendeléssel rendelkezik. Az ULA természetesen használatban tartja az Atlas-5 rakétáit, amelyek olcsóbbak, mint a Delta-4 Medium volt. A két rakétacsalád képességei nagyban átfedők voltak, az Atlas-5-nek azonban nincs a Delta-4 Heavy kapacitását megközelítő nehézzrakéta-változata. Időközben folyik az új Vulcan hordozórakéta fejlesztése.

2019. szeptember

HTV-8. Szeptember 24-én Tanegashimából egy japán H-2B hordozórakéta indította az ázsiai ország legújabb teherűrhajóját a Nemzetközi Űrállomáshoz. A HTV-8 (H-2 Transfer Vehicle, a japán név angolos átírásával Kounotori, magyarosan Kónotori, azaz Fehér golya) – mint azt sorszáma is mutatja – a sorozat nyolcadik tagja. A HTV egy 9,8 m hosszú és 4,4 m átmérőjű, hengeres űreszköz, amelynek tömege rakomány nélkül 10,5 tonna. Hermetikus részében (melybe az ISS-hez való csatlakozás után az űrhajósok be tudnak úszni) 3–4 tonnányi, míg külső részén további 1,5–2 tonnányi terhet képes magával vinni. A HTV-k jelenleg a legnagyobb tömeg felszállítására alkalmas teherszállító űrhajói az ISS együttműködésnek. Az űreszköz automatikus megközelítésre igen, de automatikus dokkolásra nem alkalmas. Az ISS közelébe ért HTV-t az űrhajósok robotkarral fogják be és illesztik a Harmony modul nadir, vagy a Unity modul nadir dokkolójára. A mostani HTV-8 egyébként nem teljesen azonos a korábbi HTV-ekkel. Például a térbeli orientációs rendszer érzékelői-

nek részét képező (Föld) horizont szenzort lecserélték egy csillag-szenzorra. A hermetikus térben pedig – egy kis áttervezésnek köszönhetően – immár nem 248, hanem 316 szállító zsákot (CTB, Cargo Transfer Bag) tudtak elhelyezni. Ezúttal a hermetikus térben 3,4 t, míg az űrhajó külső részén 1,9 t rakomány utazott. A teherűrhajó külső részén (a HTV-6-hoz és -7-hez hasonlóan) hat Li-ion akkumulátor kapott helyet. Ezekkel fokozatosan cserélik le a korábban használt nikkel-hidrogén akkukat. A teljes csere a HTV-9-cel felszállításra kerülő darabokkal valósul majd meg. A HTV-8 egyébként a sorozat utolsó előtti tagja, ugyanis a várhatóan 2020-ban indítandó HTV-9 után a japánok már a továbbfejlesztett HTV-X teherűrhajókat fogják használni – talán 2022-től.

Starship: elkészült a prototípus. 2008. szeptember 28-án érte el először a SpaceX az alacsony Föld körüli pályát, napra pontosan 11 évvel később pedig Elon Musk bemutatta a Starship űrhajó első prototípusát az érdeklődőknek. Az amerikai Texas államban található Brownsville mellett lévő Boca Chica határában készülő űrrepülőtéren került sor Elon Musk 2019. évi prezentációjára, amiben a Starship űrhajó, valamint a Super Heavy hordozórakéta, illetve a Raptor hajtómű fejlesztésének alakulásáról tájékoztatta a közönséget. A már hagyományosnak számító prezentáció idén egy igazi különlegességgel lett megfűszerezve, ugyanis a Starship űrhajó frissen elkészült prototípusa szolgált a szabadtéri előadás háttéréül, egy valódi Falcon-1 rakéta társaságában. A Starship űrhajó végeredményben a SpaceX válasza a hordozórakéta második fokozatának újrahasznosítására irányuló kihívására. Az első fokozat újrafelhasználhatóságát már a Falcon-9 rakéták esetében sikerült megvalósítani, azonban a második fokozat esetében ez rendkívüli kihívásnak bizonyult. Olyannyira, hogy a cél eléréséhez fel kellett adni a különálló második fokozat és űrhajó koncepcióját, és az űrhajót, valamint a második fokozatot egyaránt magában foglaló integrált egységet kellett megalkotni. Miközben a Super Heavy gyakorlatilag egy az egyben megfelel a Falcon-9 első fokozatának, addig a Starship a második fokozat és a Dragon űrhajó egybeépített változatának felel meg; a második fokozat újrafelhasználhatóvá tételének kulcsa az űrhajóval való egybeépítése lett. Az így létrehozott űreszköz teljesen új, eddig még nem alkalmazott módon tér vissza a Földre: a magaslégköri fékezést követően gyakorlatilag szabadesésben közelíti meg a felszínt, az ereszkedés utolsó szakaszában pedig rakétahajtóművek beindításával csökkenti nullára a sebességét.

A SpaceX új rakétarendszere párhuzamosan készül Texas-ban és Floridában. Boca Chica térségében a SpaceX saját űrrepülőteret épít, Floridában pedig Cocoa Beach-en zajlik az építés és a Kennedy Űrközpont 39A jelű állásáról tervezik indítani az elkészült rakétákat. Elon Musk közlése szerint a legnagyobb akadályt a Raptor hajtóművek gyártásának felgyorsítása jelenti, a rakéták többi részének legyártása és összeszerelése kisebb mértékű kihívás. A Starship elsőként elkészült prototípusával már a közeljövőben 20 km magasságot terveznek elérni a tesztrepülések során, a Super Heavy hordozórakétával kiegészítve pedig akár már fél év múlva elérheti az alacsony Föld körüli pályát az új űrhajó. Musk elmondása alapján van rá reális esély, hogy akár már jövőre embereket is szállíthat a SpaceX új rakétarendszere. (Novemberben azonban a SpaceX készülő Starship űrjárművének első prototípusa, amelyet eredetileg légköri próbarepülésekhez készítettek, nyomási próbák közben károsodott.)

2019. október

Az első üzemidő-hosszabbító műhold. Október 9-én a Bajkonurból startoló Proton-M rakéta a Briz-M végfokozatra szerelt két műholdat állított geostacionárius átmeneti pályára. A Mission Extension Vehicle (MEV, küldeteshosszabbító eszköz) nevű űreszközt az azóta már a Northrop Grumman által felvásárolt, és a cég „innovatív rendszerek” (Northrop Grumman Innovative Systems) üzletágaként működő (és többek között az ISS-hez repülő Cygnus teherűrhajókat is gyártó) Orbital ATK építette. A MEV-1 a világon az első olyan szatellit, amelyet az üzemeltető cégek és kormányzati szervek műholdjai élettartamának megnövelésére fejlesztettek. Egyes becslések szerint itt egy 3 milliárd dolláros piacról lehet szó. A Northrop Grumman véleménye szerint – és ehhez azért nem kell nagy jósnak lenni – a geostacionárius pályán keringő műholdak szervizelésében lesz a legnagyobb fantázia. A MEV sorozat az Orbital ATK GEOSTar-3 műholdbuszán alapszik, és rengeteg olyan rendszert és alrendszert tartalmaz, melyeket már más űreszközön, élesben használtak, vagy használnak. Található rajta többek között egy dokkoló elem, nagy mennyiségű üzemanyaggal töltik fel, és természetesen teljesen önálló helyzetstabilizációs és manőverező rendszere van. Az elképzelés az, hogy a geostacionárius pályán várja, hogy egy ott keringő műhold helyzetstabilizációs, vagy pályamódosító rendszere meghibásodjon. Ekkor annak közelébe manőverezik,

arra rácsatlakozik, majd saját rendszereivel biztosítja az immár kettős műholdrendszer stabilizálását és megfelelő magasságú pályán tartását. Ebből talán kitűnik, hogy nem „teljes szervizről” van szó, vagyis a MEV nem alkalmas arra, hogy mondjuk akkumulátort vagy antennát, esetleg hajtóművet cseréljen egy műholdon. Arra képes, hogy ha a műhold egyébként működőképes, csak helyét vagy helyzetét nem képes tartani, akkor ezt biztosítsa. Nem véletlen tehát a mission extension (küldetэшosszabbító) kifejezés használata az orbital repair (orbitális javítás) helyett. Ettől persze még ez is komoly előrelépés, hisz egy komolyabb GEO távközlési hold rengeteg pénzbe kerül.

A mostani feladat a „temetői pályán” lévő Intelsat-901 megközelítése, dokkolás, majd a kettős rendszer visszatérése a geostacionárius pályára. Itt az Intelsat-901 újból „távközlési műholddá válik”, persze úgy, hogy térbeli stabilizációjáról, és a Föld felszíne feletti magasság tartásáról immár a MEV-1 gondoskodik. A „közös munkát” 5 évre tervezik, majd a MEV-1 visszaviszi az immár élettartama végére ért Intelsat holdat a temetői pályára és lekapcsolódik róla. (A megközelítés és összekapcsolás 2020. februárban sikerrel le is zajlott.) A 2326 kg starttömegű, két nagyméretű napelemtáblával és két elektromos hajtóművel ellátott MEV-1 tervezett élettartama 15 év. Ebbe több dokkolásnak/lekapcsolásnak, illetve rengeteg manőversornak kell beleférti, vagyis lesz még szabad kapacitás az intelsatos kísérlet után is.

A Proton rakétával pályára került másik műhold az Eutelsat európai műholdas távközlési szervezet Eutelsat-5 West B holdja, melyet – mint neve is sugallja – a nyugati 5°-os geostacionárius pozícióban fognak „rögzíteni”. A műhold tervezett élettartama legalább 15 év, fedélzetén 35 Ku-sávú transzponder található. Szolgáltatásait elsősorban a francia, spanyol és észak-afrikai lakosok élvezhetik majd. Mint röviddel a start után kiderült, az Eutelsat-5 West B napelemtábláival gondok akadtak, a fedélzeten kevesebb elektromos teljesítmény áll rendelkezésre, így csak kapacitásának 45%-át tudja majd használni.

780 nap után leszállt. Az Amerikai Légierő X-37B automata mini-űrrepülőgépe most véget ért ötödik útján ennyi időt töltött Föld körüli pályán. Az újra felhasználható, titkos katonai célú programot végrehajtó X-37B-ből eddig két példány épült. Közülük az első 2010 áprilisában indult és 224 nap múlva szállt le. A második 2011–2012-ben már 469 napot tartózkodott az űrben. A sorrendben harmadik X-37B repülésre ismét az első példány indult, 2012 decemberében, és 675 nappal később, 2014

októberében landolt. Negyedszerre már nem közölték, hogy melyik példányt bocsátották fel, 2015–2017-ben majdnem pontosan két évet, 718 napot töltött a Föld körül. Ez után indult a vasárnap véget ért küldetés – hogy melyik géppel, azt most sem hozták nyilvánosságra.



A start 2017. szeptember 7-én történt Floridából, egy Falcon-9 rakétával. (Az első négy X-37B repülés Atlas-5 rakétákkal indult.) Az időtartam rekordja ezúttal is megdőlt, a floridai visszaérkezésre idén október 27-éig kellett várni.

A Boeing által gyártott X-37B (más néven Orbital Test Vehicle, OTV) maga nem titkos, a pályán végrehajtott manőverei és kísérleti programja azonban lényegében az. Az Amerikai Légierő illetékesei a landolásának időpontját sem jelentették be előre. Annyit azonban közleményükben leszögeztek, hogy a rekordhosszúságú küldetés sikeres befejezésével immár minden kitűzött célt teljesítettek. A mostani repülés kapcsán egyedül a Légierő kísérleti laboratóriumnak egy technológiai programjáról lehetett tudni, és arról, hogy az X-37B kis műholdakat is magával vihetett. Ha ez igaz, és az űreszközök önállósodtak is (vagyis nem maradtak az X-37B-hez rögzítve), akkor nem jelentek meg a hivatalos listákon, ami az Egyesült Államok által ratifikált ENSZ regisztrációs egyezmény semmibe vételét jelentené...

Az újra felhasználható űreszköz hagyományos hordozórakétával állítható pályára. Már a Föld körül kibontja napelemeit és kinyitja a rakodóterének ajtajait. Míg a NASA embereket is szállító – és sokkal nagyobb, mintegy négyszer olyan hosszú – űrrepülőgépe, a Space Shuttle legfeljebb három héten át tartózkodhatott az űrben, addig a jelek szerint az X-37B számára több év sem lehetetlen. Az automata mini-űrrepülőgép 8,9 m hosszú, szárnyainak fesztávolsága 4,5 m.

Titkok ide vagy oda, amatőr műholdmegfigyelők azért követni tudták az X-37B manővereit. 2018 áprilisában például 356 km magasan húzódó, 54,5°-os – a korábbi küldetések során alkalmazottnál nagyobb – hajlásszögű körpályán repült. Innen a Föld felszínének nagyobb része belátható, így a spekulációk sze-

rint akár titkos földmegfigyelési feladatokat is elláthatott. Később többször változtak a pálya paraméterei. A legutóbbi időszakban 274 km magasan repült. Bár korábban a leszállásokat megelőzően kisebb volt a pályamagasság, a csökkenés arra utalt, hogy közel lehet a leszállás napja.

A következő, immár hatodik X-37B küldetés indítása jövő április és június között várható, ismét egy Atlas-5 hordozórakétával.

2019. november

Magyar űrbejelentések. Szijjártó Péter külgazdasági és külügyminiszter felszólalt az ESA Miniszteri Tanácsülésén. Az űrügynökség háromévente tartja legfőbb döntéshozó testületének ülését, amelyre idén – a 2019 utáni jövőre utalva – Space19+ címmel kerül sor a spanyolországi Sevillában. Itt határozzák meg az európai űrtevékenység jövőre vonatkozó fő irányait. Magyarország ebben az évben a legmagasabb, miniszteri szinten képviselteti magát a november 27–28-án zajló tanácskozáson. A magyar delegációt vezető Szijjártó Péter külgazdasági és külügyminiszter november 27-én elhangzott beszédéből a Magyar Távirati Iroda és a sajtó leginkább azt emelte ki, hogy Magyarország 2024-ben űrhajóst kíván küldeni az űrbe. „Az űripár az egyik legfontosabb iparág lesz a jövőben. Magyarország számára ez újabb fejlődési, kitörési lehetőség, fókuszában a második magyar űrhajós kiképzése és a Nemzetközi Űrállomásra történő felküldése szerepel, amelyet 2024-re reálisan megvalósíthatónak látunk az orosz Roszkoszmoszsal való együttműködésben” – fogalmazott az űrtevékenységért is felelős tárca vezetője Sevillában. Szijjártó Péter beszámolt arról is, hogy hamarosan Új-Zélandról felbocsátják a magyar űripár történetének második és harmadik műholdját, amelyek most először a mesterséges elektromágneses szmogot mérik a magas légkörben. A további célok között szerepel, hogy 2024-ben Magyarország önálló műholdat állítson Föld körüli pályára. Emellett Oroszországgal együttműködésben magyar tudományos és mérési eszközök jutnak a Nemzetközi Űrállomásra. Előkészítő szakaszban van egy űridőjárási küldetés is, amelynek keretében mikroműhold-flottát építünk – tette hozzá a külgazdasági és külügyminiszter.

Szijjártó Péter hangsúlyozta: Magyarország új külgazdasági és külpolitikai törekvései között szerepel, hogy újra kivegye részét a világűr békés célú felhasználásából. „Sajnos, Magyar-

ország ebben az iparágban eddig nem volt tényező, dacára annak, hogy magyar vállalatok és magyar egyetemek nagyon sok és nagyon komoly kapacitást, szaktudást és technológiát halmoztak fel ezen a területen” – mondta, hozzátéve, hogy épp ezekre építve kívánnak most változást elérni. Beszámolt a magyar kormány ennek érdekében hozott stratégiai döntéseiről, mint például a Külgazdasági és Külügyminisztérium portfóliójának kiegészítése az űrkutatás területével és egy nemzeti űrkutatási alap létrehozása 2020-tól. Kitért arra is, hogy Magyarország jövőre ünnepli az első, 1980-ban végrehajtott magyar űrrepülés 40. évfordulóját, ebből az alkalomból Budapest űrkutatási konferenciának ad otthont.

A legnagyobb költségvetés

– ezzel a címmel foglalta össze az ESA közleményében a Miniszteri Tanácsülés legfőbb eredményeit. A tagállamok képviselői elfogadták azokat a programo-



kat, amelyekkel biztosítható Európa önálló szerepe a világűr elérésében és kutatásában, a 2020-as évtizedben is. Cél a kontinens növekvő űrgazdaságának fejlesztése, valamint úttörő jelentőségű felfedezések elérése a Föld bolygóval, a Naprendszerrel és a távolabbi világegyetemmel kapcsolatban. Mindeközben fontos szempont bolygónk védelmének a megerősítése. A következő három évre szóló költségvetés 12,45 milliárd euró, ami megközelíti azt az összeget, amihez előzőleg az ESA a tagállamoktól a hozzájárulásukat kérte. A befizetők listáján Magyarország 97 millió euróval szerepel, ami a teljes öt éves ESA költségvetési összeg mintegy 0,7%-a. Az ESA teljes költségvetése a tagállami bevételeken túl jelentős mértékben támaszkodik külső forrásokra is, főképp az Európai Uniótól és az EUMETSAT szervezettől érkező bevételekre.

Negyed évszázad óta először jelentősen mértékben megemelkedik az ESA világszínvonalú és inspiráló tudományos programjának finanszírozása. Lehetővé válik például az első űrbeli gravitációshullám-detektor, a LISA (Laser Interferometer Space

Array) megépítése, és elkészülhet az Athena röntgensillagászati űrtávcső. Ezekről az univerzum fizikai törvényszerűségeinek még jobb megértését remélhetjük. A költségvetés lehetővé teszi a kutatás-fejlesztési munka megerősítését, és így a távolabbi jövő küldetéseinek előkészítését az ESA tudományos intézményeiben.

A nemzetközi partnerekkel együtt az ESA tovább folytatja az űrrepülésben megkezdett tevékenységét. Az ISS programjában való részvételre 2030-ig elkötelezi magát az űrügynökség, miközben a NASA-val karöltve részt vesz az első holdi űrállomás, a Gateway programjában. Az ESA 2009-ben kiválasztott űrhajó-sai további megbízásokat kapnak, amíg mindegyikük legalább kétszer nem dolgozott az ISS-en. Hamarosan megkezdődik új űrhajósok toborzása is, akik az alacsony Föld körüli pályán túli térségbe is eljuthatnak. Az amerikaiakkal való együttműködés révén európai űrutazó a következő évtizedben először léphet a Hold felszínére. A tagállamok képviselői zöld utat adtak a marsi mintahozó küldetés (Mars Sample Return) előkészítésének folytatásához, a NASA-val való együttműködésben.

Az ESA továbbra is segíti az űralkalmazások minél hatékonyabb bevezetését, hasznosítását, a versenyképesség növelését a tagállamokban. Elkészülnek azok a műholdas távközlési rendszerek, amelyek integrálhatók az ötödik generációs (5G) vezeték nélküli kommunikációs hálózatokba. Fejlesztik az optikai adat-továbbítást, amivel a földi kábeles hálózatokra jellemző adatátviteli sebesség érhető el, forradalmasítva a műholdas távközlési ipart. A műholdas kommunikáció és a helymeghatározás lehetőségeinek ötvözésével megvalósulhat a navigáció a Holdon és a Hold körüli térségben, miközben itt a Földön az ESA külön programmal támogatja a műholdas navigációs technológia újszerű alkalmazásainak kifejlesztését.

Ami az európai hordozórakétákat illeti, biztosított a fokozatos átmenet a várhatóan jövőre bemutatkozó, új generációs Ariane-6 és Vega-C rakéták korszakába. Zöld utat kapott a Space Rider, az ESA többször újra felhasználható automata űreszközének fejlesztése is.

A tagállamok elkötelezettek a környezet védelme és felelős felhasználása iránt, mind a Földön, mind a Föld körüli térségben vagy azon is túl. Az ESA világviszonylatban is legerősebb műholdas földmegfigyelő flottája nem kevesebb mint 11 új küldetéssel bővül majd, a prioritások között szerepel a klímaváltozás vizsgálata, Afrika és az Antarktis megfigyelése. Elfogadták az űrbiztonsági programot (Space Safety), mint az ESA tevékenységének új alappillérét. Ebbe tartozik az űrszemét keletkezésé-

nek megelőzése (űrjárművek elkerülő manőverei, automatikus „forgalomirányítással”), vagy a használaton kívüli eszközök aktív eltávolítása a Föld körüli pályáról, de a Földet érő, potenciálisan veszélyes kozmikus hatásokra (pl. kisbolygó-becsapódások, nap-kitörések) való felkészülés is. Az előkészületben levő Hera küldetés során a NASA-val együttműködve a kisbolygók eltérítésének lehetőségeit is vizsgálják majd. Ugyancsak áldoznak a kibebiztonság növelésére. Az elkövetkező években az ESA szeretné tovább erősíteni az Európai Unióval már most is meglevő szoros kapcsolatait.

2019. december

Elindult a második és a harmadik magyar műhold. December 6-án a Rocket Lab cég Electron rakétájával Új-Zélandból Föld körüli pályára állt két magyar „zseb-műhold”, a SMOG-P és az ATL-1 is. Mint emlékeztető, a legelső magyar fejlesztésű és építésű műhold a Masat-1 volt, amely a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME) készült. A 10 cm élhosszúságú kocka alakú űreszköz (CubeSat) 2012 februárjában indult és majdnem három éven át, egészen a 2015. januári légkörbe lépéséig és így a megsemmisüléséig működőképes maradt.

A BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszékén, egyetemi hallgatók bevonásával 2014 óta folyik a SMOG-1 piko-műhold fejlesztése. Ez még a Masat-1-nél is kisebb, egy 5 cm-es élhosszúságú kockát formáz, vagyis egy 1 egységes PocketQube (1PQ). A Föld környezete megfigyelésének ezidáig elhanyagolt területén, a rádiófrekvenciás szennyezés feltérképezésén dolgozik majd.



Bár a SMOG-1 pályára állítása még várat magára – nem egyszerű feladat az ilyen „zsebműhold” méretű eszközökhöz megfelelő startlehetőséget találni –, az azonos felépítésű hasonmása, a SMOG-P most helyet kapott az Electron rakéta orrkúpja alatt. Ez a SMOG-1 előfutárának, gyakorló példányának tekinthető. Most több országból egyszerre összesen hat PocketQube

jutott a világűrbe, a brit Alba Orbital cég szervezésében. Köztük egy másik magyar, az ATL-1, egy 2 egységes PocketQube (2PQ), az első magánvállalkozásban – de oktatási keretek közt műegyetemi hallgatók részvételével – elkészült magyar műhold is. A ketős magyar start kihívás a Műegyetem budapesti vezérlőállomása számára, hiszen egyszerre két műholddal kell majd kapcsolatot tartani.

A Rocket Lab cég kifejezetten kis műholdak pályára állítására kifejlesztett Electron rakétája 2017. májusi bemutatkozása óta immár 10. alkalommal indult az új-zélandi Mähia-félszigeten lévő starthelyről. Az indítás december 6-án történt. Az Alba Orbital kidobószerkezetéből 385 km magasan húzódó poláris napszinkron pályára jutott a két magyar műhold mellett az amerikai-német TRSI Sat (1PQ), az amerikai NOOR-1A és -1B (3PQ) és a spanyol FossaSat-1 (1PQ), mind valamilyen technológiai kísérleti céllal. Ezeken kívül az Electron rakéta felvitte a japán ALE-2 kísérletet is, amelynek a célja mesterséges meteorzápor előidézése.

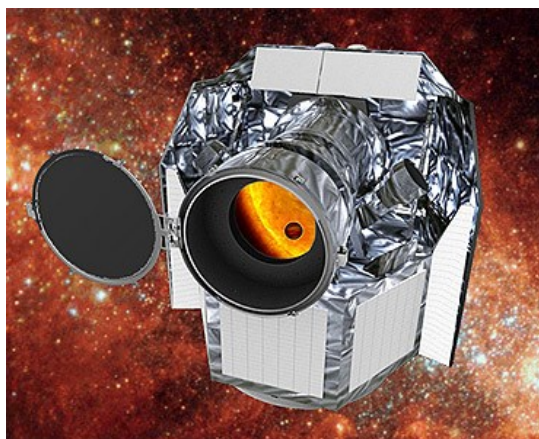
Röviddel a pályára állítás után kiderült, hogy az ATL-1 és a SMOG-P is rendben működik, ez utóbbi estében ez rekordot is jelent: a SMOG-P lett a világ eddigi legkisebb működő műholdja, egyedülálló a maga méretkategóriájában. *(A program részleteiről Évkönyvünkben külön cikket is olvashatnak a fejlesztők tollából!)*

A magyar szempontból nyilvánvalóan különös jelentőségű indítás az Electron rakéta fejlesztésében is mérőöldkönek számít. Az első rakétafokozattal ugyanis most először kíséreltek meg irányított visszatérést, folyamatos élő telemetriai kapcsolat mellett. A Rocket Lab célja, hogy a jövőben az első rakétafokozat újra felhasználható legyen, bár a mostani alkalommal még nem cél a fokozat visszanyerése, csak az adatok gyűjtése, a technológia próbája.

A Cheops és a többiek. December 18-án Francia Guyanából, a Kourou Űrközpontból pályára állt a magyar részvétellel is készült európai exobolygó-kutató űrtávcső és négy másik műhold. Az indítást egy Fregat végfokozattal felszerelt Szojuz hordozórakéta végezte. Az egyik fő – bár a műhold tömege alapján inkább a másodlagos – hasznos teher, a Cheops (CHaracterising ExOPlanet Satellite) 700 km magasan, mindig a Föld nappali és éjszakai féltekéjének határvonala fölött húzódó poláris napszinkron pályáról végzi majd megfigyeléseit – természetesen mindig az éjszakai oldal felé irányítva a távcsövet. Ez az első olyan űrtávcső, amely kifejezetten közeli, fényes csillagokat figyel, ame-

lyek körül már ismerünk exobolygókat. Ezek tőlünk nézve rendszeres időközönként elhaladnak a csillaguk előtt, annak fényét kissé elhalványítva. A Cheops célja e csillagok további bolygókísérőinek felfedezése, a bolygók méretének, tulajdonságainak minél pontosabb megismerése. Az űrtávcső tipikus célpontjai az úgynevezett szuperföldektől egészen a Neptunusz méretéig terjedő kategóriájú bolygók lesznek.

A Cheops svájci vezetéssel, más ESA tagállamok intézményeinek és űripari cégeinek részvételével készült. A műholdat építő konzorciumot az Airbus Defence and Space vezette. A tudományos programban magyar részről a Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont budapesti Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézete, valamint



az ELTE szombathelyi Gothard Asztrofizikai Observatórium és Multidiszciplináris Kutatóközpont munkatársai érdekeltek, a miskolci Admatis Kft. pedig az űreszköz hőháztartásának szabályozásáért felelős radiátorokat tervezte és gyártotta. A stabil hőmérséklet kulcsfontosságú eleme a küldetésnek, ami nélkül nem volna biztosítható a fénymérések kellő pontossága. A nem túl nagy, alig 280 kg tömegű, minden irányból kb. 1,5 m-es méretű Cheops fő műszere egy 30 cm-es nyílású Ritchey–Chrétien-távcső, amelynek látómezeje 19 ívperc széles. A látható és a közeli infravörös tartományban érzékeny űrtávcsőről naponta 1,2 Gbit mennyiségű adatot sugároznak le a Földre. Bármilyen meglepő, a Cheops az ESA első exobolygó-kutató űreszköze, a területen eddig inkább más űrügynökségek – elsősorban a NASA – voltak aktívak. Viszont a jövőben az ESA is sokkal nagyobb figyelmet szentel e rohamléptekben fejlődő tudományterületnek, már készül a Plato (PLANetary Transits and Oscillations of stars, jelenleg tervezett startidőpontja 2026) és az Ariel (Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey, 2028) is. A Cheops remélt aktív élettartama legalább 3 és fél év.

A Szojuz rakéta másik (igazából a nagyobbik, 2,2 tonnás) fő utasa az olasz COSMO-SkyMed radaros műholdrendszer második generációs tagjainak első elkészült példánya (CSG-1).

A COSMO-SkyMed első műholdsorozatának négy tagja 2007 és 2010 között állt poláris napszinkron pályákra. A polgári és katonai igényeket is kielégítő műholdak fedélzetén X-sávú apertúra-szintézises radarberendezések működnek. A rendszert különösen a Földközi-tenger és térsége megfigyelésére alkalmazzák. A továbbfejlesztett második műholdsorozat kéttagú lesz. A CSG-2 jövőre indulhat. Az új műholdak ugyanabban a pályasíkban keringenek majd, mint a régi COSMO-SkyMed konstelláció tagjai. Élettartamukat 7 évre tervezik.

A start során a két nagyobbik műhoddal együtt még három kisebb CubeSat is helyet kapott a Szojuz rakéta orrkúpja alatt. Az egyikük, az ESA OPS-SAT nevű műholdjának programja különösen érdekes. Ez lesz az első olyan űreszköz a Föld körüli pályán, amelyet kifejezetten a műholdak irányítására szolgáló szoftverek tesztelésére bocsátanak fel.

A Starliner félsikerű próbarepülése. A Boeing cég CST-100 Starliner nevű űrhajója egyike annak a két, fejlesztés alatt levő személyszállító űrjárműnek, amelyekkel a NASA el szeretné juttatni a jövőben az űrhajósait a Nemzetközi Űrállomásra. A Starliner – egyelőre emberek nélküli – első próbarepülése (Boe-OFT) december 20-án indult Floridából. Bár az Atlas-5 hordozórakéta és a Centaur végfokozat rendben elvégezte a dolgát, az önállósult űrhajó első pályamagasság-megemelő manővere nem történt meg. A hiba következtében már nem tudták kialakítani azt a pályát, ami az ISS-hez való eljutáshoz kellett volna. Így az ottani automatikus dokkolást nem tudták demonstrálni. Viszont a földi irányítók stabil pályát alakítottak ki, ahonnan a startot követő két nappal megkísérelték a leszállást. A helyszín az Egyesült Államok déli része, Új-Mexikó állam területe, a White Sands bázis volt. Ide érkezett volna vissza az űrhajó akkor is, ha a próbarepülés során minden a tervek szerint alakul. A földet érésre végül december 22-én került sor. A légkörbe való belépés előtt az űrhajó szolgálati modulja a napelemekkel különvált. Ez az egység nem tért vissza a felszínre, a sűrű légkörben a zuhanása közben felhevülve és szétdarabolódva megsemmisült. A visszatérő kabint (személyzeti modult) hővédő burkolat védte, fékezésében ejtőernyők segítettek. A talajba való becsapódás tompítására fel-fújható légpárnákat alkalmaztak. Az egységet egyébként újra felhasználják majd egy későbbi repülésnél.

Csak 2020 elején került nyilvánosságra, hogy a próbaút alatt volt egy másik szoftveres hiba is, amit ha nem sikerült volna időben korrigálnia a földi irányításnak, ugyancsak az űrhajó

elvesztéséhez vezethetett volna. A programhibákkal kapcsolatban az a leginkább aggasztó, hogy azoknak az előkészületek során, megfelelően elvégzett tesztelésekkel ki kellett volna derülni. Nem is maguk a konkrét hibák a legfontosabbak. Azok csak tünetei egy a jelek szerint alapvetően rosszul megtervezett és tesztelt szoftveres rendszernek. A Starliner fedélzeti szoftverei több millió programsort tartalmaznak. Most még egyszer meg kell róla győződni, hogy minden rendben van velük, és „csak” az a két funkció nem működött megfelelően, amiről ez a próbaút során bebizonyosodott. Nem csak a gyártó Boeing, de a megrendelő és a jóváhagyást végző NASA háza táján is körül kell majd nézni, hogy ilyesmi ne fordulhasson elő.

De mi is volt a másik hiba? Miután a földi szakembereknek sikerült elérni, hogy a december 20-án végrehajtott indítás után pályára álljon a Starliner, és rájöttek a hiba okára, elővigyázatosságból elkezdtek áttekinteni a többi kritikus folyamatot. Ennek során vették észre, hogy rosszul voltak konfigurálva azok a hajtóműmanőverek, amelynek a feladata a visszatérés előtt, a légkörbe való belépést megelőzően a szolgálati egység biztonságos eltávolítása volt. Ezek a manőverek a repülés rossz fázisára voltak programozva. Ha nem találták volna meg idejében a hibát, előfordulhatott volna, hogy a henger alakú szervizmodul összeütközik a légénységi modullal, akár annak pörgését, vagy a hővédő burkolat sérülését okozva. Ez pedig könnyen végzetes lehetett volna a bent ülő űrhajósokra nézve – már ha az első próbaúton lettek volna emberek a kapszulában.

Egyelőre nem világos, hogy lesz-e még egy ember nélküli tesztrepülés a Starlinerrel, vagy mindjárt a személyezettel végzett próbarepüléssel folytatják a programot. Döntés a vizsgálatok lezárta után várható. A NASA másik kereskedelmi űrhajófejlesztő partnere, a SpaceX talán már 2020 tavaszán elindíthatja a Crew Dragon első emberes repülését, Douglas Hurley és Robert Behnken űrhajósokkal a fedélzeten.

Az utolsó Rokot. Az orosz hordozórakétát többé nem használják. Utolsó munkája három Gonyec-M távközlési műhold és egy lézertáv mérési céltárgy pályára állítása volt Pleszeckből. A Briz-KM végfokozattal felszerelt Rokot rakéta elsődleges hasznos terhe az alacsony pályán (a felszín felett 1500 km magasan, 82,5° pályahajlással) keringő, polgári célú Gonyec-M sorozat három új távközlési műholdja volt. Ezek felépítése hasonló a katonai célú orosz Rodnyik rendszer holdjaiéhoz, feladatuk pedig a felhasználóktól érkező üzenetek tárolása és az első adandó

alkalommal a címzettek felé való továbbítása. A Gonyec-M a típus második generációja, első kísérleti példányát 2005-ben állították pályára. A mostaniak sorozatszámai 24 és 26 közöttiek, az M sorozat 14., 15. és 16. tagjáról van szó. A három Gonyec mellett egy negyedik műhold, a BLITS-M (Ball Lens in the Space) is helyet kapott a Rokot rakéta orrkúpja alatt. Ez valójában kevés olyan tulajdonsággal rendelkezik, amit elsőre egy műholdról gondolnánk, hiszen igazából csak egy passzív céltárgy földi lézeres távmérési kísérletekhez. Egy 22 cm átmérőjű, üvegből készült gömbről van szó, amelynek egyik felét átlátszatlan borítás takarja. A másik oldalára beeső lézersugarakat a speciális üveg-gömb ugyanabba az irányba veri vissza. A BLITS-M a 2009-ben pályára állított BLITS programjának folytatása.

Világidőben számítva a Rokot mostani startja december 26-án volt. Az ünnepélyes alkalomhoz – a legutolsó repüléshez – méltóan ez pontosan a 25. évfordulója annak a napnak, amikor 1994-ben először használták ürindításra ezt a típust. (Korábban szuborbitális repüléseket már végeztek vele.) A Rokot kis tömegű műholdak pályára állítására szolgáló, könnyen bevethető hordozórakétának készült, az UR-100NUTTKh (NATO megjelöléssel SS-19 Stiletto) interkontinentális ballisztikus rakéta első két fokozatán alapult. A szovjet UR-100 sorozat legfejlettebb változatát 1977-ben próbálták kis és 1979 végén állították hadrendbe. Az 1991-ben aláírt szovjet–amerikai leszerelési egyezmény (START, Strategic Arms Reduction Treaty) értelmében csökkenteni kellett a rakéták számát, így az UR-100NUTTKh típusból sok felesleges maradt. Logikus lépés volt békés, úrkutatási célra hasznosítani azokat, ebből fejlődött ki a Sztrela és a Rokot program. (Koruk ellenére egyébként az UR-100NUTTKh egyes példányai az orosz hadseregnél továbbra is szolgálatban maradtak.)

A minimálisan módosított, rakétasilóból indított Sztrela mindössze három alkalommal (2003-ban, 2013-ban és 2014-ben) repült. A fejlettebb, Briz végfokozattal is felszerelt Rokot sikeresebbnek bizonyult. Nem csak silóból, de hagyományos start-állásból is indíthatták. A Rokot sikeréhez hozzájárult, hogy az 1990-es években német részvétellel megalakított Eurockot vegyesvállalat révén külföldi, nyugati gyártású műholdak is pályára kerülhettek vele. A listán olyan nevezetes és fontos űreszközök szerepelnek, mint például a Föld gravitációs erőterét kutató amerikai–német GRACE (2002), a koreai KOMPSAT-2 távérzékelő hold (2006), a szintén a bolygónk gravitációs mezejét feltérképező GOCE (2009), a talaj nedvességtartalmát és a tengervíz sókoncentrációját mérő SMOS és a Napot figyelő Proba-2 (2009),

a Föld mágneses mezejét tanulmányozó háromtagú Swarm (2013), valamint az európai Copernicus földmegfigyelő program Sentinel-3A és -3B (2016, 2018) és Sentinel-5P (2017) műholdjai.

2003 júniusában a Rokot egy fejlesztés alatt levő orosz földmegfigyelő műholdtípus (Monitor-E) tömegszimulátorát helyezte pályára, de rajta kísérletként hat apró műhold is helyet kapott. Ezek voltak a később nagy karriert befutott CubeSat szabvány szerint épült első nanoműholdak, így utólag a Rokot ezen indítása nyugodtan nevezhető űrtörténelminek is. 2005-ben a rakéta hibájából elveszett az ESA jégtakaró kutatására szánt CryoSat műholdja (öt évvel később egy Dnyepr rakétával indult el a pótlására megépített CryoSat-2). A Rokot rakétához egyébként 31 sikeres (29 orbitális és 2 szuborbitális), egy részben sikertelen indítás, valamint két teljes kudarccal kapcsolódik.

Hosszú Menetelés-5: újratekintés.

Több mint két éves szünet után, december 27-én sikeresen startolt a legnagyobb kínai rakéta. A kínai űrprogram jövője szempontjából kritikus indításra a Hainan (Hainan) szigetén fekvő Wencsang (Wenchang) űrközpontból került sor. 2016 novemberében sikerrel, majd 2017



júliusában kudarccal végződött a Hosszú Menetelés-5 (CZ-5) rakéta repülése. A mostani, harmadik példány sikeres repülése tehát igen fontos volt, figyelembe véve, hogy majd ennek a típusnak kéne indítani az első kínai Mars-szondát a vörös bolygóhoz, valamint az ország első holdi talajmintát vevő és visszahozó automatikus űreszközét égi kísérőnkhez. Ráadásul a CZ-5 „kikönnyített” változata (CZ-5B) fogja indítani a három modulból álló kínai űrállomás blokkjait alacsony Föld körüli pályára. Az új CZ-5-ös rakéta az amerikai Delta-4 Heavyvel vethető össze. Most a 7,5 tonnás Sicsien-20 (Shijian-20) távközlési holdat állította geostacionárius átmeneti pályára.

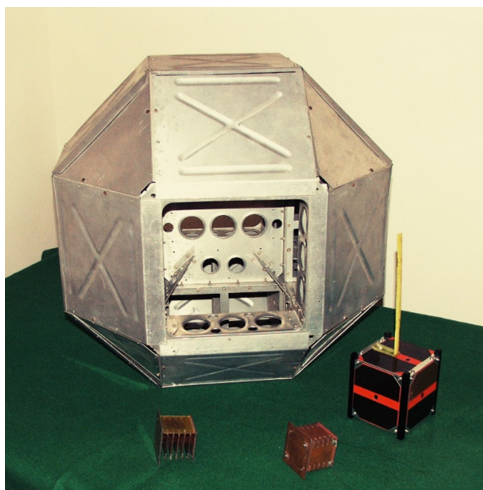
A SMOG projekt

Dudás Levente, Gschwindt András, Hödl Emil Viktor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Villamosmérnöki és Informatikai Kar

Az indulás

2014-ben, amikor a Masat-1 életének végéhez közeledett, és várható volt a légkörben való elégeése, megsemmisülése, az alkotói stábjában felmerült a „hogyan tovább” kérdése. A technológiai kísérlet sikere, a felhalmozott tudás minősége és mennyisége lehetővé tette volna egy nagyobb műhold megalkotását. Előtérbe került ismét a Masat-1 fejlesztésének kezdetén félretett ötlet, az ionoszféra fölötti térséget vizsgáló műszer megvalósítása. Azonban az ehhez szükséges, kizárólag szponzorokra támaszkodó pénzügyi háttér megteremtése irreálisnak látszott. Nagy realitással került előtérbe a Robert J. Twiggs professzor (USA) által preferált, technológiai kihívás szempontjából jóval nagyobb, de méretében kisebb 5 cm-es élhosszúságú kocka, melynek költségvonzata is elérhetőnek látszott. Első kérdőjel – mi legyen a kicsi kocka neve? A Műegyetem tiszteletére szerettük volna BME-1-nek nevezni. Az akkori egyetemi vezetés nem tartotta szerencsésnek. Kis töprengés után megszületett a műhold célkitűzését jobban tükröző elnevezés, a SMOG családnév, mely SMOG-P tagjával mostanság világsikert hozott. Az 1. kép bemutatja küzdésünk folyamatát.



1. kép: A nagy struktúrába terveztük a Műegyetem 200. évfordulójára készítendő műholdat, ez volt a „nagy álmom”. Mellette a Masat-1 az első hazai műholdunk (jobbra), majd a két kis kocka a SMOG-P-t és SMOG-1-et jelképezi. Alias: toronyóra – vekker – zsebóra

A csapat

Az új kihívás teljesítésére a jelen cikk szerzői maradtak az egyetemen a Masat-1 fejlesztői csapatból. A cél felvetése után hamarosan sikerült villamos- és gépészmérnök hallgatókkal bővíteni. Bevonásuk az egyetemi feladatokhoz kapcsolódva, lehetőleg kreditpontot hozó elrendezésben történt. A résztvevők nem részesültek anyagi juttatásban, az igazi ösztönzés az oktatási kereten kívüli magas szintű tudás megszerzése volt, és az alkotás öröme. Szerencsés lenne, ha a műholdfejlesztések illeszkednének a három, illetve két éves oktatási ciklusokhoz. Ezt eddig nem sikerült megvalósítani, ezért a hallgatók cserélődtek, azonban többen végzésük után is visszajárnak, segítenek. A hallgatók/oktatók mellett nyugdíjas mérnökök is, mint tanácsadók, bekapcsolódtak a fejlesztésekbe. Ötleteik, kritikájuk gyakran segített egy-egy nehezebb probléma megoldásában. A csapat általában kéthetente tartott egyeztető megbeszéléseket, melyek mindenki előtt nyitottak voltak. Fontos megjegyezni: a fejlesztésekből az oktatók is tanulnak.

A környezet

A műegyetemi környezet, közelebbről a Villamosmérnöki és Informatikai Kar (VIK) Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszéke a fejlesztés bázisa. A csapat szabad szerveződése mellett nagyon szigorúan vettük az anyagi háttérnek az egyetemi szabályok szerinti működtetését. A fejlesztéshez szükséges anyagokat, berendezéseket döntő részben szponzorok biztosították. Nagy könnyebbség, hogy az egyetem laboratóriumait, berendezéseit bármikor használhattuk.

Kapcsolódás a rádióamatőr mozgalomhoz

Az 1924-ben alakult Műegyetemi Rádió Club tevékenysége több ponton szorosan kapcsolódik az egyetemen folyó oktatási munkához. Kiemelten értendő ez a műholdak készítésének, jeleik vételének témájában. 1961-ben állt pályára az első rádióamatőrök által készített amerikai műhold (2. kép), melyet napjainkig több száz követett.



2. kép: Az Oscar-1 műhold

Az 1960-as évek második felében a Műegyetemen véghezvitt űraktivitás meghatározó részben a rádióamatőr műholdakhoz kapcsolódott. A Masat-1 fedélzeti berendezéseinek működését is több mint kétszáz rádióamatőr követte nyomon. Megfigyeléseikről interneten kaptunk tájékoztatást. A SMOG család tagjai is alapvetően a rádióamatőrök önképzését segítik. Ezen műholdak is a rádióamatőrök számára engedélyezett frekvenciasávot használják. Telemetria rendszereik nyitottak, működésük a rádióamatőrök által követhető a világ minden táján. A Föld különböző helyeiről érkező adatok segítik a Föld feletti térségben az elektroszmog jelenlétét bizonyító „szmogtérkép” elkészítését. Elvárásunkat meghaladó segítséget kaptunk a hazai és külföldi rádióamatőröktől a telemetria jeleinek vételéhez szükséges szoftver kialakításához is.

A szponzorokról

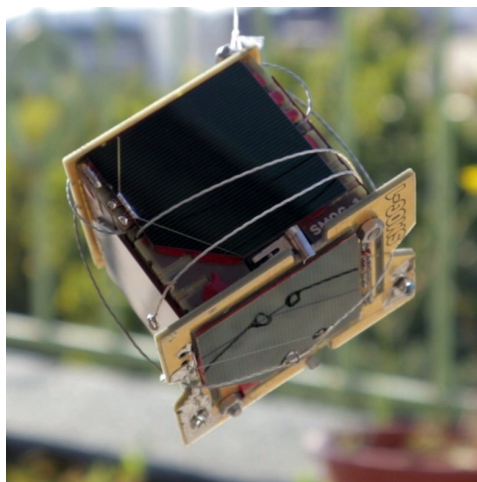
Meghatározó szerepük folyamatos. A Masat-1 esetében a társadalom szinte minden területéről érkezett támogatás. A vonzó jelző – „hazánk első műholdja” – megnyitotta a zsebeket. A SMOG szó, különösen annak Föld körüli térségre vonatkozó értelmezése már részletesebb magyarázatra szorult. Döntően a tudomány különböző területein (környezetvédelem, frekvencia-gazdálkodás, -monitorozás) működő körre szűkült. Ezek között meghatározó volt a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság. Kritikus időszakban, a startok anyagi háttérének rendezéséhez kaptunk hathatós segítséget a Műegyetemtől és a Külgazdasági és Külügyminisztérium Úrkutatásért és Űrtevékenységért Felelős Főosztályától. Jelentős támogatás érkezett a téma iránt érdeklődő magánszemélyektől is.

Miért volt szükség SMOG-P-re?

Nagyon leegyszerűsítve: nem volt kitől tanulnunk. A Masat-1-gyel azonos méretű kockákból a fejlesztés indulásáig, 2006-ig több tucat állt pályára. Ezek tervezési tapasztalatai az internetes „nagy könyvtárban” könnyen hozzáférhetőek voltak. Hasonló háttér nem volt a SMOG fejlesztések kezdetén. Kétös volt a kihívás: a kiszolgáló elektronika (energiaellátás, -tárolás, telemetria rendszer, számítógép) űrbéli hibátlan működése és az elektroszmogot mérő műszer üzemének biztosítása egy nyomtatott áramkörtől lapokból kialakított pici dobozban. Elődünk, a német WREN is 5 cm-es kocka volt, a pályára állás után nem adott életjelet. A kis kocka kis felületét borító napelemek kis energiát biztosítottak. A félelem a hőegyensúly felborulásától

(a napon túlhevül, a Föld árnyékban befagy) alapos tervezést, hőkamrás vizsgálatokat követelt. A sok kihívás óvatosságra intett. Megszületett a SMOG-P (precursor, előfutár) és mögé került a SMOG-1. A fejlesztés fázisában SMOG-P = SMOG-1 egyenlőség állt fenn. A 3. kép a SMOG-P antennanyitás előtti állapotát mutatja.

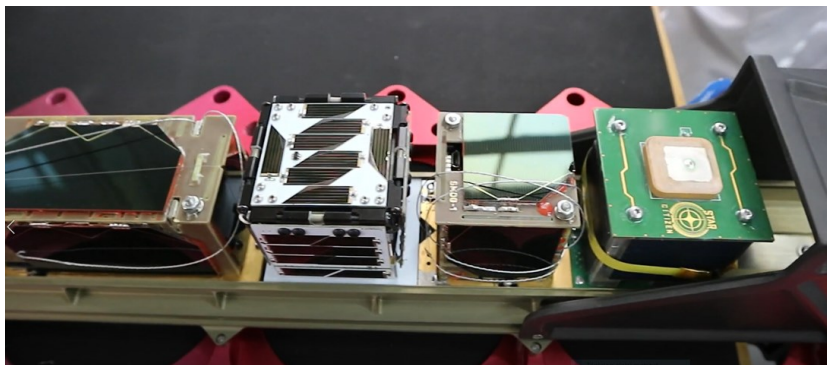
A SMOG-P által küldött jelek feldolgozása nagy segítséget jelent. Közvetlenül a „pályáról küldi” segítségét. Megmondja, hogy mi szorul módosításra a SMOG-1-ben. Ezeket az információkat akkor tudjuk hasznosítani, ha a SMOG-1 legalább fél évvel később indul a világűrbe. Jelen cikk írásakor ez teljesülni látszik. A SMOG-P űrbeli viselkedéséből, telemetrián érkező üzeneteiből sok segítséget kaptunk a SMOG-1 hardver- és szoftverrendszerének jobbá tételéhez.



3. ábra: A SMOG-P antennanyitás előtt

A SMOG-P sikerének nemzetközi kihatása

A rakéta orrából kidobó szerkezetben ülő műholdakra nézve szinte versenyhelyzetet képzelt maga elé az ember. A „startvonalon” középen ült a SMOG-P, mellette, két oldalról egy spanyol és egy amerikai-német műhold várta a pályán lévő „futás” megkezdését (4. kép).



4. kép: A SMOG-P társai a kidobószerkezetben



*5. kép: A Föld körül keringő
SMOG-P és ATL-1 műholdak
helyzete a felbocsátás után
45 nappal*

Ők nem izgultak, sokkal inkább a konstruktőreik. A miénk győzött. Világelsőként. Azóta is rohan a világűrben. A SMOG-P nagyobb magyar társa volt az ATL-1, az első magyar magánműhold (5 x 5 x 10 cm). Együtt kerültek pályára, az alakjukból, tömegükből következően más ütemben fékeződtek. 45 nap utáni helyzetük látható az 5. képen. 8 perc és közel 6000 km választja el őket egymástól. Twiggs professzor, a kockák „atyja” gratulált. Véleménye szerint az eddigi kudarcok oka a nagyfokú elbonyolítás és a tesztelések elhanyagolása. Twiggs az 5 cm-es kockák ötletével a 10 cm-esek előállítási, pályára juttatási költségeit akarta csökkenteni. A kicsik előállítása, oktatási célú felhasználása nagyobb szaktudást

igényel, mint ami egyetemistáktól elvárható. Megszületett Twiggs új ötlete, a Thinsat (11,1 x 11,1 x 1,25 cm) és vele együtt a 4-5 napra tervezett élettartam.

Hogyan tovább?

A SMOG-P, majd az őt követő SMOG-1 adataira alapozva reméljük, hogy fel tudjuk hívni a világ figyelmét a Földünket körülölelő, ember keltette elektroszmogra és annak nyomon követésére. Eddig erre a világon senki nem figyelt fel. Ez részben környezetszennyezési probléma, részben egy tény bemutatása a földi és a Földünket körülvevő vezeték nélküli rendszerek tervezéséhez, összeférhetőségi vizsgálataihoz. Reméljük, hogy az elektroszmog-szennyezettséget bemutató műholdak vagy alrendszerek éppen olyan gyakoriak lesznek, mint a meteorológiaiak. Talán még azonos műholdakon is elférnek.

Magyar sugárdózismérések a Nemzetközi Űrállomás fedélzetén (2001–2019)

Hirn Attila

Energiatudományi Kutatóközpont, Űrkutatási Laboratórium

Magyarország már a kezdetektől fogva saját fejlesztésű detektor-rendszerekkel vesz részt a Nemzetközi Űrállomás (ISS) programjában. A tudományos kísérletekben való részvétel mellett az Energiatudományi Kutatóközpont (EK) Pille dózismérő rendszere 2003 óta az orosz szegmens szolgálati dózismérő rendszerének része; emellett az intézet munkatársai több éven keresztül részt vettek az orosz űrhajósok személyi dozimétereinek összeállításában és kiértékelésében is. Az űrdozimetria a hazai űrtevékenység egyik legjelentősebb szegmense. Az ISS-en közel két évtizede folynak ilyen kutatások, így érdemes számot adni az eddigi eredményekről.

Bevezetés

A Napból és a Naprendszeren kívülről érkező nagyenergiájú ionizáló sugárzás, valamint annak a Föld mágneses terével és légkörével való kölcsönhatása eredményeképpen létrejövő másodlagos sugárzás meglehetősen összetett, és energiája sok nagyságrenden belül változhat. A kozmikus sugárzás biológiai károsító hatása (dózisa) az űrutazások egyik legjelentősebb kockázati tényezője, így azt folyamatosan nyomon kell követni. A sugárzás dózisának mérésére számos, különféle elven működő dózismérőt használnak, de egyikük sem alkalmas a sugárzás teljes spektrumának lefedésére. A detektorok kiválasztásánál további szempontokat is figyelembe kell venni, úgymint méretek, tömeg, energiafogyasztás, ár, megbízhatóság, testszövet-ekvivalencia (azaz mennyire hasonlóan „szenvedi el” a sugárzást a detektor anyaga és az emberi testszövet), stb.

Az EK Űrkutatási Laboratóriuma mind a passzív (az expozíció során tápellátást nem igénylő), mind pedig az aktív műszeres dózismérő rendszerek fejlesztésében és alkalmazásában több évtizedes tapasztalattal rendelkezik. Ezek kivétel nélkül nemzetközi – többek között a moszkvai Orvosbiológiai Problémák Intézetével, az orosz RSC Enyergija vállalattal, a Német Légügyi és Űrkutatási Központtal (DLR) és a NASA-val történő – együttműködés keretében valósulnak meg.

A Pille-ISS rendszer

Az Űrtan Évkönyv 2018 kiadványban összefoglaló cikk [1] jelent meg a legismertebb hazai, űrben használt műszerről, a Pilléről annak kapcsán, hogy negyven évvel korábban kezdődött meg a Pille első változatának fejlesztése. Az írásban részletesen kitértünk a Pillével az ISS-en végzett mérésekre, valamint a rendszerrel kapcsolatos legfrissebb fejleményekre, így ezek részletezésétől most eltekintünk.



1. ábra: A 2019 májusában az orosz félnek átadott három univerzális kiolvasó kulcs és hét darab új típusú Pille dózismérő (az A0408 sorszáma az egyik kiolvasó kulcsba helyezve látható)

Passzív detektoros mérések

Annak érdekében, hogy mind a kis ($\leq 10 \text{ keV}/\mu\text{m}$), mind pedig a nagy ($> 10 \text{ keV}/\mu\text{m}$) energialeadású (LET) részecskék dóziszt meg lehessen mérni, a $\text{LET} \leq 10 \text{ keV}/\mu\text{m}$ tartományban érzékeny termolumineszcens dózismérőket (ilyenek a Pille dózismérői is) gyakran nyomdetektorokkal egészítik ki, amelyek jellemzően a $10\text{--}1000 \text{ keV}/\mu\text{m}$ energialeadású részecskékre érzékenyek. A nyomdetektorok olyan elektromosan szigetelő átlátszó anyagok – műanyagok vagy üvegek –, amelyekben a nagy energialeadású részecskék roncsolást okoznak. Lúggal történő maratást követően a roncsolt térrészből az anyag eltávolítható, ezáltal a nyomok mérete megnő, így azok optikai mikroszkóp alatt vizsgálhatók. Kalibrációs besugárzásokat és méréseket követően a nyomok méretéből és alakjából a részecske energialeadása meghatározható. A nyomdetektorokat töltött részecske konverterekkel és szűrőkkel kiegészítve olyan összeállítások is készültek, amelyek segítségével az egyébként nehezen mérhető neutrontózis is megbecsülhető.

Az intézet 2001-től a BRADOS, 2010-től pedig az SPD (Set of Passive Detectors) program keretében részt vesz az űrállomás orosz szegmensének dozimetriai feltérképezésében. 2009 óta a DLR által vezetett DOSIS (2012 óta DOSIS-3D) konzorcium tagjaként vizsgálja a dóziseloszlást az ISS európai moduljának (Columbus) belsejében.

A sugárzás dózisa nem csak az űrállomás különböző árnyékolású térrészei között, hanem akár az emberi szervezeten belül is jelentős eltéréseket mutathat. Az űrhajósok testének árnyékoló és konverziós hatása ugyanis módosítja a sugárzási teret. Ennek vizsgálatára emberszerű fantomokat használnak, amelyek a lágy és kemény emberi testszövetekéhez hasonló sűrűségű és összetételű anyagokból épülnek fel. A Matrjoska program keretében, egy nemzetközi konzorcium tagjaként az intézet munkatársai egy detektorokkal felszerelt fantom belsejében, illetve annak „ruházatán” végeztek méréseket. A Matrjoska program első fázisában a fantomot – űrsétát szimulálva – az ISS-en kívül helyezték el, majd azzal később az űrállomás különböző belső moduljaiban (Pirsz, Zvezda, Kibo) végeztek méréseket.

Az Orvosbiológiai Problémák Intézetének kérésére intézetünk éveken keresztül az orosz űrhajósok passzív személyi dozimétereinek összeállításában és kiértékelésében is részt vett. Tekintettel arra, hogy ezen adatok személyi egészségügyi adatoknak minősülnek, nem publikálhatók, legfeljebb statisztikai összesítések adhatók.

Az űrhajósok sugárvédelmét közvetlenül szolgáló mérések mellett az intézet passzív detektoros egységekkel az orosz BioTrack, későbbi nevén Phoenix programban is részt vesz. Ezekben a kísérletekben biológiai minták sugárérzékenységét vizsgálják űrbéli körülmények között, nyomon követve a genetikai állományban bekövetkező változásokat és a túlélési statisztikát. A mintákat különböző ideig tárolják az űrállomás fedélzetén; a velük végig együtt „utazó” detektorokat kiértékelve a mintákat ért teljes dózist, valamint a sugárzási tér leadott energia spektrumát (LET-spektrumát) lehet meghatározni.

A sikeres DOSIS-3D együttműködésnek köszönhetően az EK meghívást kapott a NASA MARE (MATROSHKA AstroRad Radiation Experiment) kísérletében való részvételre. A NASA új, Orion űrhajójának első, egyelőre emberek nélkül végzett Hold körüli próbarepülésén (Artemis-1) az űrhajósok helyére egy-egy emberszerű női fantomot ültetnek, melyek felszínén és belsejében különféle passzív és aktív dózismérőket helyeznek el. Az egyik fantom az izraeli StemRad cég által fejlesztett AstroRad su-

gárvédelmi mellényt fogja viselni, így annak árnyékolási képességeit éles küldetésben is vizsgálhatják. A program az eredeti tervekhez képest csúszásban van, a repülésre reményeink szerint 2020-ban sor kerül.

Mérések a TRITEL rendszerrel

A TRITEL sugárdozimetriai célú háromtengelyű szilícium detektoros teleszkópot az intézet munkatársai a BL-Electronics Kft.-vel együttműködésben fejlesztették. Teleszkóp, illetve részecsketeleszkóp alatt olyan, több detektorból álló detektorrendszer értünk, amelyben a töltött részecskéken koincidencia- és/vagy antikoincidencia-kapcsolás segítségével több mérést is el lehet végezni, vagyis az előre meghatározott feltételrendszernek megfelelően külön lehet választani azon eseményeket, amelyek során a részecske csak a detektorrendszer adott detektoraiban vált ki jelet. A legegyszerűbb teleszkóp két egyforma, egymástól adott távolságra elhelyezett detektorból áll. Amennyiben csak a mindkét detektorban egyidejűleg jelet kiváltó eseményeket tekintjük, akkor lehetőség nyílik arra, hogy csak az egy adott térszögből érkező részecskéket vizsgáljuk. A nagyenergiájú töltött részecskék az anyagon való áthaladásuk során eredeti pályájukhoz képest csak kis mértékben térülnek el. Így – a fenti koincidencia-feltétel mellett a detektorban leadott energia és a teleszkóp látószögéhez tartozó átlagos úthossz ismeretében – az egy-egynyi úthosszon átadott energia, vagyis a LET megbecsülhető.

Az ISS-re fejlesztett TRITEL rendszerek a sugárzási tér irányfüggéséről is információval szolgáló teleszkópot tartalmazó detektor egység(ek)ből, egy adatgyűjtésre szolgáló központi egységből, valamint egy passzív detektoros egységből állnak. Utóbbi arra szolgál, hogy a TRITEL teleszkóp mérési eredményeit a $LET > 100 \text{ keV}/\mu\text{m}$ tartományban kiegészítsük, illetve korrigáljuk. A rendszernek két különböző változata készült el. A TRITEL-SURE az Európai Közösség 6. Keretprogramjának SURE (ISS: a Unique Research Infrastructure) programjának keretében készült el és jutott fel az ISS Columbus moduljára, ahol 2012 novembere és 2013 májusa között üzemelt. A másik, az Orvosbiológiai Problémák Intézetével, valamint az RSC Enyergija céggel együttműködésben megvalósult rendszer (TRITEL-RS) 2013 áprilisában jutott fel az ISS Zvezda modulba, ahol azóta – hosszabb-rövidebb megszakításokkal – végez méréseket. A rendszer központi egysége – a TRITEL-SURE rendszerétől eltérően – nem csak adatgyűjtésre, hanem a mérési adatok fedélzeti megjelenítésére is szolgál. A műszer mérési adatait az űrhajósok a fedélzeten közel valós

időben nyomon követhetik, valamint földi kiértékelés céljából pendrive-ra mentik, és a legénységváltás alkalmával a passzív detektorokkal együtt visszajuttatják a Földre. Az TRITEL teleszkóppal és a passzív detektorokkal végzett együttes mérések eredményei igazolták, hogy az átfedő LET-tartományban (10–100 keV/ μm , vízre vonatkoztatva) a kapott LET spektrumok jó egyezést mutatnak.



2. ábra: A TRITEL-RS rendszer az ISS Zvezda moduljában 2019-ben.
(Fotó: Roszkosmosz / RSC Enyergija)

További fejlesztések

Az ISS fedélzetén pár éven belül sorra kerülő Matryoska-III program keretében a fantom belsejében a passzív dózismérők mellett aktív dózismérő rendszerek is helyet kapnak. Intézetünk passzív detektorokkal, valamint további három dózismérő kísérlettel (LINTEL-N, LINTEL-P, MTR-PILLE) vesz részt a programban. Ezek fejlesztése folyamatban van. A LINTEL-N teleszkóp segítségével a fantom belsejében termalizált (lelassult és a közeggel termikus egyensúlyba került) neutronok fluxusának mérésére nyílik lehetőség, melynek nyomán a neutron dózissra vonatkozó becslést lehet majd adni. A LINTEL-P teleszkóp a sugárvédelmi szempontból öt kritikus szervnek (szemlencse, ivarszervek, vérképző szervek, központi idegrendszer, valamint emésztőrendszer) megfelelő egyenérték mélységben a protonok és nehezebb töltött részecskék okozta dózisegyenérték mérésére szolgál. Az MTR-PILLE kísérletben új típusú Pille dózismérőkkel mérjük majd a mélységi dózist a Matryoska-III fantom belsejében. Ehhez speciális pozicionáló eszközt is fejlesztünk.

Kitekintés

A passzív dózismérők alkalmazását a NASA – leginkább azok rossz időbeli felbontása, valamint nyomdetektorok esetében jelentős munkaerőigényük miatt – megszüntette; azok használatát több más nemzetközi kutatócsoport is jelentős mértékben csökkentette. Ugyanakkor olcsóságuk, gyors cserélhetőségük és nagy megbízhatóságuk miatt használatuk továbbra is indokolt. Ennek alátámasztására fontos megemlíteni, hogy mind a mai napig csak a Pille dózismérői alkalmasak arra, hogy segítségével a Nemzetközi Űrállomásról végzett űrséták során az űrhajósok többletdózisát meg lehessen mérni. Az űrállomás dózistérképezéséhez, vagyis a térbeli dóziseloszlás meghatározására is elsősorban passzív dózismérőket használnak.

2019-ben több fontos, a hazai űrdozimetriai kutatásokat is érintő bejelentésre került sor. 2019 novemberében az Európai Űrügynökség (ESA) Miniszteri Tanácsülésén Magyarország egyebek mellett feliratkozott az ESA Űrrepülési, Mikrogravitációs és Naprendszer-kutatási Opcionális Programjára. Az ISS programjában való részvételre az űrügynökség egészen 2030-ig elkötelezte magát, a NASA-val karöltve pedig részt vesz az első Hold körüli űrállomás, a Lunar Gateway programjában is. Egy másik fontos bejelentés volt, hogy a magyar–orosz űrkutatási, űrtechnológiai együttműködés keretében hazánk célul tűzte ki, hogy 2024-ben, Farkas Bertalan repülése után 44 évvel ismét magyar kutatóűrhajós dolgozhasson a világűrben. Az előzetes tervek szerint az űrhajós 3–6 hónapot töltene el a Nemzetközi Űrállomás fedélzetén. Ezzel további lehetőségek nyílnak meg a hazai űrdozimetriai kutatás-fejlesztés, valamint adatszolgáltatás terén mind alacsony Föld körüli pályán – az ISS fedélzetén –, mind a Holdat és távolabbi égitesteket célul kitűző emberes űreszközök fedélzetén.

Az EK-ban 2019-ben a magyar–orosz űrkutatási és űrtechnológiai együttműködés keretében folyó munka (űrdozimetriai rendszerek fejlesztése, gondozása, továbbfejlesztése, valamint a mérési adatok kiértékelése) Magyarország Kormánya támogatásával valósult meg (szerződésszám: KKM/43047/2019/Adm.). A DOSIS-3D programban való részvételünket 2019-ben a 4000124183 sz. ESA/PRODEX szerződés keretében finanszíroztuk.

Irodalomjegyzék

[1] Hirn, A., Apáthy, I., Csőke, A., Deme, S. (2019): Pille 40 – egy korszakokon átívelő történet, Űrtan Évkönyv 2018, Asztronautikai Tájékoztató 70: 47-58

Fenntartható (?) űrtevékenység

Szentpéteri László

Ha minden a jelenlegi elképzelések szerint alakul, a következő pár évben soha nem látott mennyiségű hordozórakéta-starttal korábban elképzelhetetlen mennyiségű műhold fog Föld körüli pályára kerülni. A miniatürizálásnak köszönhetően egyre több ország egyre több intézménye és vállalata vesz részt a Föld körüli pályák „benépesítésében”. Ezen túl, nagy valószínűséggel ez lesz az az évtized, amikor végre beindulnak az űrturisták szuborbitális úrúgrásai is (nem beszélve arról, hogy egy új elképzelés szerint akár a SpaceX Crew Dragon űrhajója is vihetne három űrturistát egy hétre az ISS-re). Egyre több start, egyre nagyobb pályára jutott tömeg és darabszám. Akkor tehát minden szép és jó?

Bevezetés

Talán ez az a kor, melyre e kiadvány tisztelt olvasói évek vagy évtizedek óta vártak. Miközben azonban örvendünk a tendenciának, nem szabad elfelejtenünk, hogy az űrtevékenység ilyen (robbanásszerű?) bővülése egy sor kérdést vet fel, vagy fog felvetni, s immár nem csak a szakma, de akár a nagyközönség, az adófizetők és a politika világában!

- Milyen környezeti terhelést jelent a növekvő számú rakétaindítás?
- (Űr)szemetessé tesszük-e a Föld körüli alacsony pályát?
- Megnő-e az orbitális ütközések veszélye, kell-e aggódunk amiatt, hogy a valóságban is lejátszódnak a *Gravitáció* című film nyitójelenetének kockái?

Szóval: fenntartható-e hosszú távon az űrtevékenység úgy, ahogy azt ma elképzeljük? Szándékosan provokáló dolgozat következik...

A rakétaindítások okozta környezeti terhelés

A rakétastartok nyilvánvalóan zavart okoznak az atmoszférában. A felszínhez legközelebbi rétegben, a troposzférában ez – eltekintve az indítóhelyek közvetlen környezetének rövid idejű légszennyezésétől – nem okoz nagy gondot, hisz mind a szelek, mind a helyi hatóságok végzik a dolgukat. A sztratoszférával azonban már más a helyzet. A sztratoszféra az alatta lévő tropo-

szférától izolált, így ami káros anyag ott összegyűlik, az ott is marad. Ráadásul itt találjuk az ózonréteget, melyet 1987 óta (Montreali Egyezmény) kötelesek vagyunk (kötelesek volnánk) védeni.



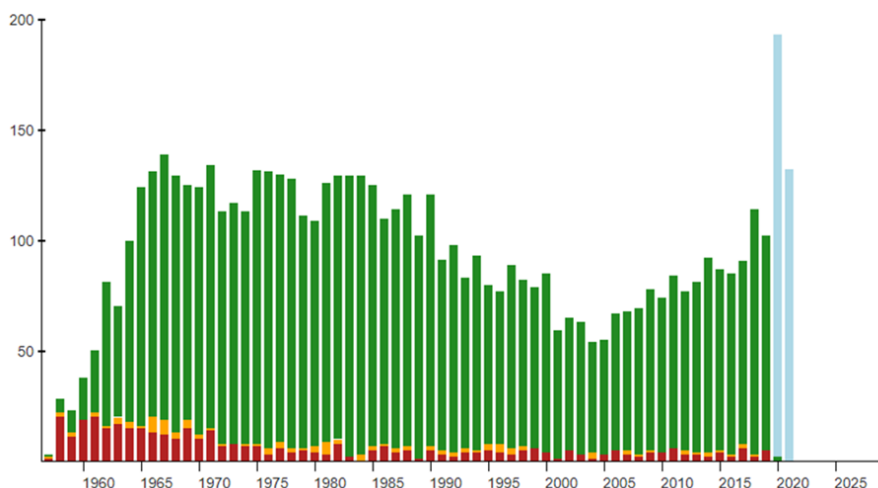
1. ábra: Szelek által „összekócolt” füst az Atlantis űrrepülőgép startja után. (Fotó: NASA)



*2. ábra: Luca Parmitano olasz ESA űrhajós 2013. október 10-én, egy rakétaindítás után készített fotója, melyen jól látszik az égéstermékek nyoma a középső és felső atmoszférában
(Fotó: L. Parmitano / ESA / NASA)*

Arról sem szabad elfeledkezni, hogy a visszahulló rakétafokozatok bizonyos esetekben akár lakott területekre is zuhanhatnak, és ott rombolást végezhetnek. (Erre a Kína északi és középső részein lévő indítóhelyek esetében rendszeresen van is példa.) De nyilvánvaló, hogy attól, hogy bizonyos visszahulló fokozatok tengerekben, vagy óceánokban kötnek ki, azok ott még (veszélyes) hulladékok. Az egyre gyakoribb rakétaindítások (3. ábra) tehát egyre nagyobb terhelést okoznak a légkörben, a szárazföldeken és a világ óceánjaiban.

Arról se feledkezzünk el, hogy mióta aktív űrtevékenység létezik, egy sor haszontalan, de nagyméretű eszköz került tartós pályára: rakéta-végfokozatok, közgyűrűk, vagy éppen rakéta-orrburkolatok. Ezekre az eszközökre csupán a rakétastartok néhány percében, órájában volt szükség, mégis hosszú évekig, vagy akár évszázadokig repülnek nagyméretű törmelékként a Föld körül, vagy a Föld-Hold rendszerben valahol...



3. ábra: Az évenkénti kozmikus rakétastartok száma a 2020 eleji állapot szerint. A zöld szín (az oszlopok tetején) a sikeres, a sárga (középen) a részben sikeres, a vörös (alul) a sikertelen, míg a világoskék (2020 és 2021) a tervezett indítások számát jelzi.
(Forrás: Wikipedia)

A nagy, a mega- és a gigakonstellációk

Még 2019 februárjában pályára állt a OneWeb cég tervezett közel 700 műholdjából az első hat kísérleti, 2020 februárjában további 34 – már szolgálati – műhold. E sorok írásakor úgy tűnik, hogy a következő 34 hold 2020 márciusának második felé-

ben, majd újabb 34 valamikor májusban indulhat. 2019 áprilisában a korábban indított 16 darab után az O3b konstellációba indult újabb 4 hold 8000 km magas pályára. 2019. májusban pedig a SpaceX pályára állította a több ezer darabosra tervezett Starlink rendszer első 60 (!) tagját 440–550 km magas, 53 fok hajlásszögű pályákra. Azóta – a cikk megírásáig – további 240 műhold startolt már, összesen négy indítás (2019. november, 2020. január 7., január 29. és február 17.) alkalmával, a(z egyelőre) véglegesnek tűnő, 550 km magas pályára. 2020-ban számos további indítással folytatódik a Starlink rendszer kiépítése.

Ahhoz, hogy az elmúlt években ilyen konstellációk megjelenhettek, a fogyasztói társadalom szokásos „szentháromságára” volt szükség: legyen piaci igény, legyen technológia, és legyen finanszírozó.

Az internethez való hozzáférés iránti, mára már globálissá vált igény, valamint a folyamatos sávszélesség- és átvitelisebesség-növelési vágy („high speed is addictive”) lett az egyik legfontosabb a piaci igények közül. Azonban ide tartozik még a műholdas térképezés, távérzékelés és változáskövetés is. A szakemberek ugyanis egyes területeken nem elégszenek meg a térbeli és/vagy a spektrális felbontás javulásával. Bizonyos alkalmazásoknál nagyon fontos az időbeli felbontás, azaz az azonos terület fölé visszatérés gyakorisága is. Nem mindegy ugyanis, hogy egy árvíznél, vulkánkitörésnél, cunaminál, vagy akár katonai műveleteknél hetente, naponta, vagy akár néhány óránként van friss információnk.

- A műholdak és alrendszereik méreteinek jelentős csökkenése,
- az azonos sávszélesség mellett, azonos idő alatt nagyságrendekkel több információt átvinni képes új kódolási technikák, vagy
- a precízen válogatott és megfelelően tesztelt kereskedelmi alkatrészek alkalmazása az alacsony Föld körüli pályák egyes műholdjaiban

Csak három azokból az áttörésekből, melyek biztosították a technológia hozzáférhetőségét. Az előző felsorolás érvényes mind a távközlési, mind pedig a távérzékelő műholdseregekre. Az alacsonyabb (pl. 400–500 km-es pályán) működő kisműholdas távérzékelő konstellációk kameráinak optikája ráadásul lehet rövidebb, az üreszközök pedig emiatt (is) lehetnek kisebbek. Ez egy

újabb technológiai újdonság: egy alacsony pályás kisebb méretű műhold a kisebb méret és tömeg mellett is elérheti mondjuk kétszeres magasságon keringő nagyobb testvére felbontását. Persze ezek az alacsony pályás műholdak hamarabb belépnek a sűrű légkörbe és elégnak. De ez nem akkora gond, hisz olcsó alkatrészekből épülnek, így könnyen pótolhatók. A legegyszerűbb sokat gyártani (a sorozatgyártás lenyomja a költségeket), sőt mivel az élettartam amúgy is rövidebb lesz, használhatunk olcsóbb alkatrészeket is.

Nyilván ezek a műholdak is csak „nagy testvéreikhez” képest olcsóak, ezért a finanszírozás még így is fontos szempont. Ez különösen azért igaz, mert a piacképesség miatt több száz, vagy néhány ezer darabos flottát kell építeni és pályára állítani. Nem kisbefektetőkre van szükség tehát ezekben a projektekben! Ezért nem is véletlen, hogy az investorok között olyan neveket találunk, mint az Amazon, az Apple, a Boeing, a SpaceX, a Telesat nyugaton, vagy Kínában a DiDi (az ottani Uber), vagy a Baidu (az ottani Google).

Fantasztikusak ezek az új megakonstruációk, de van velük néhány probléma. Tudni kell, hogy jelenleg csak mintegy kétezer különböző méretű és feladatú működő űreszközt tartanak nyilván a Föld körüli pályán, a néhány száz dekagrammos piko-műholdaktól a néhány száz tonnás Nemzetközi Űrállomásig. Ez a szám az új konstruációkkal pár év alatt akár négy-ötszörösére nőhet! Ezzel pedig egy teljesen új helyzet áll elő a Föld körüli pályán: drámaian megnő az ütközésveszély.

Glenn Peterson, az Aerospace Corporation kutatója mutatott rá a 69. Nemzetközi Asztronautikai Kongresszuson, hogy amennyiben valamennyi tervezett konstruáció pályára kerülne (amire azért valószínűleg nem kerül sor – *a szerző megjegyzése*), akkor a veszélyes megközelítésekkel kapcsolatos riasztások száma elérné az évi 67 ezret! Ha ez bekövetkezik, a műholdak üzemeltetőinek naponta közel 200 esetben kéne döntést hozniuk arról, hogy kikerülő manőverbe kezdjenek-e, vagy esetleg várjanak (kockáztatva két műhold ütközését). Ráadásul itt nem csak a megnövekedett kockázatról és munkaterhelésről van szó, hanem arról is, hogy ez akár okafogyottá is teheti egy műhold üzemeltetését.

Hogyan tovább?

Azt gondolom, hogy a fentieket végigolvasva egyáltalán nem túlzás azt állítani, hogy a világ űrtevékenysége vízválasztóhoz érkezett, érkezik. A rengeteg piko-, mikro- és kisműhold egyre

több intézmény diákjait és szakembereit teszi aktív űrkutatóvá, és egy sor mikro- és kisvállalkozást indít el a (reménybeli) növekedés útján. Egyre többen fejlesztenek rakétákat, hisz a fenti műholdakat valahogy pályára kell juttatni – ami növekvő mértékben terheli a sztratoszférát. A rakétastartokkal terhelnék a felszínt, az óceánokat, és a világot is, hisz az egyre több start egyre több „szemetet” fog „elveszteni” rövid üzemelése során.

A következő tíz évben sokszorta több műhold fog pályára kerülni, mint az első Szputnyik óta eltelt összesen több mint 60 évben együttvéve. Ezzel olyan szinten nő meg (elsősorban az alacsony Föld körüli pályán) az ütközés veszélye, illetve – szerencsés esetekben csak – a kikerülő manőverek száma, amit ma még igazából felmérni sem tudunk.

Az azonban biztos, hogy

- bizonyos manőverszám felett már akár okafogyottá is válhat egy műhold használata, illetve hogy
- egy esetleges ütközés dominóhatást válthat ki, és egyes pályaszakaszokat (nevezzük inkább térrésznek) hosszú távra beszennyezhet, gyakorlatilag lehetetlenné téve ott a műhold üzemeltetést (lásd az előző pontot).

Nos, a probléma adott, és szakmapolitikai szinten fel is ismerték. Ez azt jelenti, hogy vannak pozitív kezdeményezések. Az ENSZ COPUOS Tudományos és Technológiai Albizottsága 2010-ben döntött egy munkacsoport (Long-term Sustainability of Outer Space Activities Working Group) létrehozásáról. Ennek kiemelt feladatai közé tartozik az űrszemét kezelésének, vagy épp a rakétaindításoknak a szabályozása. Túlzott optimizmusra persze nem csak az nem ad okot, hogy ha feltesszük magunknak a kérdést: miért nem történt ez meg mondjuk 10 évvel korábban? Az sem erősítheti optimizmusunkat, ha tudjuk, hogy az első irányelvek csak 2016-ban (!) születtek meg (A671/20, Annex), majd újabb két év kellett ahhoz, hogy konszenzussal el is fogadják azokat – igaz, rögtön további javaslatokkal is finomítva a 2016-os dokumentumot (A/AC. 105/1167, Annex III és A/73/20).

Hasonlóan szép eredmény, hogy van már olyan vállalat (SpaceX), amelyik többé-kevésbé üzemszerűen hozza vissza a Földre hordozórakétáinak első fokozatát, az orrburkolatokat is, és hasonló fejlesztések Kínában is folynak. Ugyanakkor ma, és az elkövetkező években még egyértelműen a hagyományos, „szemetelő” rakéták lesznek a jellemzőek. Még olyan rakéták eseté-

ben is, melyeknek napjainkban folyik a fejlesztése, berepülése – vagyis akár 10–20 évig is szolgálatban lesznek.

Különböző országok és szervezetek (pl. az ESA is) épít olyan kísérleti űreszközöket, melyeknek – eltérő megoldásokkal – a Föld körüli térséget kéne „takarítania”, vagy sérült műholdakat lejjebb hozni (hogy azután a felső légkörben eléghessenek). Ám ezen projektek száma még a jelenleg már pályán lévő űreszközök számához képest is elenyésző (egyjegyű!), miközben több ezres új konstellációk készülnek. Ha ezen kísérletek sikeresek is lesznek, meg kell majd még oldani ezen „takarító” holdak sorozatgyártását és gyors indítási opcióját.

Több cég vagy szervezet is próbál olyan megoldásokat beépíteni jelenleg készülő műholdjaiba, melyek felgyorsítják a műhold leereszkedését a felsőlégkörbe, ha az űreszközre már nincs szükség. Több cég és szervezet – de sajnos nem mindegyik...

A probléma az, hogy az összes fenti kezdeményezés csak csepp a tengerben. Sokkal nagyobb erőfeszítésekre, erőforrásokra és eltökéltségre lenne szükség, különben drámai helyzet alakulhat ki mind a Föld körüli térségben, mind bolygónkon. Több-szörös ütközésekkel több száz évre szennyezhetjük be az alacsony Föld körüli pályát, miközben számíthatunk arra is, hogy az erősödő környezetvédelmi mozgalmaknak a légköri szennyezésről hamarosan már nem csak az autók, a gyárkémények és a légi közlekedés, de az asztronautika is eszébe fog jutni.

A 24. órában vagyunk!

Irodalomjegyzék

- [1] Ross M., Vedda J.A. (2018): The Policy and Science of Rocket Emissions, Center for Space Policy and Strategy, April 2018
- [2] Szentpéteri L. (2019): Az űr örökre megváltozik? Élet és Tudomány, 2019/28, 873
- [3] www.spacedaily.com
- [4] www.urvilag.hu
- [5] www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/topics/long-term-sustainability-of-outer-space-activities.html

A 2010-es évek: az új bolygótípusok felfedezésének évtizede

Futó Péter

Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék

Az elmúlt majd harminc évben, de főként az utóbbi évtizedben a földi bázisú méréseknek, illetve a világűrben működő bolygótranszit-kereső űrtávcsövek adatainak és az azokat megerősítő, kiegészítő méréseknek köszönhetően napjainkra már több mint 4000 exobolygó és háromezernél is több bolygórendszer létezését bizonyítottuk. A felfedezett exoplanéták között több új típusú, a Naprendszerben megismert bolygóktól sok tekintetben különböző égitest is található, melyek zömét az utóbbi tíz évben sikerült azonosítani. Így a 2010-es éveket az új bolygótípusok felfedezése évtizedének is nevezhetjük.

Új bolygótípusok

A mérési technikák érzékenységének fejlődése, s a világűr-ből történő folyamatos megfigyelések lehetősége még a korábban vártnál is izgalmasabb felfedezésekhez vezetett az utóbbi évtizedben. A legkülönbélebb konfigurációjú bolygórendszerek mellett számunkra különösen érdekesek azok a bolygótípusok, melyekre nem találunk példát Naprendszerünkben.

Már a 2010-es éveket megelőzően is ismertünk bolygórendszerünk óriása, a Jupiter tömegénél jóval nagyobb gázbolygókat, s néhány földtömegű kőzetbolygót (szuperföldet) is. Azonban az utóbbi évek tömeges felfedezései hozták meg azokat az eredményeket, melyek alapján már minden korábbinál pontosabban meg tudtuk becsülni galaxisunkban az egyes bolygótípusok gyakoriságát, és sikerült detektálni olyan planétákat is, melyek létezésének lehetőségére korábban még csak nem is gondoltunk.

A különböző bolygótípusok között folyamatos az átmenet. A tipizálásnál nem csupán a bolygók összetétele, felépítése, légkörük jellemzői, az őket alkotó elemek, ásványok közötti mennyiségi arányok a meghatározó szempontok, de ugyanígy lényeges tényezők a központi csillagtól való keringési távolság következményei, s mindezek függvényében a bolygótestek planetáris fejlődési útjának alakulása. A természet rendkívüli megoldásokkal rendelkezik, ha a változatosságról van szó, ez éppúgy igaz az általunk ismert élet evolúciójára, mint az exobolygók világára.

A szuperjupiterektől a gáztörpéken át a vízi világokig

A planetáris testek tömegskáláján az egyes típusok között folyamatos az átmenet. Folytatva a sort az égitestek tömegskáláján, ez a trend tapasztalható a továbbiakban is. Így például a masszív gázbolygók, az ún. szuperjupiterek, ha elérik a körülbelül 13,6 Jupiter-tömeget, belsejükben beindul a deutérium fúziója. Ezeket az égitesteket pedig már barna törpének nevezük, melyek tulajdonképpen átmeneti jellegű égitestek a hagyományos értelemben vett bolygók és csillagok között. Ismerünk olyan gázóriásokat, melyek közelítik a barna törpék és a gázbolygók közötti tömeghatárt. A szuperjupiterek jellegzetes képviselői például az 5,41 Jupiter-tömegű Kepler-432b vagy a 10,1 Jupiter-tömegű Kepler-75b jelű óriásbolygók [1]. Ez utóbbi egészen különleges planetáris objektum lehet, ugyanis átmérője mindössze 5 százalékkal haladja meg a Jupiterét, ezáltal pedig átlagsűrűsége több mint nyolcszorosa a naprendszerbeli gázóriásénak. A mérési adatokból következő fizikai paraméterei alapján a Kepler-75b nagy tömegű és relative nagy méretű fém-szilikát maggal rendelkezhet.

A Kepler adatbázisában olyan, viszonylag kis méretű exobolygók is szerepelnek, melyek kis tömegük ellenére meglehetősen nagy bolygórádiusszal (1–4 földsugár) rendelkeznek. Ezek a legnagyobb eséllyel olyan kis tömegű gázbolygók lehetnek, melyek szilárd közetmagját hidrogénből és héliumból, vagy más illékony összetevőkből, esetleg vízgőzből álló vastag szféra burkolja. Gáztörpe (*gas dwarf*) néven is említi őket a témával foglalkozó irodalom, s előfordulnak köztük a Földnél kisebb, a hozzá hasonló, sőt többszörös földtömegű planéták is. A gáztörpék jellegzetes példája lehet a Kepler-138d jelű 0,64 földtömegű és 1,21 földátmérőjű exobolygó [2], amely egy 0,52 naptömegű és 0,44 napátmérőjű törpecsillag körüli multiplanetáris rendszer tagja.

A nagyon kis sűrűségű exobolygók másik gyakori elnevezése az ún. „szuper-puff” bolygók (*super-puff/fluffy planets*), melyek általában a csillagjukhoz közel vándorolt, felfúvódott légkörrű gázóriások. Találunk azonban extrém kis átlagsűrűségű exobolygókat a kis tömegű planéták világában is. Jellegzetes képviselőik például a 2,1 földtömegű Kepler-51b és a 4 földtömegű Kepler-51c katalógusjelű planéták, melyek tömegük alapján ugyan a szuperföld kategóriába esnek, azonban olyan rádiusszal rendelkeznek – 7 földsugár (b), 9 földsugár (c) [3] –, ami inkább az óriásbolygókra jellemző. Átlagsűrűségük $0,03 \text{ g/cm}^3$, ami csupán 0,54%-a a Földének, de még a Jupiterének is mindössze 2,26%-a. Ebből a szempontból érdekes a TOI-402 katalógusjelű

planetáris rendszer is, melyben a csillaghoz közeli 7,2 földtömegű és 1,7 földsugarú forró kőzetbolygó (TOI-402.01) mellett találunk egy kis átlagsűrűségű szuperföldet is (TOI-402.02). Ez utóbbi tömege 8,79-szerese a Földének, míg sugara annak 2,52-szerese, ami alapján a kutatók az ún. *puffy super-Earths* kategóriába sorolják [4].

A vízi világok (*watery worlds*) a bolygórendszerben elfoglalt helyzetük, a csillagtól való távolságuk, s a légköri viszonyaik függvényében lehetnek gőzbolygók (*steam planet*), óceánbolygók (*ocean planet*) vagy jégbolygók (*icy planet*). A vízi világok, óceánbolygók egy része olyan planéta lehet, amely globális óceánjának vize mélyen a nagy nyomás hatására jégfázisba megy át, s ennek nagy nyomású változatai alkotják a vízköpeny jelentős tömeghányadát. Míg más, hidegebb környezetben keringő, vízben gazdag bolygók vastag jégkérgé alatt húzódhat mély óceán. Az össztömegük jelentős hányadában (és nemcsak a bolygóbelsőben) vizet tartalmazó planéták, illetve a gáztörpék közé általában a tíz földtömegnél kisebb bolygók tartoznak. Többségük tehát szuperföld lehet, melyek az összetétel és a felépítés tekintetében a legváltozatosabb bolygócsaládot jelenthetik, mindamellet, hogy egyúttal a leggyakoribb bolygótípusnak számítanak.

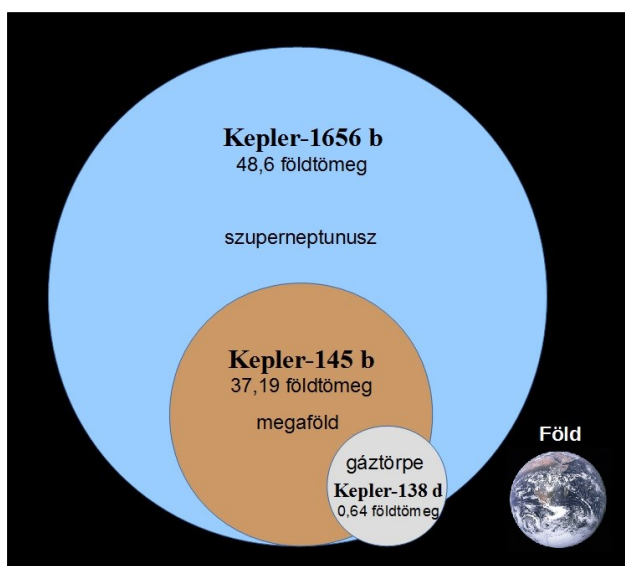
Érdekes bolygótípus egy nemrégiben azonosított, szintén a szuperföldek közé sorolható, 1,3 földátmérőjű bolygó (LHS 3844) [5], mely a rendszer központi, vörös törpecsillagával együtt meglehetősen közel, mintegy 48,6 fényévre található a Naprendszer-től. A NASA TESS űrtávcsöve által detektált planéta mindössze 11 nap alatt kerüli meg a 0,189 napátmérőjű, 0,151 naptömegű [1], még a vörös törpék között is kicsinek számító csillagát, keringése a nagy csillagközelség miatt gravitációsan kötött, ami annyit jelent, hogy keringési ideje megegyezik a tengelyforgási idejével, azaz mindig ugyanazt a az oldalát fordítja a csillag felé. A Spitzer-űrtávcsővel végzett megfigyelések eredményei szerint a bolygófelszín albedója (fényvisszaverő képessége) alacsony érték, 0,2 alatti, és nagy valószínűséggel a planétának nincs számottevő légköre [6]. A légkör hiánya valószínűleg a vörös törpe fleraktivitása erodáló hatásának tudható be. Az alacsony albedó pedig arra utal, hogy a felszínt jelentős hányadban sötét színű lávakőzet boríthatja, ahhoz hasonlóan, mint amit a Holdon a Mare-területeken is megfigyelhetünk. Az adatok alapján a felszín anyaga bazaltos kompozícióval konzisztens. Egy valószínű forgatókönyv szerint ez a felszíntípus egy a bolygó történetének távoli múltjában megindult vulkáni aktivitás eredményeképpen alakulhatott ki.

Átmeneti bolygótípusok

A Kepler-úrtávcső eredeti (K1) megfigyelési mezejében felfedezett Kepler-1656b szintén érdekes planéta. A Napnál valamivel nagyobb tömegű és sugarú, idősebb csillagát alig több mint fél Nap–Merkúr távolságban körbejáró bolygó tömege 48,6-szerese a Földének, sugara pedig 5,02-szorosa. A Kepler-1656b az Uránusznál és a Neptunusznál nagyobb, míg a Szaturnusznál kisebb méretű exobolygó, úgynevezett szuperneptunusz. Átlagsűrűségéből adódóan átmeneti típust képviselhet a nagy tömegű kőzetbolygók (megaföldek) és a Szaturnuszhoz hasonló gázbolygók között. Hidrogénből és héliumból álló gázburka egy több mint a teljes tömeg 80%-át kitevő fém–szilikát magot rejtethet [7].

A Naphoz hasonló Kepler-538 csillag b jelű bolygójának sugara mintegy 2,215-szerese a Földének, tömege pedig a radiális sebesség-mérések adatai alapján 10,6 földtömegnek bizonyult. A Földéhez hasonló összetétel esetén egy ekkora tömegű bolygó átlagsűrűsége 8 g/cm^3 feletti volna, szemben az adatok alapján számított $5,38 \text{ g/cm}^3$ -es értékkel. Ezért a szubneptunusz kategóriába sorolható exobolygó felépítésében fém–szilikát kőzetmag mellett valószínűleg jelentős mennyiségű (víz)jég, valamint egy relatíve kis tömegű gázburkok is részt vesz. A planéta tulajdonképpen átmeneti jellegű objektum lehet a nagy tömegű kőzetbolygók és a már jelentős mennyiségű jeget és gázt is tartalmazó Neptunusz-jellegű bolygók között [8]. A megaföldek és a Neptunuszhoz hasonló bolygók közötti átmeneti típus másik nagyszerű példája lehet a K2-292b katalógusjelű, 24,5 földtömegű és 2,623 földsugarú szubneptunusz, melynek átlagsűrűsége valamivel alatta marad annál, mint ami egy Földéhez hasonló kompozícióból adódna [9].

A 2010-es évek elején a Kepler segítségével olyan nagy tömegű bolygókat is felfedeztek, melyek átlagsűrűsége még annál is nagyobb, mint ha vasból épülnének fel. Ezek nagy valószínűséggel egykori óriás gázbolygók kőzetmagjai lehettek, melyek a későbbiekben valamilyen erőteljes fizikai hatás következtében elvesztették gázburkukat és az átfejlődési folyamat befejeztével csak a csupasz kőzetmagjuk maradt. A gázóriás fázisban a mag felületére hatalmas nyomást gyakorolt a felette elhelyezkedő gázburkok, s annak elvesztése után ezek a kőzetmagok még évmilliárdokig is nagy belső nyomású, magas átlagsűrűségű állapotban maradhatnak. Ilyen extrém átlagsűrűségű planetáris objektumként azonosították például a Kepler-57b jelű exobolygót is, melynek tömege és sugara a mérések alapján 118,1 földtömegnek, illetve 2,37 földsugárnak adódott [10] (1. ábra).



1. ábra: Néhány bolygótípus jellegzetes példányai méreteinek összehasonlítása a Földével

Planéták a lakható zónában

A 2010-es években több tucat olyan bolygót azonosítottak, mely csillaga lakhatósági zónájában kering. Köztük vannak Földünkhöz hasonló méretűek éppúgy, mint a nála néhányszor nagyobb tömegű szuperföldek (*habitable zone super-Earths*). Azonban a csillagok körüli (cirkumsztelláris) lakhatósági zónában, évmilliárdokon keresztül stabil pályán történő keringés még önmagában nem jelent semmiféle biztosítékot arra vonatkozóan, hogy egy adott bolygó valóban alkalmas az élet hordozására. A megfelelő szintű, folyamatos geológiai aktivitás a vizsgálatok szerint éppúgy az alapvető feltételek közé tartozik, ugyanis az élet szempontjából fontos elemek körforgása mellett nagyban hozzájárul a mérsékelt felszíni hőmérséklet fenntartásához, ami például elengedhetetlen feltétele a felszínen nagy tömegben jelenlévő folyékony víz megtartásának. A zónán belül keringő bolygók éppúgy lehetnek a Földhöz hasonló, mérsékelt klímájú bolygók, mint az általunk ismert élet számára alkalmatlan forró felszínű sziklás planéták vagy ezzel ellentétben hosszú ideig teljesen fagyott állapotban lévők is.

Három bolygót azonosítottak a közeli, 31 fényévre található GJ 357 körül, melyek egyike az M színeképtípusú törpecsillag lakhatósági zónájában kering. A csillaghoz legközelebbi pályán keringő b jelű forró tranzitbolygót a TESS űrtávcső mérései révén fedezték fel, míg a távolabbi, 3,59 földtömegű GJ 357c és GJ 357d jelű bolygókat a radiális sebesség mérésének módszerével [11]. A lakható zónában keringő, 6,04 földtömegű [1] GJ 357d mindössze 38% energiát kap csillagjától ahhoz képest, mint amennyit a Föld a Naptól. Ezért a kutatók szerint a Földéhez hasonló kigázosodási ráta mellett fagyott sziklás világ lehet. Azonban ha elegendően sok szén-dioxid van a légkörében, s annak mennyisége geológiai folyamatok ciklusai révén folyamatosan szabályozott, akkor biztosítottak lehetnek a feltételek a mérsékelt felszíni hőmérséklet hosszú távú fennmaradása számára.

A csillagok körüli lakhatósági zónában létezhetnek olyan, viszonylag gazdag vízkészlettel rendelkező földszerű világok is, melyek hosszú időtartamú fagyott periódusba kerülhetnek. Ha ezeknek az úgynevezett fagyott bolygóknak az óceánjait szinte teljesen be is borítja a jég, egyenlítői régiójukban még akár hosszú távon is fennmaradhatnak olyan melegebb szárazföldi területek, melyeken tovább virulhat a már jóval korábban kialakult élet [12,13].

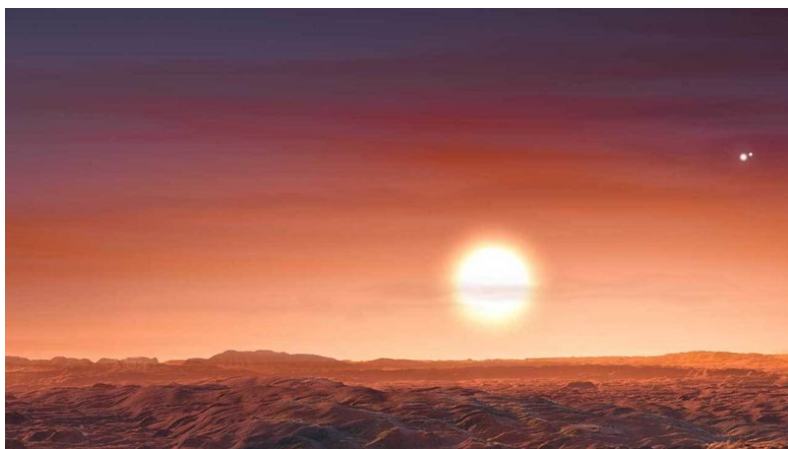
Egy a Hubble-űrtávcsővel végzett mérésnek köszönhetően első alkalommal találtak vizet egy exobolygó légkörében. A K2-18 jelű vörös törpecsillag körüli lakható zónában keringő K2-18b jelű planéta tömege Földünkének majd nyolcszorosa, átmérője pedig 2,38-szorosa. A bolygó alapvető fizikai paraméterei alapján valószínűleg vastag légkörrel rendelkezik, melyben kimutatták jelentős mennyiségű víz jelenlétét. A csillagától kapott besugárzás nem sokkal nagyobb, mint ami Földünk légkörének egységnyi felületére érkezik a Napból [14]. A detektált vízpára víz alkotta felhők jelenlétére utal az atmoszférában.

Bár még mindig vitatott a vörös törpék alkalmassága arra vonatkozóan, hogy lakható bolygók keringhetnek-e körülöttük, az azonban mindenképpen izgalmas információt jelent, ha egy lakható zónabeli planéta légkörében jelentős mennyiségű víz van. A jövő infravörös tartományban működő űrtávcsöveinek (JWST, Ariel) mérései révén pedig remélhetően még sokkal többet is megtudhatunk a K2-18b-hez, vagy esetleg a mi Földünkhöz sok tekintetben hasonló bolygókról.

Ahol több nap is felkel

Az LTT 1445 egy 22,5 fényévre lévő vörös törpék alkotta hármas csillagrendszer, melynek egyik tagja körül a TESS űrtávcső adatainak analízise során egy fedési exobolygót azonosítottak. Az LTT 1445Ab jelű, 1,38 földátmérőjű és akár 8,4 földtömegű planéta nagyon közel kering a vörös törpéhez, a lakhatósági zóna belső peremén belül, mindössze 5,4 napos periódusú pályán [15, 16].

Jóllehet a mintegy 160 Celsius-fok felszíni hőmérsékletű LTT 1445Ab valószínűleg elég forró és túl nagy tömegű az általunk ismert komplex élethez, azonban érdekes belegondolni, hogy milyen jellegű fotoszintézis alapú bioszféra fejlődhet ki egy többes csillagrendszerben található, megfelelő méretű és klímájú lakható exobolygón. Az ún. P típusú kettőscsillag-rendszerekben (melyekben a bolygó mindkét csillag körül kering) esetlegesen létező lakható bolygók fotoszintézis alapú ökoszisztémái számára a két csillagból egyidejűleg érkező sugárzás akár még kedvezőbb feltételeket is teremthet, mint az egy központi csillag körüli planétákon.



2. ábra: A három csillag látványa az LTT 1445Ab jelű exobolygó felszínéről. (Fantáziarajz: NASA)

Összegzés

A sokféle lehetséges altípus között a naprendszerbeli bolygótestekéhez képest egészen különleges planéták is létezhetnek. Napjainkban még nem tudhatjuk, hogy ezek közül melyek lesznek a valóban ritka típusnak számító égitestek, s melyek az általánosnak mondhatók még akkor is, ha utóbbiakra adott tulajdonságaikat illetően nem ismerünk példát saját bolygórendszerünkben. A csillagok kémiai összetételének vizsgálata azt mutatja, hogy a körülöttük kialakult bolygótestek ásványtani összetétele rendkívül változatos lehet. Ezt pedig érdemes továbbgondolni asztrobiológiai megközelítésben is, hiszen a Földünkhöz hasonló méretű és túlnyomó részt szilikátokból felépülő, ám annak összetételétől ásványtani szempontból eltérő kompozíciójú kőzetbolygókon a földitől merőben különböző feltételek alakulhatnak ki az esetlegesen megszülető élet számára.

Irodalomjegyzék:

- [1] NASA Exoplanet Archive
(<http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu>)
- [2] Jontof-Hutter D. et al. (2015): The mass of the Mars-sized exoplanet Kepler-138 b from transit timing. *Nature*, 522, 321
- [3] Masuda K. (2014): Very Low Density Planets around Kepler-51 Revealed with Transit Timing Variations and an Anomaly Similar to a Planet-Planet Eclipse Event. *Astronomical Journal*, 783, 53
- [4] Dumusque X. et al. (2019): Hot, rocky and warm, puffy super-Earths orbiting TOI-402 (HD 15337). *Astronomy & Astrophysics*, 627, A43
- [5] Vanderspek R. et al. (2019): TESS Discovery of an Ultra-short-period Planet around the Nearby M Dwarf LHS 3844. *Astrophysical Journal Letters*, 871, L24
- [6] Kreidberg L. et al. (2019): Absence of a thick atmosphere on the terrestrial exoplanet LHS 3844b. *Nature*, 573, 87
- [7] Madison T.B. et al. (2018): Kepler-1656b: A Dense Sub-Saturn with an Extreme Eccentricity. *Astronomical Journal*, 156, 147
- [8] Mayo A.W. et al. (2019): An 11 Earth-mass, Long-period Sub-Neptune Orbiting a Sun-like Star. *Astronomical Journal*, 159, 34
- [9] Luque R. et al. (2018): Detection and characterization of an ultra-dense sub-Neptunian planet orbiting the Sun-like star K2-292. *Astronomy and Astrophysics*, 623, A114

- [10] Hadden S., Yoram L. (2014): Densities and eccentricities of 139 Kepler planets from Transit Time Variations. *Astrophysical Journal*, 787, 80
- [11] Kaltenegger L. et al. (2018): The Habitability of GJ 357d: Possible Climate and Observability. *Astrophysical Journal Letters*, 883, L40
- [12] Pál B. (2019): Lakhatóak lehetnek a jégbolygók is. (www.csillagaszat.hu, 2019. 08. 21.)
- [13] Paradise A. et al. (2019): Habitable Snowballs: Temperate Land Conditions, Liquid Water, and Implications for CO₂ Weathering. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 124, 2087
- [14] Benneke B. et al. (2019): Water Vapor on the Habitable-Zone Exoplanet K2-18b. *Astrophysical Journal Letters*, 887, L14
- [15] Winters J. G. et al. (2019): Three Red Suns in the Sky: A Transiting, Terrestrial Planet in a Triple M-dwarf System at 6.9 pc. *Astronomical Journal*, 158, 152
- [16] Ujhelyi B. (2019): Ahol három vörös nap ragyog az égen: földszerű bolygót találtak egy közeli hármascillag-rendszerben. (www.csillagaszat.hu, 2019. 09. 30.)

Magaslégköri ballonkísérletek a Műegyetemen

Bodó Zsófia, Góczán Bence

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Villamosmérnöki és Informatikai Kar

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Simonyi Károly Szakkollégiumában működik az UPRÁ (Universal Platform for Robotics and Aerospace) csapat, amelynek megalakulásakor az elsődleges célja az volt, hogy egyetemi hallgatók számára gyakorlati tapasztalatszerzést biztosítson az űrtechnológia területén. 2013-as alakulásuk óta elsősorban magas-légköri ballonos fejlesztésekkel foglalkoznak, több mint tíz sikeres repülésen vannak túl, melyek közül hetet az elmúlt évben bonyolítottak le.

Az UPRÁ ballonplatform

Az UPRÁ csapat egy nagy megbízhatóságú, többször felhasználható ballonplatform fejlesztésén keresztül biztosít gyakorlati tapasztalatszerzésre lehetőséget egyetemista hallgatóknak. A platform vezérlő modulja az űreszközökhöz hasonlóan különböző alrendszerrel rendelkezik, melyek a fedélzeti számítógép (OBC), az UHF kommunikációs modul (COM), egy másodlagos VHF kommunikációs modul (APRS) illetve az energiaellátó alrendszer (EPS). Minden részegység saját kártyán helyezkedik el és saját mikrokontrollerrel rendelkezik. Az alrendszerek egymással egy UART alapú buszon kommunikálnak, az üzenetekhez használt formátum a GPS modulok által is használt NMEA szabvány alapján lett kialakítva. Minden modul a Microchip Atmega328p 8-bites mikrokontrollerét használja, és mindegyiken található egy Arduino kompatibilis bootloader, így a fedélzeti szoftver Arduino környezetben is megírható.

Az alrendszerek mind egyedi feladattal rendelkeznek, melyek elengedhetetlenek a sikeres repüléshez. Az OBC, vagyis a fedélzeti számítógép a rendszer központi egysége, az alrendszerek összehangolását végzi, kezeli a GPS modult, tárolja a koordinátákat és a környezeti adatokat, ezeket továbbítja a kommunikációs alrendszerek felé és felügyeli a repülési terv végrehajtását. Földet érés előtt landolási üzemmódba kapcsol, ami azt jelenti, hogy bekapcsolja a teherláncon elhelyezett nagy fényerejű villogót, illetve periodikus hangjelek kiadásával is segíti a keresőcsapat munkáját.

A platform melegtartalékolt rádiós rendszerrel rendelkezik. Az elsődleges kommunikációs csatornát egy 433 MHz-es rádiós modul biztosítja, amely alkalmas kétirányú kommunikációra, ezáltal a ballon képes nem csak telemetria üzenetek küldésére, hanem telecommand parancsok fogadására is. Bár a funkció még kísérleti fázisban van, a jövőben ez lehetőséget biztosíthat a hasznos teher repülés közbeni közvetlen vezérlésére is. A kommunikáció 64 bájtos csomagokkal történik, 625 bps sebességgel. Jelenleg a telemetria üzenetek az úgynevezett „beacon” csomagra korlátozódnak, mely az aktuális fedélzeti időt, GPS koordinátákat, magasságot, valamint a külső és belső hőmérsékletet tartalmazza. A csomag felépítése a brit ballonos közösség által javasolt UKHAS formátumot követi, kompatibilitási megfontolások alapján.

A tartalék rádió 144,8 MHz-en sugároz telemetria adatokat az Automatic Packet Reporting System (APRS) szabványnak megfelelően. Az APRS rendszer előnye, hogy nincs szükség dedikált rádióállomásra, bármely a rendszerbe bekötött állomás képes fogadni a csomagokat, melyeket utána egy internetes adatbázisba továbbít. Az APRS szabvány ajánlásait követve a tartalék rádiós modul nagy periódusidővel, rövid üzeneteket sugároz, melyek tartalma a ballon útjának követésére korlátozódik.

Az energiaellátó alrendszer (EPS) biztosítja a vezérlőegység alrendszerei számára a megfelelő tápellátást. A rendszerben lévő eszközöknek a különböző feszültségszinteket egyszerű kapcsolóüzemű tápok biztosítják. A jelenlegi platform egyszer használatos szárazelemekről üzemel, de a csapat már vizsgálja a tölthető akkumulátorok használatának lehetőségét.

A vezérlőegység mellett a teherláncon elhelyezkedik még egy tartalék GPS modul, valamint egy kontroll kamera is, melyek a vezérlőegységtől függetlenül önállóan üzemelnek a repülés során. A tartalék GPS modul, mely szintén UPRA fejlesztés, GSM hálózat segítségével, SMS-ben küldi a ballon koordinátáit és magasságát. Az eszköz, amennyiben a beállított magasság fölé emelkedik, kikapcsolja a kommunikációs modult és energiatakarékos állapotba kapcsol.

Távérzékelés

A platform fejlesztése mellett a csapat saját kísérleti hasznos teher fejlesztésével is foglalkozik, mely egy multispektrális távérzékelő kamera. Az egyedi mérőeszköz látható és közeli infravörös tartományban rögzít képeket, melyek segítségével a vegetáció és a nyílt vízfelületek figyelhetők meg. A kamera

szenzorai 1600 x 1200 pixel nagyságú képek készítésére alkalmasak, melyeket saját SD kártyán tárol, valamint lehetőség van a kamera életjelei mellett az egyes képek lekérésére is repülés közben. Az elkészült felvételeket a vezérlőegységben található elsődleges rádió segítségével lehet a földre sugározni.

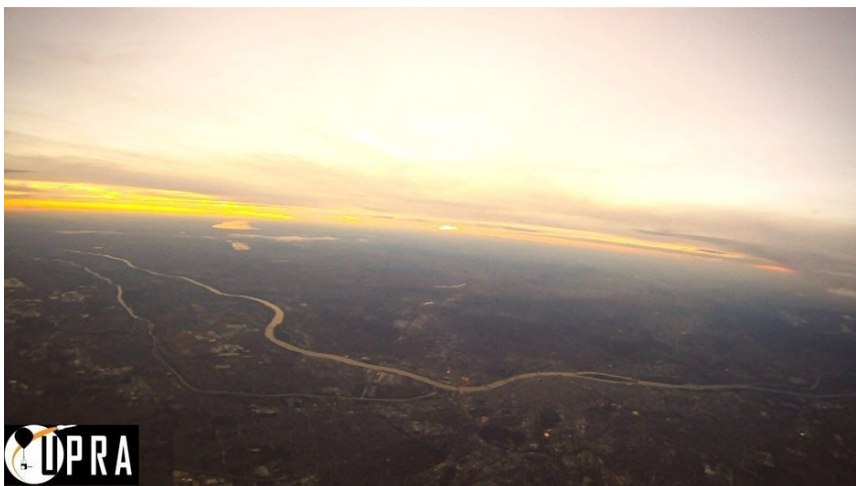
A fejlesztés egyik célja, hogy a csapat demonstrálni tudja a platform képességeit, a hasznos teher szállítását, vezérlését és monitorozását. Ezzel párhuzamosan az UPRA csapat kutatást végez a ballonplatformok lehetséges távérzékelési felhasználásával kapcsolatban. Ennek során azokat a felhasználási területeket vizsgálja, ahol nagy gyakorisággal kell nagyobb kiterjedésű területet megfigyelni (pl. árvíz, belvíz, erdő- és tarlótüzek).

Fly With Us

A csapat elindította a Fly With Us kampányát, melynek célja, hogy egyetemi és kisebb kutatócsapatoknak biztosítsanak repülési lehetőségeket a sztratoszférába. Az UPRA platform jelenleg használt verziójával nagy biztonsággal lehet két kilogrammot meg nem haladó passzív mérőeszközöket a közeli űrbe szállítani. A csapat jelenleg elsősorban olyan kísérleteket vár, melyek önállóan képesek üzemelni földi beavatkozás nélkül, vagy saját rádiós kapcsolattal rendelkeznek. A platform jelenlegi fejlesztései azt a célt szolgálják, hogy a későbbiekben a külsős mérőeszközöket a vezérlőegységen keresztül lehessen vezérelni, így akár repülés során parancsot küldeni vagy mérési adatot fogadni a hasznos tehertől.

A Fly With Us kampány magába foglalja a mérőeszköz tesztelését, a repülési terv elkészítését, a repülés lebonyolítását, üzemeltetést, valamint a visszatérő eszköz begyűjtését is. Lehetőség van mérési sorozat elvégzésére is. A jelenlegi platform két hetes visszatérési idővel rendelkezik, ami azt jelenti, hogy a landolást követően a csapat két hét alatt felkészíti a rendszert a felbocsátásra, karbantartással és teszteléssel együtt.

További információt az UPRA honlapján (<http://upra.hu>), illetve Facebook-oldalán (<https://www.facebook.com/UPRA.space>) találhatnak az érdeklődők.



Budapest és a Balaton, naplemente idején



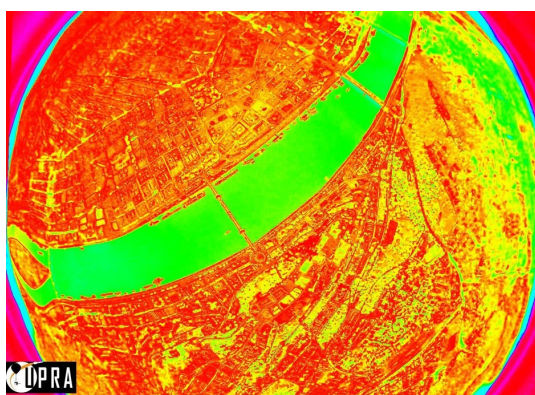
A Fly With Us kampány keretében a csapat egy sajtos tejfölös lángost is feljuttatott a sztratoszférába



Keresőcsapat a ballon sikeres begyűjtése után



A saját fejlesztésű kamerával készült NRG hamis színezésű kép a Duna egy budapesti szakaszáról



A saját fejlesztésű kamerával készült NDVI kompozit kép a Duna egy budapesti szakaszáról

Emléktábla az Űrfánál

Schuminszky Nándor

2019. április 23-án egy különleges emléktáblát avattak Kistarcsán, az Űrfánál. A Magyar Asztronautikai Társaság és Kistarcsa Önkormányzata az éppen egy évvel azelőtt elhunyt Magyarai Béla emléke előtt tisztelegtek.

Mi fán terem az Űrfa?

2017. május 13-án Kistarcsa központjában, a Simándy-szobor közelében elültettek egy juharfát. Mitől lesz egy közönséges juharfa különleges, netán Űrfa? Attól, hogy az ültetéskor a fa gyökerére került egy csipetnyi abból a földből, amely Charles Simonyi jóvoltából fenn volt a világűrben, a Nemzetközi Űrállomáson. Ráadásul abból a talajból is került oda egy kevésnyi, amely a floridai Cape Canaveral 39A startkomplexumának közeléből származik, onnan, ahonnan először indultak emberek a Holdra.



1. ábra: Az Űrfa „születésnapja”. (Kép: Sumispace)

A magyar származású Charles Simonyi, aki rendkívüli képességei eredményeként vált világhírűvé, mint szoftverfejlesztő mérnök, két alkalommal is járt fizető űrutasként a Nemzetközi Űrállomáson. A csipetnyi magyar földdel űrutazásának 10. évfordulója alkalmából ültették el a juhart, és helyezték el az eseményt megőrző emléktáblát.

Három hét múlva, június 3-án avatta fel az Űrfát Charles Simonyi, seattle-i házának kertjéből származó földdel. Ezt a szokást szeretnék Kistarcsán meghonosítani. Az ide látogatók hozzanak magukkal egy kevéske földet házuk mellől, hazájukból, kertjükből vagy kedvenc tartózkodási helyükről, és szórják a fa alá. Az eseményről készített fényképet pedig az Önkormányzat honlapján található címre, egy szelfi-albumba küldjék be.



2. ábra: Az Űrfa avatása Charles Simonyi seattle-i otthonából hozott földdel történt meg. (Kép: Sumispace)

Ma már olyan neves és ismert helyekről is hoztak földet, mint például a Kitty Hawk, ahonnan a Wright-testvérek először emelkedtek fel repülőgépükkel, vagy az arizonai nagy meteorkráter, de a Grand Canyon is képviselve van az Űrfa alatt.

A különleges emléktábla

Magyar Béla – egykori MANT elnökünk – halála után a Kiskun Csillagászati Kör vezetője, Morvai József ajánlotta fel, hogy hoz egy maréknyi földet a kiskunfélegyházi repülőtérrel, ahonnan Béla először szállt fel repülőgéppel. A hely duplán fontos lett, hiszen halála után hamvait is e repülőtér felett szórták szét. Gyakorlatilag véget is érhetett volna a történet a föld kiszórásával az Űrfa alá, de a nagykönyvben másként lett megírva.

Egy olyan emléktábla kivitelezésén gondolkoztam, amely az Űrfához kötve örökíti meg Béla barátom emlékét. A kialakult elképzelésemet megerősítette az a cseppet sem elhanyagolható tény, hogy a Magyar Asztronautikai Társaság és a kistarcsai Önkormányzat támogatóként jelentkeztek.

Az egyedi méretei révén különleges, 49 x 49 cm-es emléktábla 64 x 23 x 8 cm-es oszlopon nyugszik. Ebben még semmi különlegesség sincs, a számok jelentésében viszont igen. A 49 cm jelenti Magyarai Béla születési évét, a 64 cm (8 x 8) és a 8 cm pedig a hónapot és a napot (augusztus 8.). A 23-as szám április 23-ára utal, ami halálának napja volt.



3. ábra: Már készen áll az avatásra a felállított emléktábla
(Kép: Sumispace)

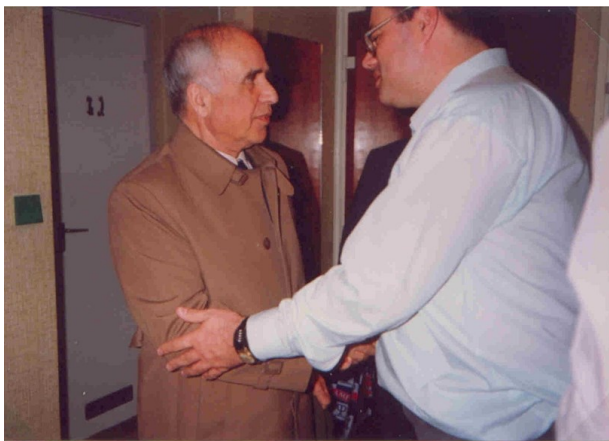
Annak idején, amikor különféle pályázatokon együtt indulunk, mindig április 23-át adtuk meg jeligének. Az egyik alkalommal, amikor II. díjat nyertünk, az eredményhirdetés utáni „fehér asztalos” beszélgetésen a zsűri elnöke megkérdezte Bélát, hogy miért nem mondta el neki, hogy ki van a jelige mögött? Hiszen első díjat érdemeltetek volna... – Pontosan ezért nem – válaszolta Béla, és valóban, mindig saját erejéből igyekezett boldogulni.

Az emléktábla avatása

Tehát ezen a bizonyos április 23-ai napon került sor a tiszteletére emelt emléktábla felavatására. Az időjárás nem kedvezett az eseménynek; nagyjából ugyanolyan rossz idő volt, mint az Űrfa ültetésekor. Eljött Azerbajdzsán budapesti nagykövete, Vilajet Gulijev, a kultúráért és turizmusért felelős miniszter első helyettesének, Vagif Alijevnek a kíséretében. Erre a következő sorok adnak magyarázatot. 2020-ban Magyarország rendezi meg

az Űrhajósok Nemzetközi Szövetségének soron következő találkozóját, az első magyar űrhajós útjának 40. évfordulója alkalmából. 2022-ben Azerbajdzsán rendezte a Nemzetközi Asztronautikai Kongresszust, és támogatásért, tanácsokért fordultak hozzánk. Együttal kifejezték azt az óhajukat, hogy szívesen bemutatják nemzeti hőüket, Kerim Kerimovot, akit feltehetőleg hazánkban nem nagyon ismernek. Leesett az álluk, amikor a MANT főtitkára, Hirn Attila eléjük tárta a néhány képből álló bemutatót, amelyből kiderült: nem csak hogy van, aki ismeri őt, hanem találkozott is vele.

De ki volt Kerim Kerimov altábornagy? A Szovjet Állami Bizottság vezetője, akinek a szovjet űrhajósok jelentettek a startjuk előtt. Természetesen Kerimov – egyfajta „szürke eminenciás-ként” – sohasem szerepelhetett a nyilvánosság előtt. A kamerák is legfeljebb hátulról mutathatták, a nevét is kevesen ismerhették. A Szovjetunió felbomlása után – azeri születésű lévén – nemzeti hős lett. 2003-ban bekövetkezett halála után emlékbélyeget is kibocsátottak.



4. ábra: Kézfogás Kerimov altábornaggal 1992-ben, Budapesten.
(Kép: Sumispace)

Az azeri vendégek jelenlétében Solymosi Sándor, Kistarcsa polgármestere nyitotta meg a ceremóniát, majd Ferencz Orsolya űrkutatásért felelős miniszteri biztos lépett a mikrofonhoz. Meleg szavakkal méltatta Magyarai Bélát emberi tulajdonságaiért. Külön kiemelte mérnöki munkáját, a kollégákhoz való szolidaritását. Hirn Attila mint a MANT egykori elnökére tekintett vissza rövid beszédében. Én páratlan barátként emlékeztem rá, kijelentve: a születésnapjaim a jövőben már sohasem lesznek olyanok, mint amilyenek az ő életében voltak.

A beszédek után került sor – a meghívókban jelzett lehetőségként – a hozott jelképes földek kiszórására az Űrfa alá. A kiskunfélegyházi repülőtérrel szembe fordított földet Magyariné Nagy Edittel és Béla jelenlévő két kisebbik gyermekével, Gáborral és Dórával hintettük ki, majd az azeri nagykövet és további – földet hozó – vendégek következtek.



5. ábra: Vilajet Gulijev nagykövet, a szerző, Magyariné Nagy Edit, Magyar Gábor és Magyar Dóra az emlékföld kiszórása előtt. (Kép: Simonyi Tamás)

A sajtótájékoztatóra – a hűvös, esős idő ellenére – az Űrfa előtt került sor, ahol a felkértek válaszoltak a nekik feltett kérdésekre. Az emléktábla avatása állófogadással ért véget.

2019. augusztus 8-án – Magyar Béla születésének 70. évfordulóján – emléktáblát avattak tiszteletére a Fiumei úti temető katonai parcellájában. A MANT-ot Hirn Attila főtitkáron kívül több tag is képviselte.



6. ábra: Katonai tiszteletadás a Fiumei úti temetőben. (Kép: Sumispace)

A Magyar Asztronautikai Társaság 2019. évi tevékenysége – beszámoló

H-SPACE, ötödször

Február utolsó két napján nemzetközi űrkonferenciát rendeztek a Műegyetemen. A kiemelt téma a víz és környezetünk volt. Az eddig évente megrendezett H-SPACE sorozat 2015-ben kezdődött, a 2019-es konferencia tehát már az ötödik volt. Idén egy rendhagyó „műsorszámmal”, egy szélesebb közönségnek is szánt magyar nyelvű pódiumbeszélgetéssel kezdődött a konferencia a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) központi (K) épületének dísztermében, február 27-én 14 órakor. (Bár a 15 órakor induló szakmai program előadásai angol nyelven folytak és a bemutatott posztterek is angolul készültek, a résztvevők többsége magyar volt.)

A pódiumbeszélgetés egyik apropója az első holdraszállás 50. évfordulója volt. Almár Iván, a konferencia társszervezőjeként is szereplő Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) örökös tiszteletbeli elnöke egy rövid filmrészletet bemutatva emlékezett vissza a korabeli televíziós közvetítésre, aminek során maga is a stúdióban követte az eseményeket. Szóba került, hogy miért maradt abba az Apollo-program és hogy miért nem lépett hosszú ideje a Holdra ember – s hogy épp mostanában élénkül meg újra az égitest űrszondákkal való kutatása. Meglehet, hogy az emberiség a Holdat használja majd fel egyfajta „ugródeszkának” a Mars meghódításához. Erről a témáról Sik András, a MANT alelnöke beszélt, bevallottan kifejezetten optimista hangvételben – a teremben helyet foglaló hallgatóság egy részének látható lelkesedését kiváltva. A beszélgetést moderáló Both Előd, a MANT elnöke – szerepének megfelelően – igyekezett finoman felvenni az „ördög védőügyvédje” szerepét, hogy minél több nézőpontból is bemutathassák a holdi és marsi űrrepülések terveit és az esetleges buktatókat – már amennyire a rendelkezésre álló egy óra erre lehetőséget adott.

Rövid szünetet követően, 15 óra után kezdődött a H-SPACE 2019 hivatalos programja. Először a megnyitókkal, amelyeket Ferencz Orsolya, az űrkutatásért felelős miniszteri biztos, Both Előd, valamint Kovács Kálmán, a BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar Egyesült Innovációs és Tudásközpontja igazgatója tartott. A délutáni szekcióban változatos témákban hangzot-

tak el szakmai előadások, a hidrológiától kezdve az űrcsillagászatban és az Európai Űrügynökség (ESA) Holddal kapcsolatos tervein át az űrtávközlésig. Itt kaptak 1-1 percet a poszterek készítői is, hogy felhívják a hallgatóság figyelmét a kiállított munkájukra. Az előadások és poszterek rövid tartalmi kivonatait a MANT egy kiadványban is megjelentette.



A konferencia második napjára, február 28-ára két szekció maradt, immár a BME I épületében. Először tudományos és technikai előadásokat hallgathattak a résztvevők. Egyebek mellett szó volt a űrben használt magyar sugárdózismérő műszerekről, a Sentinel-1 radaros műholdak adatainak hazai alkalmazásairól és ballonkísérletekről. A záró szekció az oktatásé és ismeretterjesztése volt, ugyancsak gazdag témakínálattal, az űrtáborról és más diákoknak szóló programoktól kezdve a Mars-rengések vizsgálatába való bekapcsolódás lehetőségéig.

(Űrvilág)

Űrkutatási hétvége Kárpátalján

A Nagyberegi Református Líceum meghívására a MANT évek óta rendszeresen tesz ismeretterjesztő utazásokat a témában azzal a céllal, hogy az űrtevékenység legújabb eredményeit bemutassa a kárpátaljai fiatalok számára. 2019. április 5–6. között Milánkovich Dorottya főtítkárhelyettes, Bacsárdi László alelnök és Sik András alelnök Kovács András igazgató meghívására érkeztek a Tóth András földrajz szakos tanár és Megyesi Tímea kémiai szakos tanárnő által szervezett űrkutatási hétvégére a líceumba.

A látogatás során a 1993-ban alapított bentlakásos iskola 119 diákja számára engedtek bepillantást az űrkutatás mindennapi alkalmazásaiba, illetve különböző szakmai tevékenységekbe. Bacsárdi László a holdraszállás 50. évfordulója mellett azokkal az eredményekkel



foglalkozott, amelyek az űrkutatás és az űrtevékenység egyfajta melléktermékeként megjelentek a mindennapokban. Sik András a Mars-kutatás legújabb eredményeiről beszélt, többek között ismertette az emberes expedíciók jövőbeni menetrendjét és kockázatait. Milánkovich Dorottya pedig a kisműholdak tervezésének lépéseit és a magyarországi CubeSat küldetéseket mutatta be előadásában.

A lelkes hallgatóság tagjai a liceum elvégzése után remélhetőleg minél nagyobb arányban választanak majd műszaki-természettudományos pályát. Továbbá a liceum két diákja a MANT és a Liceum támogatásával térítésmentesen vehet majd részt a MANT 2019-es nyári űrtáborában Sátoraljaújhelyen.

(Ürvilág)

Az Apollo-11 holdraszállásának 50. évfordulója – diákpályázatunk eredménye

2019. április 12-én, az űrhajózás napján 10 órakor kezdődött az a rendezvényünk Budapesten, a XV. kerületi Asia Center bevásárlóközpont egyik különtermében, amelynek keretében ünnepélyesen kihirdettük idei diákpályázatunk eredményeit, és a szép számban megjelent díjazottnak és felkészítőiknek átadtuk a jutalmakat.

A megnyitót követően először egy film (*The Eagle has Landed – A Sas leszállt*) vetítésével idéztük fel a fél évszázaddal korábbi történelmi eseményeket. 2019. július 21-én volt ugyanis 50 éve, hogy az Apollo-11 űrhajósainak személyében az emberiség első követői egy másik égitestre, a Holdra léptek. Az idei diákpályázat témája is az évfordulóhoz kapcsolódott. A diákok két

korcsoportban, egyéniben és csapatokkal is indulhattak a versenyen, és egy sor különböző műfajban (esszéírás, rajz, bemutató, videó, számítógépes program, kísérlet, weboldal vagy blog készítése) adhattak számot fantáziájukról és tudásukról.



A megjelent érdeklődők a film után Both Előd előadását hallgathatták meg a Holdon járt űrjárművekről. Majd Schuminszky Nándor mutatta be a gazdag űrgyűjteményéből a helyszínen kiállított, az Apollo holdprogrammal kapcsolatos darabokat, például rakéta- és űrhajómodelleket, a kül-

detések jelvényeit. Miután mindenki megtekintette a kis kiállítást és választ kapott kérdéseire is, a díjak átadása következett. A nyertesek és különdíjasok Both Elődtől, a MANT elnökétől és Hirn Attilától, a MANT főtitkárától vehették át jutalmaikat.

A nyerteseknek, és minden lelkes pályázónknak is gratulálunk az elvégzett munkájukhoz!

11–14 éves egyéni kategória

I. díj: Magyar Levéd (Érdi Batthyány Sportiskolai Általános Iskola, Érd)

I. díj: Séllyey Péter (Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnázium, Budapest, felkészítő: Komáromi Annamária)

II. díj: Bogár-Szabó Mihály (Bányai Júlia Gimnázium, Kecskemét, felkészítő: Bogár-Szabó Ádám)

II. díj: Böhm Kristóf (Apor Vilmos Római Katolikus Óvoda, Általános Iskola, Alapfokú Művészeti Iskola, Gimnázium és Kollégium, Győr, felkészítő: Ábrahám Csaba)

III. díj: Kuti Péter (Áldás Utcai Általános Iskola, Budapest, felkészítő: Kuti Zoltán)

III. díj: Sipos Áron (Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnázium, Budapest, felkészítő: Komáromi Annamária)

Küldndíj: Lajos Bertalan (Gyulai Implom József Általános Iskola, Gyula, felkészítő: Ökrös Márta)

Küldndíj: Sipos Márton (Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnázium, Budapest, felkészítő: Komáromi Annamária)

Küldndíj: Bakos Réka (Kókai Imre Általános Iskola, Temerin, felkészítő: Ivankovity Mirjana)

11–14 éves csapat kategória

- I. díj: Tölle Máté, Péjő Zsolt (Gyömrői II. Rákóczi Ferenc Általános Iskola, Gyömrő, felkészítő: Szabóné Szócs Erika)
II. díj: Hofer Emília, Jahoda Orsolya (Veres Pálné Gimnázium, Budapest, felkészítő: Dégen Csaba)
III. díj: Szabó Benedek, Kovács Marcell (Kodolányi János Gimnázium és Szakgimnázium, Székesfehérvár, felkészítő: Gubáné Ármay Erika)

15–18 éves egyéni kategória

- I. díj: Szabó Bence (felkészítő: Szabó Erika)
II. díj: Papp Marcell (Miskolci Herman Ottó Gimnázium, Miskolc, felkészítő: Fehérvári Dávid)
II. díj: Erdős Mátyás (Leövey Klára Gimnázium, Budapest, felkészítő: Kiss Ildikó)
III. díj: Piri Kornélia (Bajai III. Béla Gimnázium, Baja, felkészítő: Lőrincz Attila)

15–18 éves csapat kategória

- I. díj: Takács István, Marton Izabella, Őri Balázs, Nagy Soma Bence (Berzsenyi Dániel Evangélikus Gimnázium és Széchenyi István Gimnázium, Sopron, felkészítő: Lang Ágota)
II. díj: Bogár-Szabó András, Somogyi Boglárka (Friedrich Schiller Gimnázium, Pilisvörösvár)
III. díj: Necseszán Boglárka, Necseszán Norbert Ferenc (Szent László Líceum, Nagyvárád, felkészítő: Necseszán Ferenc)

Soproni ablak a világra

A MANT és a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont (CSFK) Geodéziai és Geofizikai Intézet (GGI) közös szervezésében 2019. április 24–26. között Sopronban került sor a Magyar Űrkutatási Fórum 2019 konferenciára. A rendezvény helyszíne az MTA CSFK GGI épülete volt. A Magyar Űrkutatási Fórum a legrégebb hagyományokkal rendelkező hazai űrkutatási szakmai-tudományos rendezvény. A két évente rendezett konferenciák sorozatának története egészen 1972-ig nyúlik vissza. Széles körű bemutatkozási és kapcsolatteremtési lehetőséget teremt a magyar űrkutatás és az űr-ipar szereplői, egyetemi hallgatók, doktoranduszok számára. Fórumot biztosít az űrkutatáshoz, űrtevékenységhez kapcsolódó tudományterületeken, műszaki fejlesztésekben elért friss hazai



eredmények bemutatására, megvitatására. Elősegíti a véleménycserét, a meglevő szakmai kapcsolatok erősítését, új együttműködések kialakítását a hazai űrkutató közösségen belül.

Magyarország 2015 óta az ESA teljes jogú tagja, szóba kerültek ennek tapasztalatai és első eredményei. Felismerve, hogy az űrtevékenység a magyar

gazdasági fejlődés szempontjából kiemelt jelentőséggel bíró ágazat, a Kormány 2019. márciusban úgy döntött, hogy további költségvetési forrásokat biztosít a hazai űrtevékenység fejlesztésének előmozdítására. A rendezvényt Ferencz Orsolya űrkutatásért felelős miniszteri biztos, Kiss László akadémikus, az MTA CSFK főigazgatója és Bacsárdi László, a MANT alelnöke nyitotta meg. „Az emberiség mindennapi életében fokozott szerepe van és lesz az űrtevékenységnek. A Magyar Kormány a szektor megerősítése érdekében magasabb szintre helyezte a terület képviselőt és 2019-től megduplázta a korábban erre a célra fordított költségvetési forrásokat. Ez lehetőséget ad arra, hogy Magyarország jobb pozícióba kerüljön a nemzetközi űrtevékenységben” – emelte ki köszöntőjében Ferencz Orsolya. „A konferencia eredetileg egy vándorkonferencia volt, de 2015-ben a Geodéziai és Geofizikai Intézet lelkes szervezőbizottságának köszönhetően olyan jól sikerült az akkor Sopronban tartott rendezvény, hogy immáron harmadszor térünk vissza a hűség városába” – mondta megnyitójában Bacsárdi László, a szervezőbizottság társelnöke.

A Magyar Űrkutatási Fórum első napján a mintegy 80 résztvevő kerekasztal-beszélgetésen vitatta meg a készülő Nemzeti Űrstratégiával kapcsolatos kérdéseket. A három nap tudományos programjában közel 30 plenáris előadás és majdnem ugyanennyi poszter szerepelt, többek között az űrfizika, űridőjárás, napfizika, geofizika, légkörfizika, űrcsillagászat, planetológia, földmegfigyelés, távközlés, adatelemzés témáiban. A konferencián meghívott előadást tartott Kiss László akadémikus, az MTA CSFK főigazgatója és Wesztergom Viktor, az MTA CSFK GGI igazgatója.

Űrtáborosaink – interjúkötet

A MANT a hazai űrtevékenység szakmai civil szervezete, első jogelődje 1956-ban alakult. Ahogyan az Űrtáborosaink című interjúkötet előszavában Almár Iván, a MANT örökös tiszteletbeli elnöke fogalmaz: „Az ifjúsági űrtáborok egyesületünk késői, de nagyon sikeres gyermekei. Bármilyen hihetetlen, sem az éppen idén 60 éve megalakult Központi Asztronautikai Szakosztály, sem utóda, az 1986-ban létrejött MANT egészen 1994-ig nem szervezett ifjúsági táborokat. Talán senki nem gondolt arra, hogy szükség lenne rá. Pedig az immár 25 éves sikertörténet bizonyítja a program életképességét.”

Az 1994 óta megrendezett magyarországi űrtáborok ötlete Abonyi Ivánné, a MANT akkori ügyvezető főtítkárhelyettese nevéhez köthető. A kezdetekben ő volt az, aki összefogta, szervezőként hasznossá, emlékezetessé tette az űrkutatás iránt érdeklődő fiatalok – általános és középiskolás diákok – számára a nyári táborokat. A kötet is az ő egyik régebbi írásának felidézésével indul, amelyben szó esik a kezdeti lépésekről, a máig élő hagyomány kialakulásáról, az első néhány év táborairól.

Utána 12 olyan interjú következik, amelyekben egykori űrtábori résztvevők, ma már fiatal szakemberek – mérnökök, informatikusok, fizikusok, csillagászok – mutatkoznak be. Legtöbbjük valamilyen tudományos vagy műszaki pályán – méghozzá az űrkutatáshoz kapcsolódó területeken – ért és ér el sikereket. Trupka Zoltán beszélgetőpartnerei – névsorba rendezve Bacsárdi László, Bodó Zsófia, Csengeri Tímea, Hirn Attila, Könyves Vera, Markovits-Somogyi Rita, Milánkovich Dorottya, Pintér András, Várhegyi Zsolt, Vincze Miklós, Vizi J. Csenge és Werner Norbert – kivétel nélkül örömmel vállalkoztak az interjúra és visszaidéztek, mennyire fontosnak tartják diákkoruk űrtáborait – nem csak az ott megszerzett tudást, de az arra az időszakra visszanyúló baráti és szakmai kapcsolatokat is.

1994 óta ezres nagyságrendben vettek részt diákok a MANT űrtáboráiban, így a beszélgetőtársak kiválasztása során sem törekedhettek a teljességre. A régebbi űrtáborozók közül vannak, akik nehezebben elérhetők, külföldön dolgoznak, nem maradtak meg a MANT „látókörében”. Egy részük azonban mára az egyesület legaktívabb tagjainak, választott tisztségviselőinek utánpótlását adja.

Az interjúkat követően Bacsárdi László és Milánkovich Dorottya írásában az eddigi helyszínekről, az űrtáborok jelentőségéről és tanulságairól, a programoknak az elmúlt években kiala-

kult felépítéséről olvashatunk. Végül a legújabb, 2010 és 2018 közötti táborok résztvevőinek listája is szerepel a könyvben, időrendben visszafelé haladva. Közülük kerülhetnek ki majd azok, akik az interjúkötet reménybeli folytatásaiban, öt, tíz vagy tizenöt év múlva megszólalhatnak!

Az Űrtáborosaink című interjúkötet érdekes, már-már lebilincselő olvasmány, és nem csak azok számára, akik valaha maguk is részt vettek ebben a kalandban, akár diákként, előadóként, vagy táborvezetőként. Lelkesítő lehet olyanoknak is, akik bármilyen formában fiatalokkal, oktatással és ismeretterjesztéssel foglalkoznak. Az űrtáborok története azt üzeni ugyanis, hogy érdemes ilyen erőfeszítéseket tenni, még akkor is, ha a munka közvetlenül és rövid távon nem mindig tűnik „kifizetődőnek”. Végezetül jó szívvel ajánljuk a könyvet a mostani űrtáboros korosztályba tartozó diákoknak – és persze szüleiknek és tanáraiknak is. Talán még inkább megjön a mai 13–18 évesek kedve ahhoz, hogy maguk is űrtáborozóvá, a hagyományok továbbvivőivé váljanak.

A Trupka Zoltán által készített és szerkesztett, 76 oldalas interjúkötet a MANT gondozásában, a Külgazdasági és Külügyminisztérium támogatásával jelent meg. Az érdeklődők számára a könyv 1500 Ft-os áron beszerezhető a MANT-nál, az erre vonatkozó kéréseket az iroda@mant.hu címre küldjék.

(Frey Sándor, Űrvilág)

Űrtábor 2019, Sátoraljaújhely

A MANT 26. nyári Űrtáborát 2019. július 7–13. között tartottuk Sátoraljaújhelyen. Az Űrtábor történetében 2011 után másodjára látogatott Sátoraljaújhelyre, a táborozókat a Magyar-Szlovák Két Tanítási Nyelvű Nemzetiségi Általános Iskola és Kollégium látta vendégül. A táborban összesen 33 diák (22 fiú, 11 lány) vett részt, többen határainkon túlról (Kárpátalja, Erdély) érkeztek.

A résztvevők idén hallhattak például arról, hogyan lehet kisműholdat tervezni, megismerkedhettek a Hold és a Nap kutatásával, a Föld nehézségi erőterének mérésével. Szó volt az űrhajósok sugárvédelmétől kezdve a műholdas kvantumkommunikációig még egy sor érdekes és aktuális űrtémáról. A táboron átívelő projektfeladat egy, a Naprendszer felderítő űrhajóhoz kapcsolódott. A diákokat 6 csapatba osztottuk. A hét egyik fontos eseménye a keddi sztratoszféraballon-felbocsátás volt (lásd külön

beszámolónkat). A tábor támogatója a C3S Kft., a SpaceApps és az Űrvilág űrkutatási hírportál. Az űrtábori mentorprogram keretében három táborozó diáknak magánszemély mentorok vállalták át a részvételi díját, egy diáknak pedig egy cég.

A szakmai előadásokon túl a táborlakók kirándulásokon és egyéb programokon is részt vettek. Volt városnézés Sátoraljaújhelyen, strandolás a városi uszodában, kirándulás a városi kalandparkba és a közeli Sárospatakra, vízirakéta-készítés és -indítás. Nem maradhatott el a megszokott játékos vetélkedő sem. A hétfői nap délutánján előadást tartottunk a nagyközönség számára is, ennek a helyszíne szintén az iskola volt.

A tábori résztvevőket fogadta Sátoraljaújhely alpolgármestere, Dankó Dénes. A helyszínen forgatott a Zemplén TV, a Hír7 című műsor július 9-én foglalkozott az Űrtáborral.

*(Bacsárdi László táborvezető,
Milánkovich Dorottya táborvezető-helyettes)*

Űrtáborból a sztratoszféráig

A 2019-es sátoraljaújhelyi Űrtáborba meghívást kapott a BME Simonyi Károly Szakkollégiumában tevékenykedő UPRA (Universal Platform for Robotics and Aerospace) csapat is. A fiatal mérnökökből és egyetemistákból álló társaság egy könnyen konfigurálható, nagy megbízhatóságú magaslégköri ballon platform kifejlesztésén dolgozik, melynek segítségével kutatócsoportok kisebb mérőeszközöket vagy kísérleteket juttathatnak el a sztratoszférába.

Az UPRA csapat képviselőiben Góczán Bence és Bodó Zsófia július 8-án (hétfőn) este egy hosszabb előadás keretében mutatta be a táborozó fiataloknak a magaslégköri ballonozást, hogy mivel foglalkozik a csapatuk, valamint azt, hogyan áll össze egy űrközei – vagy éppen űrös – küldetés az ötlettől a megvalósításig. A lelkes táborozók ezután beszélgethettek az előadókkal, akiket a prezentáció közben sem kíméltek kérdéseikkel. Az előadás és az elmélet mellett az UPRA a gyakorlatban is bemutatta, mire képes a platformjuk és az összeszokott csapat. Az Űrtábor keddi napján a táborozók testközelből láthatták egy magaslégköri ballon felbocsátását és az azt megelőző előkészületeket, megtapasztalva ezáltal a felbocsátás vezetésének, illetve a földi állomás kezelésének munkáját az UPRA csapat öt tagjának segítségével. A Sátoraljaújhely főteréről indított ballon hasznos teherként magával vitte a város zászlaját, egy-egy emlékkártyát a tá-

borozóknak, valamint a táborozók személyes üzeneteit, ezzel is felejthetetlen élménnyé téve a fiatalok Űrtáborban eltöltött napjait. Ezek a személyes üzenetek a hétfői előadást követő workshopon készültek el és a repülés reggelén egy külön kapszulában kaptak helyet a ballonrendszeren.



Habár a helyszín rejtetett néhány mérnöki kihívást, maga a repülés sikeresen lezajlott. A ballon a tervezett pályának megfelelően haladt, a csapat új fejlesztésű eszköze segítségével előre beállította a maximális emelkedési magasságot. A fedélzeten elhelyezett kamera látványos képeket készített a környékről és magáról Sátorjaújhely városáról is.

A keresőcsapat néhány órás üldözés után épségben és hiánytalanul begyűjtötte a visszatérő eszközt. A táborba történő megérkezés után az UPRA csapata egy esti előadás keretében összefoglalta a repülésen történeteket a táborozóknak, majd a fiatalok előtt a táborvezetők segítségével felnyitották a hasznos terhet szállító kapszulákat. A hasznos teher, a zászló, emléklapok és személyes üzenetek sikeresen átvészelték a sztratoszférába ejtett kiruccanást, kiosztották azokat a táborozók között.

Az űrtáboros ballonrepülés az UPRA csapat Fly With Us programjában történt, melynek célja a külsős csapatok által készített hasznos terhek sztratoszférába juttatása. Az Űrtáborban való részvétellel az UPRA csapat folytatta azt a célkitűzését is, mellyel 18 év alatti fiatalok körében népszerűsíti a STEM (tudomány, technika, mérnökség, matematika) területeket. A ballonengedés és a fedélzetre került személyes üzenetek hasznos tapasztalatot és felejthetetlen, meghatározó élményt jelentettek a táborozók számára, ami megalapozhatja a jövőben – akár ürrel kapcsolatos – karrierjüket is.

(Bodó Zsófia, Űrvilág)

Űrakadémia fesztivál 2019

2019 augusztusának elején rendeztük meg ötödik alkalommal a 18–35 év közötti fiataloknak szóló Űrakadémiát. A MANT és a Space Generation Advisory Council (SGAC) által közösen szervezett rendezvényen idén a földmegfigyelés kérdésköre került terítékre, azon belül is a globális klímaváltozás magyarországi, lokális hatásai. Húsz űrtevékenységért lelkesedő fiatal tucatnyi előadást hallgathatott meg a témakörben és vehetett részt egy infografika megalkotásában, amely felvázolja a hazánkat érintő legfontosabb kérdéseket.



A földmegfigyelés módszertanának és hasznosítási területeinek feltérképezését az első napon a Lechner Tudásközpont munkatársainak – Birinyi Edina, Freidl Zoltán, Magyar Bálint és Lehoczki Róbert – előadásai segítették. Ezekből a Google földmegfigyelési törekvéseitől a mezőgazdaságban való felhasználási lehetőségein át a műholdradar-interferometriai technikákig rengeteg témáról volt szó. A hétköznapiakban is megjelenő további alkalmazásokról mesélt Szabó György, a BME okleveles építőmérnöke és térinformatikával foglalkozó kutatója. Kern Anikó, az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Űrkutató csoportjának tudományos munkatársa a meteorológiai vizsgálatokról adott részletes beszámolót, majd Hargitai Péter, a Geodat Kft. munkatársa megvilágított néhány, a földmegfigyelés velejárójaként felmerülő big data kérdést és potenciális megoldásukat. Bakó Gábor, az Interspect Kft. társügyvezetője fontos természetvédelmi jelenségekre hívta fel a figyelmet, amelyeket madártávlatból lehet legjobban vizsgálni. Farkas Péter, a Geo-Sentinel Kft. ügyvezetője és Molnár Dániel, a Szent István Egyetem Mezőgaz-

daság- és Környezettudományi Kar munkatársa avatta be a Sentinel műholdak műhelytitkaiba a jelenlévőket, valamint Gschwindt Andrással, a BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszékének docensével beszélgethettek a résztvevők a SMOG-1 műhold utolsó fázisainak kalandjairól.

A rendezvényen idén először külföldi vendégeket is fogadhattunk a Dán Egyetemista Rakéta Egyesület négy tagja személyében, akik közül Rasmus Arnt Pedersen tartott lelkesítő előadást kezdeményezésük részleteiről és első sikereikről. A szervezet célja olyan kisméretű rakéták fejlesztése, amelyekkel alacsony Föld körüli pályára küldhetnének fel kisműholdakat költséghatékonyan (akár földmegfigyelési céllal).

A földmegfigyelés hazai és nemzetközi helyzetébe való körültekintő betekintés után a résztvevők a felszín és az éghajlat műholdas megfigyelését tudományos és mérnöki oldaláról közéletítették meg. Az igen intenzív szakmai diszkussziók során számos tényrt tártak fel környezetünk már most is zajló változásairól, különös tekintettel országunk vízkészleteivel kapcsolatban. Ezeket az alább látható infografikán összegezték, amelyet később az Űrkutatás Napján (2019. október 17-én, az MTA székházában) poszter formájában mutattak be.

Az ötnapos rendezvény során meghallgatott számos előadás és az infografikát előkészítő munka mellett izgalmas fakultatív programok is színesítették az idei Űrakadémiát. Az elmaradhatatlan csillagászati és űrtevékenységgel kapcsolatos kvízzjáték mellett a szerencsés időjárásnak köszönhetően távcsöves bemutatóra, lézeres csillagképtúrára és a Nemzetközi Űrállomással készített csoportképre is volt lehetőség.

Az esti kötetlenebb program részeként a résztvevők egy rövid kommunikációs tréningen vehettek részt Zsiros László Róbert, a Szertár alapítója jóvoltából, aki már több tudománykommunikációs verseny felkészítő mentora is volt. Az idei év másik újítása az űrtémájú társasjátékok estje volt, amely minden résztvevő szerint hatalmas sikert aratott. Az effektív munkát és az aktív részvételt ösztönzendő, egy a teljes rendezvényen átívelő élő társasjátékon is megmérethették magukat a résztvevők, amelyen a pontokat például az előadásokon és műhelymunkán való aktív részvételért, a rendezvény közösségi médiában való megjelenítéséért és egyéb speciális feladatokért kaphattak. A fesztiválhangulatot tovább emelte az egészség jegyében megszervezett reggeli jóga óra, és az éjszakai pingpong-bajnokság. Mindemellett sok fronton környezettudatos rendezvény volt az idei Űrakadémia, a szelektív hulladékgyűjtés és a műanyag poharak he-

lyett használt, maradandó ajándékként is funkcionáló kerámia bögrék mind csökkenteni igyekeztek a rendezvény ökológiai lábnyomát.

Összességében ismét egy fantasztikus, pörgős és mindenképpen hasznos öt napot tölthettek el Gödöllőn az űrért rajongó fiatalok.

*(Ordasi András főszervező,
Strádi Andrea főszervező-helyettes, Űrvilág)*

Űrkutatás Napja – a Nemzetközi Űrállomás 20 éve

A MANT hagyományosan minden év októberében tartja az Űrkutatás Napja rendezvényét, a Nemzetközi Világűrűrhéthez kapcsolódva. Idén a dátum (október 17.) kicsit kifutott ugyan a Világűrűrhétből (október 4–10.), de ez sem tartotta vissza az érdeklődőket, akik szinte megtöltötték a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) székházának 2. emeleti Nagytermét. Idén a szokásos – a magyar űrtevékenység helyzetét és a MANT elmúlt évi tevékenységét bemutató – előadások mellett a fő téma a Nemzetközi Űrállomás (ISS) két évtizedes működése volt. Az ISS igazából kétszer is „ünnepelheti” 20. születésnapját: tavaly volt a 20. évfordulója, hogy első részegysége, az orosz Zarja modul Föld körüli pályára állt. Jövőre lesz viszont 20 éve, hogy egymást váltva, folyamatosan emberek lakják.

Az Űrkutatás Napja résztvevőit először Bokor József, az MTA alelnöke köszöntötte, majd Almár Iván, a MANT örökös tiszteletbeli elnöke szólt. Megemlékezett arról, hogy majdnem pontosan 60 éve, 1959 decemberében alakult meg az MTA javaslatára, több száz fős tagsággal az egykori Műszaki és Természet-tudományi Egyesületek Szövetsége (MTESZ) keretében a Központi Asztronautikai Szakosztály, amelynek a MANT a jogutódja. Az első előadást Hirn Attila MANT-főtitkár tartotta, felvillantva a legérdekesebbeket a magyar űrkutatók és űrbarátok civil szervezetének 2019. évi rendezvényeiből, eseményeiből, kiadványaiból. Szó esett a februári H-SPACE nemzetközi konferenciától kezdve a soproni Magyar Űrkutatási Fórumon át a MANT Űrtáborig és Űrakadémiáig mintegy tucatnyi rendezvényről. A MANT az Űrkutatás Napja alkalmával meghirdette hagyományos, általános és középiskolás diákoknak szóló pályázatát, amelynek most a Nap lesz a témája, a beadási határidő pedig 2020. február 2. Az is kiderült, hogy a jövő nyári MANT Űrtábor helyszíne Székesfehérvár, időpontja 2020. július 5–11. lesz.

Mint minden évben, most is az Űrkutatás Napja alkalmával adták át a MANT kitüntetéseit. A Magyar Asztronautikai Társaságért oklevelet Gödör Éva és Hinsenkamp Mária kapta, Nagy Ernő-díjban Schuminszky Nándor, Fonó Albert-díjban Frey Sándor részesült.



A szakmai előadások sorát Horváth András Ferenc kezdte, aki megkísérelte a lehetetlent, és részletesen bemutatta az ISS-t, annak felépítését, a két évtizedes történetből felvilágosítva számos érdekességet, rekordot. A kiterjedt nemzetközi tudományos vállalkozást a

21. század első nagy űrkutatási programjának nevezte. A második az Holdra való emberes visszatérés, az amerikai Artemis program lesz, a harmadik pedig talán a Mars-utazás. Az öt űrügynökség összefogásával 1998 és 2011 között megépült, jelenleg is működtetett ISS moduljaiban és külső részén több mint 100 ország 2500-at is meghaladó berendezése, kísérlete üzemel. Az előadás mintegy háttérül szolgált a szünet utáni második rész programjához, amelyben magyarországi cégek és kutatóintézetek munkatársai beszéltek arról, hogyan vettek részt az ISS munkájában.

Még a szünet előtt került sor Solymosi János (BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft.) előadására, amelyben bemutatta az ISS orosz szegmenséhez készült kommunikációs berendezéseiket. A 40 W-os S-sávú erősítő 2014 óta hibátlanul működik, az orosz Roszkoszmosz megrendelése nyomán a továbbfejlesztésén dolgoznak.

A szünet után az Űrkutatás Napját levezető Both Előd MANT-elnök újabb apró műsorváltozást jelentett be. Az eredetileg záróelőadásnak tervezett beszámolóját – más fontos elfoglaltsága miatt – ekkor tartotta meg Ferencz Orsolya, az űrtevékenységért felelős miniszteri biztos. Megbízását majdnem egy évvel ezelőtt kapta meg a külgazdasági és külügyminisztertől, és most összefoglalta az azóta történeteket. Kifelé talán még kevés látszik a megkezdett munka eredményeiből – fogalmazott Ferencz Orsolya –, de a háttérben nagyon sok változás történt. Átszervezték például az Európai Űrügynökséghez (ESA) küldött magyar dele-

gációt, 2019-re pedig 2,3 milliárd plusz költségvetési forrást sikerült szerezni a magyar űrtevékenységhez. Ez módot adott arra, hogy végre beléphessünk az ESA további – hazánk számára különösen fontosnak ítélt – önkéntes programjaiba. Ezek a távközlés fejlesztését, a kozmikus veszélyek programját (űridőjárás, űrszemét) és a műholdas távérzékelés alkalmazásait jelentik. Magasabb, kormányközi szerződéses szintre emeljük az Oroszországgal folyó űregyüttműködési projekteket, nemrég pedig megállapodás született Brazíliával a világűr békés célú hasznosításával kapcsolatban. Készülőben van a nemzeti űrstratégia, s hamarosan megjelenik a hazai űrszektor szereplőit bemutató kiadvány. A miniszteri biztos méltatta a MANT-tal való szoros együttműködést.

A magyar vonatkozású szakmai előadások előtt Schuminszky Nándor pár percben felidézte, hogy Charles Simonyi közreműködésével hogyan jutottak magyar zászlók és egy csipetnyi föld az űrállomás fedélzetére. Utána Strádi Andrea (Energia-tudományi Kutatóközpont) bemutatta a magyar készítésű dózismérő eszközökkel végzett kutatások szerteágazó történetét. Itt nem csak az először 2001-ben felkerült Pille műszerre kell gondolni, hanem egy sor más passzív (vagyis energiaellátást nem igénylő) és aktív doziméterre. Az emberes űrutazás egyik legnagyobb kihívása a sugárzások elleni védekezés. Az ISS-en egyetlen nap alatt akkora dózis érheti az embert, mint amekkora a Föld felszínén egy éven át. A témában nemzetközi elismerést vívott ki a még 1970-ben alakult kutatócsoport.

Hogyan alkalmazkodik az emberi agy és viselkedés az űrutazáskor fellépő extrém körülményekhez? Balázs László (Természettudományi Kutatóközpont) az űrhajósok agyműködésének vizsgálatát célzó Neurospat kísérlet történetéről, körülményeiről és eredményeiről számolt be, és kitért a jelenlegi folytatásra is, amelyben az ESA, a NASA és a DLR kutatóprogramjába bekapcsolódva, 2 hónapig a fej irányába döntött testhelyzetben fekvő tesztalanyokat vizsgálnak hasonló módszerekkel. Szalai Sándor (Wigner Fizikai Kutatóközpont) a már lezárult, orosz vezetésű Obsztanovka kísérlet részét képező magyar fejlesztésű plazma hullámmérő műszeregyüttesről tartott előadást. A napszél és a földi magnetoszféra kölcsönhatását kutató kísérlethez hosszú évek fejlesztőmunkája után 2013-ban kerültek fel az ISS-re a műszerek. A folytatás egyelőre a tervezés fázisában van. Anyagtudományi kísérlet ipari háttérrel – Somosvári Béla (Admatis Kft.) a FOCUS fémhabosítási kísérletet és eredményeit elevenítette fel. Maga a kísérleti eszköz három hengert tartalma-

zott, a bennük levő szuszpenziót gáz hozzáadásával habosították 2010-ben az űrállomáson. A hallgatóság bepillantást kaphatott egy ilyen űrkísérlet hátterébe is, a 2006-ban készült pályázati anyagtól kezdve a rendkívüli követelményeken és kiterjedt dokumentáción át a tesztek sorozatáig és végül a munkát elvégző űrhajósok kiképzéséig.

A 2019-es Űrkutatás Napja utolsó előadásában visszatértek az élettudományok. Bérces Attila (Simmelweis Egyetem, Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet) az EXPOSE-R kísérletben való magyar részvételről beszélt. Az ESA által szervezett kísérletsorozatnak ez volt a második fordulója, a vizsgálandó minták 2009 márciusában kerültek ki az orosz Zvezda modul külső részére – a remélt egy-másfél év helyett végül két évnyi besugárzást kapva. Az ezernél is több mintához a magyar kutatók – több mint egy évtizedes felkészülést követően – T7 bakteriofág és polikristályos uracil mintákkal járultak hozzá.

Both Előd rövid zárszavában a résztvevők figyelmébe ajánlotta a MANT változatos programjait – addig is, amíg újra találkozhatunk a 2020-as Űrkutatás Napján!

(Űrvilág)

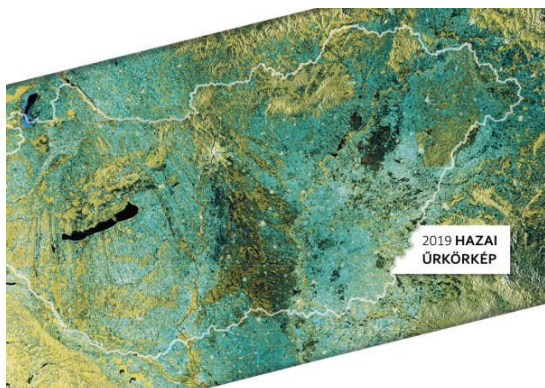
Hazai űrkörkép 2019

A MANT gondozásában, a Külgazdasági és Külügyminisztérium (KKM) Űrkutatásért és Űrtevékenységért Felelős Főosztályának támogatásával az év végén megjelent az Űrkörkép 2019 című kiadvány. Célja, hogy betekintést nyújtson a hazai űrszektor sokszínű tevékenységébe, bemutatva azokat a kis- és középvállalkozásokat, kutatóhelyeket és egyetemi műhelyeket, melyek űrkutatással és űrtevékenységgel foglalkoznak Magyarországon.

„A világűr békés célú felhasználása ma már globális érdek” – kezdi a kötethez írt köszöntőjét Sziijártó Péter külgazdasági és külügyminiszter. „Számptalan kérdésre, problémára és jelenségre kaphatunk választ az űr kutatásával szerzett tapasztalatok és eredmények által. Az űripar a világgazdaság legdinamikusabban fejlődő ága, hiszen a legnagyobb válságok idején is 6–8%-os növekedést könyvelhetett el. A magyar egyetemek, intézmények és vállalatok világszínvonalú kapacitást, szaktudást és technológiát halmoztak fel ezen a területen. Számos nemzetközi űripari tevékenységben, együttműködésben és kutatási projektben találhatunk jelentős mértékű magyar szellemi és technológiai hozzáadott értéket.”

„Olyan, világgazdasági szempontból kiemelt jelentőségű, összetett rendszerek és a földi élet számára fontos mérések és megfigyelések függnék az űrszektorról, mint a globális telekommunikáció, az internet, a földmegfigyelési adatokra alapozott termésbecslés, a meteorológiai szolgáltatások, vagy a műholdas navigáció” – olvashatjuk Ferencz Orsolya miniszteri biztosi köszöntőjében. „A kiadvány bemutatja a magyar űrszektor legsikeresebb vállalkozásait, kutatóintézetait és nemzetközileg is elismert mérnökeit, akik évtizedek óta jelen vannak a világ élvonalában.”

Az összesen 52 oldalas, minden benne szereplő szervezetről egy-egy oldalt tartalmazó kiadványban levő adatok a 2018-as pénzügyi évre vonatkoznak. A rövid bemutatkozó szövegeket, képeket és elérhetőségi adatokat a szervezetek maguk szolgáltatták. Megjelölték a szervezetek legfontosabb kutatási területeit és technológiai kompetenciáit, utóbbiak esetében az ESA által alkalmazott besorolást követve. A könnyebb eligazodást és keresést piktogramok és áttekintő táblázatok segítik.



„A kiadvány készítése során nem törekedtünk a teljességre” – írja bevezetőjében a szerkesztőbizottságot vezető Bacsárdi László. „Nem azzal a céllal vágtunk bele, hogy minden hazai űrkutatással foglalkozó szervezetet részletesen bemutassunk, és az összes technológiai kompetenciáját kiemeljük – bár

bízunk abban, hogy a következő években megjelenő újabb kiadásokban bővülni fog a bemutatkozó hazai szervezetek száma.”

Ha valaki akár csak rá szeretne csodálkozni a hazai űrtevékenység sokszínűségére, vagy többet szeretne megtudni egy-egy intézményről, vállalkozásról vagy szakterületről, ajánljuk számára a Hazai űrkörkép 2019 kiadvány tanulmányozását. Elektronikus változatban, pdf formátumban mind a magyar, mind az angol nyelvű változat hozzáférhető a MANT honlapján.

Tartalomjegyzék

Előszó	3
Válogatás az űrkutatás 2019-es eseményeiből.....	4
A SMOG projekt – <i>Dudás Levente, Gschwindt András, Hödl Emil Viktor</i>	42
Magyar sugárdózismérések a Nemzetközi Űrállomás fedélzetén (2001–2019) – <i>Hirn Attila</i>	47
Fenntartható (?) űrtevékenység – <i>Szentpéteri László</i>	53
A 2010-es évek: az új bolygótipusok felfedezésének évtizede – <i>Futó Péter</i>	60
Magaslégköri ballonkísérletek a Műegyetemen – <i>Bodó Zsófia, Góczán Bence</i>	69
Emléktábla az Űrfánál – <i>Schuminszky Nándor</i>	74
A Magyar Asztronautikai Társaság 2019. évi tevékenysége – beszámolók	79
H-SPACE, ötödször	79
Űrkutatási hétvége Kárpátalján	80
Az Apollo–11 holdraszállásának 50. évfordulója – diákpályázatunk eredménye	81
Soproni ablak a világűrre	83
Űrtáborosaink – interjúkötet	85
Űrtábor 2019, Sátoraljaújhely	86
Űrtáborból a sztratoszféráig.....	87
Űrakadémia fesztivál 2019	89
Űrkutatás Napja – a Nemzetközi Űrállomás 20 éve	91
Hazai űrkörkép 2019	94



Poszterbemutató a H-SPACE 2019 konferencia első napjának kávészünetében, a Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) központi épületében, február 27-én. (Fotó: Trupka Zoltán)



A hazai űripár egyik legjelentősebb vállalkozása, a miskolci Admatis Kft. látta vendégül a MANT szakmai kirándulásának résztvevőit 2019. március 29-én. (Fotó: Trupka Zoltán)

A hátsó borítón: magaslégköri ballon felbocsátása a BME Simonyi Károly Szakkollégiuma UPRA csoportjának szervezésében, a MANT 2019. évi nyári Űrtáborának keretében Sátoraljajújhely főteréről, július 9-én. Az eseményről részletes beszámoló olvasható Évkönyvünkben. (Fotó: Both Előd)

