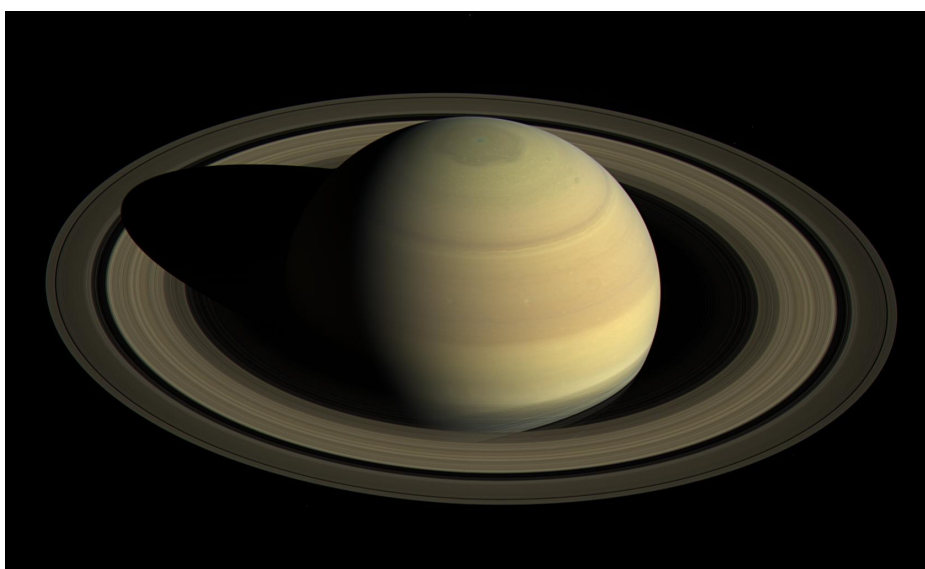


ŰRTAN ÉVKÖNYV 2017



Az Asztronautikai Tájékoztató 69. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



A Magyar Űrkutatási Fórum 2017 konferencia (2017. április 5–7.) résztvevőinek csoportképe a vendéglátó intézmény, a Magyar Tudományos Akadémia Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Geodéziai és Geofizikai Intézete bejáratánál, Sopronban. (Fotó: MTA CSFK GGI)



A Szputnyik–1 felbocsátásának, az űrkorszak kezdetének 60. évfordulóján (2017. október 4-én) rendezett Űrkutatás Napja közönsége a Magyar Tudományos Akadémia székházának nagytermében, Budapesten. (Fotó: Trupka Zoltán)

A címlapon a Szaturnuszt, annak hold- és gyűrűrendszerét 13 évig vizsgáló, küldetését 2017-ben befejező Cassini-űrszonda egyik mozaikképe látható a gyűrűs bolygóról. Ezek a felvételek a Szaturnusz északi féltekéjéről és a gyűrűkről 2016-ban készültek. A Cassini az amerikai NASA, az európai ESA és az Olasz Űrügynökség (ASI) közös programja volt. Fedélzeti tudományos műszerei közül kettőhöz magyar részvétel is kapcsolódott. (Kép: NASA / JPL-Caltech / Space Science Institute)

Űrtan Évkönyv 2017

Az Asztronautikai Tájékoztató 69. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság



Űrtan Évkönyv 2017

Az Asztronautikai Tájékoztató 69. száma

Szerkesztette: Dr. Frey Sándor

Készült
a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium támogatásával

Kiadja:
a Magyar Asztronautikai Társaság
1044 Budapest, Ipari park u. 10.

www.mant.hu

Budapest, 2018

Felelős kiadó: Dr. Bacsárdi László főtktár

Kézirat gyanánt

HU ISSN 1788-7771

Készült 300 példányban

Előszó

Az olvasó a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) Űrtan Évkönyvének legújabb, a 2017-es évről beszámoló kötetét tartja kezében. A kiadvány egyúttal egy hosszú sorozat, az Asztronautikai Tájékoztató 69. száma. Könyvünk megjelentetését ebben az évben is, mint az elmúlt jó néhány alkalommal, a Nemzeti Fejlesztési Minisztériumtól (NFM) kapott támogatás tette lehetővé, amiért ezúton is köszönetet mondunk. Ugyanúgy köszönet illeti a Nemzeti Együttműködési Alapot, amely 2017-ben pályázati úton megítélt támogatásával egyesületünk alaptevékenységéhez és egyes rendezvényeinek megszervezéséhez is segítséget nyújtott. Ezeken a támogatásokon túl természetesen hálásak vagyunk tagtársainknak és barátainknak, akik áldozatos önkéntes munkával, személyi jövedelemadójuk „civil” 1%-ának felajánlásával vagy más módon segítették a több mint hat évtizede működő társadalmi szervezetünk működését.

Hogy ez a működés 2017-ben is sikeres volt, arról tanúskodnak az évkönyv végén a MANT főbb rendezvényeiről, eseményeiről olvasható beszámolók. Mindez persze csak a jéghegy csúcsa: az év folyamán számos más említésre méltó alkalom is volt egyesületünk életében, amelyek nem fértek bele az évkönyvbe. Ezekről a negyedévente megjelenő Körlevelünkben, valamint internetes honlapunkon tájékozódhatnak.

Hosszú időre visszanyúló hagyomány, hogy az Űrtan Évkönyvet az adott év – jelen esetben 2017 – legfontosabbnak, legérdekesebbnek tűnő üreseményei összefoglalójával kezdjük. Ehhez idén is az immár 15 éves korba lépett Űrvilág asztronautikai hírportál anyagait vettük alapul. Évekkel később visszatekintve az elmúlt évre, valószínűleg az itt felsorolt események közül kerülnek majd ki azok, amelyek 2017 űrtevékenységét fémjelzik.

A mostani kötetből sem maradtak ki a szakmai ismeretterjesztő cikkek. Szerzőiket külön köszönet illeti munkájukért. Idén olvashatnak a Föld körüli térséget kitöltő plazmában terjedő lökéshullámokról, a holdrengések térinformatikai rendszeréről, az exobolygók kutatásának újdonságairól, valamint az Európai Űrügynökség technológia-átadási programja részeként létrehozott magyarországi iroda tevékenységéről.

Az Űrtan Évkönyv 2017 forgatásához tartalmas időtöltést, szakmailag és minden más tekintetben is sikeres 2018-as évet kívánok olvasóinknak!

Budapest, 2018. március

A szerkesztő

Válogatás az űrkutatás 2017-es eseményeiből

Összeállította: Frey Sándor

Összeállításunkban az Űr Világ internetes hírportál (www.urvilag.hu) anyagaiból válogattunk. Az eredeti cikkek szerzői Both Előd és Frey Sándor. Az év további érdekes űreseményeiről, eredményeiről az Űr Világ archívumában található közel 500 cikkben olvashatnak az érdeklődők.

2017. január



Iridium Next – kezdetnek tíz műhold.

Kaliforniából egy Falcon-9 rakétával állt pályára az Iridium műholdas mobil távközlési rendszer új műholdgenerációjának első tíz tagja. Az Iridium rendszere 780 km magas körpályákon repülő 66 műholdból áll. Az új űreszközök, amelyekből január 14-én egyszerre 10 indult, fokozatosan váltják majd fel a kiöregedő régieket. A második műholdgenerációból a tervek szerint 81 példány

készül. A földi mobil eszközökkel rendelkező előfizetőik számára hang- és adatátviteli szolgáltatást nyújtó rendszer műholdjainak pályái behálózzák a Föld körüli térséget, hogy lényegében minden helyen és minden időben elérhető legyen legalább egy műhold a horizont felett.

Az Iridium Next műholdak gyártója a Thales Alenia Space. Startjaikat már 2014-ben el szeretnék kezdeni, de többféle okból mindig késett a bemutatkozás. A távközlési cég a SpaceX-szel összesen 70 műhold pályára állítására érvényes szerződést kötött. Ezek főként 10-es adagokban indulnak majd Falcon-9 rakétákkal, ahogy most is. (A többi, tartaléknak szánt új generációs Iridium hold indításának terveiről egyelőre nem közöltek részleteket.) Az Iridium 3 milliárd dollárt fektet az elöregedő (1997 és 2002 között pályára állt) műholdflottája felfrissítésébe. A januári startot követően 2017 folyamán még június 25-én, október 9-én és december 23-án is pályára került újabb 10-10 Iridium Next műhold, ugyancsak Falcon-9 rakéták segítségével.

SBIRS GEO-3. A rövidítés egy 1,2 milliárd dolláros amerikai katonai műholdat takar, amely az ellenséges rakétaindítások detektálására készült. A SBIRS (Space-Based Infrared System) az űrbe telepített infravörös figyelőrendszer. A GEO a műhold geoszinkron, vagyis 1 napos keringési idejű pályájára utal, a 3-as szám pedig arra, hogy ebből a fajtából most indult a harmadik példány. (Valójában a pálya geostacionárius, ami a geoszinkron pályák speciális este, amikor a pályasík az Egyenlítő síkja közelében húzódik.) A január 21-én végrehajtott starthoz a United Launch Alliance (ULA) Atlas-5 rakétáját használták, a floridai Cape Canaveral bázisról. A SBIRS szerepe, hogy az Egyesült Államok hadserege és szövetségeseik számra folyamatos megfigyelési lehetőséget biztosítson. A műholdakra telepített infravörös detektorok a Földön végrehajtott rakétaindításokkal együtt járó hőszugárzást képesek észrevenni. A rendszer többi komponensével együttműködve időben figyelmeztetést adnak ki a rakétaelhárító egységeknek, amelyek így képesek megakadályozni, hogy a támadó fegyver célba érjen. A SBIRS a hidegháború idején az elsősorban szovjet interkontinentális ballisztikus rakéták figyelésére kialakított műholdrendszer továbbfejlesztésével alakult ki. A detektorok érzékenysége javult, így kisebb, rövidebb hatótávolságú indítások esetén is alkalmazható, és a riasztás is felgyorsult. Szükség is volt a változásra, a rakéták arzenálja azóta változatosabb lett...

A SBIRS GEO műholdak közül az első 2011-ben, a második 2013-ban került pályára, ugyanígy Atlas-5 rakétákkal, Floridából. A két már működő hold közös lefedettségi területe az Atlanti-óceán keleti részétől Európán, a Közel-Keleten és Ázsián keresztül a Csendes-óceán nyugati részéig húzódik. Ha az új űreszközt is beüzemelik, a kör szinte bezárul. Egy év múlva várható a negyedik hold (GEO-4) indítása, ezzel teljessé válik a rendszer alapkiépítése úgy, hogy egy esetleges meghibásodás esetére tartalék kapacitás is rendelkezésre álljon. A 4,5 tonna tömegű SBIRS GEO műholdakat az Amerikai Légierő megbízásából a Lockheed Martin vállalat gyártotta, tervezett élettartamuk 12 év. Az infravörös érzékelők gyártója a Northrop Grumman. A SBIRS GEO-3 egyébként már 2014 végére elkészült, de mostanáig rakétában pihent.

A korábbi generációs DSP (Defense Support Program) műholdakkal ellentétben az új rendszer tagjai már nem csak pásztázó üzemmódban figyelik a Föld feléjük eső féltekéjét, hanem kijelölt területeket állandóan is szemmel tudnak tartani, ezzel segítve elő az esetleges események gyors érzékelését. A SBIRS

földi irányítói szerint évente nagyjából 8000 „infravörös eseményt” észlelnek a rendszerrel, közülük mintegy 200 a rakétaindítás. Az elmúlt öt év során ezek gyakorisága nőtt.

Japán első katonai távközlési holdja. A hadseregnek a kereskedelmi és külföldi műholdas távközlési szolgáltatóktól való függőségét szeretnék csökkenteni a DSN-2 (Kírameki-2) segítségével, amely január 24-én startolt egy H-2A hordozórakétával, Tanegashima szigetéről. Célja a 36 ezer km magasan húzódó geostacionárius pálya. A japánok H-2A rakétájának 2001-es bevezetése óta ez volt a 32. indítása (ebből 31 sikeres). A Japán Űrügynökség pár mondatos sajtóközleménye szerint a start ezúttal is rendben zajlott, az űreszköz elérte a kijelölt átmeneti pályát, ahonnan az elkövetkező hetek során saját hajtóműveivel kapaszkodik fel a geostacionárius körpályára.

A japán hadsereg szolgálatába álló, X-sávú kommunikációra készült DSN-2 tervezett működési élettartama 15 év. Pontos méreteit, tömegét, fedélzeti berendezéseinek részleteit és a kapacitására vonatkozó adatokat nem hoztak nyilvánosságra. Lefedettségi területe nyilván Ázsiára és a Csendes-óceán térségére terjed majd ki. A mostani műhold az egyike annak a három X-sávú adatátjátszó műholdnak, amelyeket a japán védelmi minisztérium megbízásából készítenek. A gyártás a magánszektorral való együttműködésben folyik. A műholdakat és a földi kiszolgáló hálózatot a DSN nevű cég vezetésével készítik, amely fő részvényese a tokiói székhelyű SKY Perfect JSAT vállalat, egyben a japán kereskedelmi távközlési műholdak vezető üzemeltetője. A 2013-ban indított programot végrehajtó vállalkozásban kisebbségi tulajdonos még a műholdgyártó NEC és az NTT nevű távközlési szolgáltató cég. A kezdeti megállapodás 122 milliárd jen (1,1 milliárd amerikai dollár) értékű volt, és két műhold fejlesztésére, valamint 15 éven át tartó üzemeltetésére szól. A 2017-es költségvetési évre szóló tervek tartalmazzák a harmadik X-sávú távközlési hold megrendelését.

A DSN sorozat 1-es számú tagja – másik nevén Superbird-8; részben katonai, részben polgári célú alkalmazással – 2016 közepén kellett volna pályára álljon Francia Guyanából egy európai Ariane-5 rakétával. De a Japánból Dél-Amerikába való szállítása közben megsérült, így javításra vissza kellett vinni a szigetországi gyártójához. Emiatt startja több mint egy év késést szenved.

2017. február

Egyszerre 104 műhold. Ezzel a teljesítménnyel vette át az első helyet az űrrekordok könyvében a február 15-én indított indiai PSLV hordozórakéta. Bár maguk a műholdak többnyire aprók, a biztonságos pályára állításuk ekkora számban nem kis teljesítmény. A PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) hordozórakéta mostani startja volt az űrtevékenység történetében az az indítás, amelynek során egyszerre a legnagyobb számban juttattak Föld körüli pályára műholdakat. A helyszín a Satish Dhawan Űrközpont (Sriharikota szigete) volt. Meg sem kíséreljük részletesen bemutatni a hasznos teher mind a 104 darabját. Az indítás „főszereplője” mindenesetre az Indiai Űrügynökség (Indian Space Research Organization, ISRO) Cartosat-2D nevű földmegfigyelő műholdja volt. A maga 714 kg-os tömegével messze ez a legnagyobb azok közül, amelyek helyet kaptak a rakéta orrkúpja alatt. Feladata többek közt a földfelszín térképezése, a település-tervezés segítése, a partvidékek és a vizek vizsgálata lesz.

A kis műholdak zöme olyan konstellációba kerül, amelynek tagjai alacsony Föld körüli pályákon „szétszórva” bolygónk folyamatos megfigyelését végzik. Összesen 96 műhold két San Francisco-i érdekltségű cég üzemeltetésében működik majd. Az egyik a 2010-ben alapított Planet (korábban Planet Labs), amely most 88 műholddal közel megduplázza a már pályán levő űreszközeinek számát. A korábbiak főleg a Nemzetközi Űrállomás (ISS) fedélzetéről kerültek önálló pályára. Ennek a megoldásnak a hátránya, hogy az ISS pályahajlása miatt a kis műholdak fedélzetén elhelyezett kamerák nem láthatták bolygónk felszínét magasabb földrajzi szélességeknél. Ezen segít most a poláris pályára került kisebbfajta műholdsereg. A Planet történetében ez már a 15. indítás, de eddig a legnagyobb számú műholddal. Bár ezek a kis műholdak nem képesek olyan finom felbontásra, mint a nagyobb méretű, drágább kereskedelmi távérzékelő műholdak, viszont a nagy konstellációnak köszönhetően lényegében folyamatosan szemmel tudják tartani az egész Földet. A 88 új Dove műhold startja alig két héttel követte a bejelentést, hogy a Planet felvásárolja egyik versenytársát, a Google tulajdonában álló Terra Bella céget. A Terra Bella üzemeltetésében jelenleg hét nagyobb felbontású földmegfigyelő hold működik.

A másik kaliforniai cég, amely most 8 műholddal vette ki a részét a PSLV rakéta hasznos terhéből, a Spire (Spire Global). A Lemur-2 nevű űreszközök tömege 4,6 kg. Ezek nem a földfelszínt figyelik, hanem a légkörön áthaladó GPS rádiójelek megfi-

gyelése révén légköri hőmérsékleti és páratartalom-profilokat állítanak elő, amivel az időjárás-előrejelző modellszámításokat tudják pontosítani. A Lemur-2 holdak másik feladata a partoktól távol tartózkodó tengeri hajók figyelése. A cég eddig 21 CubeSatot indított, amelyek egy része már bevégezte működését. A PSLV rakéta fennmaradó helyein két indiai, valamint izraeli, holland, svájci, kazah és az Egyesült Arab Emírségekből származó CubeSatok osztoztak. A mostani volt a megbízható PSLV rakétatípus 38. sikeres startja egyhuzamban. Ami a műholdak darabszámát illeti, az eddigi rekordot majdnem háromszorosan sikerült megdönteni. Az előző csúcstartó az orosz-ukrán Dnyepri rakéta volt, amely 2014-ben 37 műholdat juttatott fel.

Dragon CRS-10. Február 19-én elindult a SpaceX teherűrhajója az ISS felé. A Falcon-9 hordozórakéta startjának helyszíne a floridai Kennedy Űrközpont 39A jelű indítóállása volt. Az űrtörténelmi jelentőségű starthelyről korábban az Apollo program űrhajói és az űrrepülőgépek emelkedtek a magasba, de 2011 óta használaton kívül volt. 1967 és 1973 között a Saturn-5 rakéta 12 tesztrepülése, az amerikai holdraszállásokhoz kapcsolódó összes start és a Skylab űrállomás indítása is innen történt. A Space Shuttle flottájának tagjai 82 alkalommal startoltak erről a helyről, beleértve a legelső és legutolsó repülést, 1981-ben és 2011-ben. A SpaceX 2014-ben írta alá a 20 éves bérletre vonatkozó szerződést a NASA-val. Az átalakítási munkálatokat felgyorsították, miután tavaly egy balesetben megrongálódott Cape Canaveral közeli 40-es indítóállása, amit a Falcon-9 indításokhoz használtak.



A Dragon hasznos terhének össztömege kis híján 2,5 tonna. Ennek majdnem ötöde olyan kritikus rakomány, amit csak röviddel a tényleges start előtt helyeztek el a hordozórakétára szerelt Dragon fedélzetén, közvetlenül mielőtt a Falcon-9-et függőleges helyzetbe állították. Ilyen érzékeny rakomány volt például a 40 kísérleti egér otthonául szolgáló egy-

ség vagy az ISS fedélzetén végzendő kísérletekhez baktériumokat tartalmazó minták. A Dragon teherűrhajón összességében nem kevesebb mint 300, az elkövetkező fél év során elvégzendő kísér-

lethez és vizsgálathoz küldtek fel eszközöket vagy mintákat. S egy még nagyobb szám: az ezekben a kísérletekben érdekelt kutatók közel 800-an vannak, a világ minden tájáról.

Az ISS hat főből álló személyzete – akik a kísérletek túlnyomó részét a Földön maradt kutatók helyett majd végrehajtják – jelenleg megfelelő mennyiségű élelmiszerrel, vízzel és más ellátmánnyal rendelkezik, így a teherűrhajó hasznos terhének orosz-lánrészét most a kísérleti minták és eszközök foglalhatták el. A megérkezést és robotkaros befogást követően az űrhajósok a Dragon belsejéből 1530 kg rakományt pakolnak át az űrállomásra – még szerencse, hogy odafent súlytalanság van, de persze a munka így sem egyszerű. A fennmaradó tömeg a teherűrhajó külső tárolóterében utazott. Ezeket az egységeket az ISS kanadai Dextre robotkarja segítségével helyezik át az űrállomás külső részére. Az egyik nagy darab a NASA 92 millió dolláros SAGE-3 (Stratospheric Aerosol and Gas Experiment-3) műszere, amellyel a felsőlégköri ózont, egyéb gázokat és aeroszolokat figyelik majd. Hatlábú tartószerkezete (hexapod) Európában készült, feladata a műszernek a folyamatos irányban tartása, hogy a Föld megvilágított korongjának a szélét figyelhesse. Egy másik külső egység egy polgári és katonai együttműködésben készült, tucatnyi különböző kísérletet tartalmazó modul (Space Test Program, STP-H5). Például a Raven nevű kísérletben a majdani automatikus műholdszervizeléshez alkalmazható navigációs eljárásokat próbálnak ki, egy másik program keretében a villámtevékenységet figyelik (Lightning Imaging Sensor).

A Dragon CRS-10 március 19-éig maradt az ISS-nél, ahonnan értékes kísérleti mintákat hozott vissza a Földre.

Progressz MSZ-05. Orosz teherűrhajó indult Bajkonurból a Nemzetközi Űrállomáshoz. A Progressz MSZ-05 (más számozással 66P) startja február 22-én történt a behavazott kazahsztáni indítóhelyről. A legtöbbet használt orosz rakétatípus, a Szojuz U jelű variánsa a mostani alkalommal indított utoljára üreszközt, többet nem gyártanak belőle, kivonják a forgalomból. Szerepét a modernizált változatok veszik át. A Szojuz-U rakétát 1973-as bemutatkozása óta eddig 785 alkalommal használták automata teherűrhajók, személyzetes űrhajók, valamint katonai és polgári műholdak pályára állításához. Legutóbb a Szojuz-U indítása – ugyancsak egy Progressz teherűrhajóval – sikertelenül végződött. A mostani az első Progressz repülés, és az első (egyben nyilván az utolsó) Szojuz-U indítás a tavaly december 1-jei kudarc óta. A vizsgálatok szerint a harmadik fokozat RD-0110 jelű hajtóművé-



be a gyártás során került idegen anyagdarab okozhatta, hogy a Progress MSZ-04 nem érte el a pályát, Szibéria fölött a rakományával együtt megsemmisült. Most a Progress MSZ-05 összesen 2450 kg tömegű hasznos terhet vitt az ISS ellátmányának kiegészítésére. Ebben szokás

szerint élelmiszerek, víz, oxigén, levegő, hajtóanyag, valamint használati tárgyak és kísérleti eszközök találhatók.

Katalógusban a magyar űrszektor. Magyarország teljes jogú taggá válása óta másodszor látogatott el hazánkba Johann-Dietrich Wörner, az Európai Űrügynökség (ESA) főigazgatója. Az alkalom tiszteletére február 28-án Budapesten a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat és a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (NFM) mutatta be a szakma képviselőinek az első Magyar Űrkatalógust. Magyarország 2015 vége óta tagja az ESA-nak, a csatlakozásnak köszönhetően új lehetőségek nyíltak meg hazánk előtt az űrkutatás területén. A 22 tagállamot tömörítő, évi 5 milliárd euróból gazdálkodó, az önálló európai űrképességek fejlődését támogató nemzetközi szervezet munkájába kapcsolódva lehetővé vált a magyar űripari szereplők számára is, hogy világszínvonalon járulhassanak hozzá a világűr jobb megismeréséhez. A hazai űripari tevékenység bemutatására első alkalommal megjelenő Magyar Űrkatalógusban a szektorban tevékenykedő kis- és középvállalkozások, tudományos kutatóhelyek és egyetemek tevékenységéről tájékozódhatnak a magyar és külföldi érdeklődők.

2017. március

Elindult a Sentinel-2B. Felépítése, műszerezettsége azonos a Sentinel-2A-éval, amely 2015. június 23-án állt alacsony poláris Föld körüli pályára Francia Guyanából, a Kourou űrközpontból, egy Vega hordozórakétával. Az indítóhely és a rakéta most is ugyanaz volt, a start időpontja március 7. Az Európai Unió (EU) és az ESA közös Copernicus programjának műholdjai a Sentinel (magyarul: őrszem) nevet viselik. A 2-es számú műholdsorozat

tagjai optikai távérzékelést végeznek. Tizenhárom színben „látnak”, vagyis multispektrális felvételeket készítenek a Föld felszínéről, a látható fényben és a közeli infravörösben, 443 nm és 2190 nm közötti hullámhosszakon. Kör alakú pályájuk 786 km magasan, közel a pólusok felett húzódik. A két műholdból álló konstellációt úgy alakítják ki, hogy mindig egymással „szemben”, a Föld két áttellenes pontja fölött haladjanak el. A napszinkron pálya azt jelenti, hogy amikor a műholdak elrepülnek az Egyenlítő felett, alattuk helyi időben mindig ugyanannyit mutatnak az órák. A két műhold a 84°-os északi és déli szélességek közötti területeket képes felmérni, még hozzá 5 naponta teljes egészében. (A visszatérési idő magasabb szélességeken még sűrűbb.)

Az űreszközöket az Airbus Defence and Space fővállalkozásában építették. A munkában több mint 70 hazai tervezésű és gyártású alkatrésszel, a miskolci székhelyű Admatis Kft. vezetésével magyar űripari beszállítók is részt vettek. A Sentinel-2 műholdak remélt élettartama 7 év. Starttömegük 1140 kg, ebben a pálya tartásához szükséges manőverekre szánt hajtóanyag (123 kg) is benne foglaltatik. Az űreszközök testének méretei: 3,4 m × 2,35 m × 1,8 m. A fedélzeti műszer neve MSI (Multispectral Imager), 290 km széles sávban tudja leképezni a felszínt. Felbontása függ a hullámhossztól, 10, 20 és 60 m-es.

A Copernicus program adatpolitikája lehetővé teszi, hogy a Sentinel műholdak adatai bárki számára szabadon hozzáférhetőek legyenek. Így lesz ez a Sentinel-2B adataival is, azután, hogy a fedélzeti műszereket beüzemelik, kalibrálják, és megteremtik a szolgálatyszerű megfigyelések feltételeit. A Sentinel-2 adatainak számos felhasználási területe közül megemlíthjük a mezőgazdaságot, az erdőgazdálkodást, a felszínborítás és felszínhasználat változásainak nyomon követését, a településfejlesztést, a környezetvédelmet, a tavak és tengerek part menti vizeinek monitorozását, a katasztrófaregelőzést és -elhárítást.

Tudományos nagyüzem. Soha annyi tudományos kísérletet nem végeztek még egy hét alatt az ISS fedélzetén, mint az 50. állandó személyzet tagjai március elején. A Nemzetközi Űrállomás 50. állandó személyzetének tagjai, Thomas Pesquet, Peggy Whitson, Oleg Novickij, Andrej Boriszenko, Shane Kimbrough és Szergej Rizsikov új rekordot állítottak fel a március 6-ával kezdődő héten. Az ISS legénysége soha nem töltött még ennyi időt tudományos kísérletekkel: együttesen 99 órát tett ki azon a héten a tudományos munka. Ennek a jelentőségét akkor tudjuk

értékelni, ha figyelembe vesszük, hogy az űrhajósok heti munkaideje átlag 40 óra. Ebbe kell belefértie a tudományos program végrehajtásán kívül az űrállomás működtetésével kapcsolatos feladatoknak és fejenként 2,5 óra testedzésnek. Munkaidejük általában nagyjából egyenlő arányban oszlik meg a három említett tevékenység között. Ha utánaszámolunk, kiderül, hogy a rekordot jelentő héten fejenként átlagosan 16,5 órát töltöttek kísérletezéssel, tehát azon a héten az arány a tudomány javára tolódott el. Az irányítóközpontokban pontos statisztikát vezetnek arról, mivel töltik az űrhajósok a munkaidejüket. A rekord azt is jelenti, hogy – legalább azon a héten – jelentős részben kitűzött céljának megfelelően tudományos kutatólaboratóriumként tudták használni az ISS-t, bár még így sem érte el az arány a munkára fordított teljes idő felét. Ha az űrhajósok szabad- és pihenőidejét is beszámítjuk, még szomorúbb a kép, a hét 168 órájából 16,5 órát tölt egy-egy űrhajós tudományos munkával, tehát az ISS mint kutatólaboratórium kihasználtsága 10%-os.

Elindult a SES-10, újrahasznosított rakétával. A start a floridai Kennedy Űrközpont 39A indítóállásából történt március 31-én. Az (ismét) űrtörténelminek minősített indítás alkalmával a SpaceX most először használt fel olyan első fokozatot a Falcon-9 rakétához, amely előzőleg már részt vett egy űreszköz Föld körüli pályára állításában, majd sikeresen és épségben visszahozták a felszínre. Elon Musk cégének távlati célja, hogy az újrahasznosított fokozatok alkalmazásával leszorítsák a startköltségeket és ezzel forradalmasítsák a műholdindítások piacát. A mostani fokozat volt egyébként a második azok közül, amelyeket sikerült használható állapotban visszanyerni, és az első, amely az Atlanti-óceánon úszó platformra tért vissza. Korábban majdnem pontosan egy éve, 2016. április 8-án használták, akkor a Dragon (CRS-8) teherűrhajó világűrbe juttatásához. A visszanyert első fokozatot természetesen alaposan átvizsgálták, részben szétszerelték, elvégezték rajta a szükséges javításokat és az ellenőrzéseket. Így a luxemburgi székhelyű SES vállalatnak (és biztosítójának) okkal volt akkora bizalma a SpaceX-ben és a rakétában, hogy rájuk bízta a SES-10 jelű új távközlési műholdjuk pályára állítását. Az árakról természetesen nem tájékoztatták a közvéleményt, de egy Falcon-9 start normális esetben 62 millió dollárba kerül, és állítólag ebből most 10% körüli árengedményt adtak a megszokottnál nagyobb kockázatot vállaló műholdüzemeltetőnek. A közel hatvan működő geostacionárius távközlési holdat birtokló SES számára a döntést nem csak anyagi, de stratégiai

megfontolások is motiválták. A cég korábban sem riadt vissza az új megoldásoktól. 1996-ban például ők voltak az elsők, akik kereskedelmi megrendelést adtak egy orosz Proton hordozórakétának. A SpaceX-szel való kapcsolatuk is úgy indult, hogy 2013 decemberében egy SES műholdat (a SES-8-at) állított első alkalommal geostacionárius átmeneti pályára egy Falcon-9 rakéta.

Az először elnyúlt átmeneti pályára kerülő, majd a 67°-os nyugati hosszúságnál levő geostacionárius pozíciót elfoglaló hold latin-amerikai felhasználókat szolgál majd ki televíziós műsorsugárzással, szélessávú videó- és adattovábbítással. A SES-10 kapacitása a tengeren és a repülőgépek fedélzetén biztosított internetes kapcsolathoz is hozzájárul. Az 5,3 tonnás műhold az Airbus Defence and Space cégnél épült, tervezett működési élettartama 15 év.

Búcsú az EO-1-től. A NASA nagy sikerű, kísérletinek szánt földmegfigyelő műholdját közel 17 év után lekapcsolták, fogytán volt a hajtóanyaga. Az EO-1 (teljes nevén Earth Observing-1, jelentése: földmegfigyelés) 2000 novemberében állt pályára a kaliforniai Vandenberg Légitámaszpontból egy Delta-2 rakéta segítségével. Megépítésének célja olyan fedélzeti berendezések és módszerek kipróbálása volt, amelyek azóta megjelentek más távérzékelő műholdakon is. Az EO-1, mint kísérleti platform tehát sikeres volt, s a vele készített űrfelvételekkel is gyakran találkozunk. A veterán földmegfigyelő hold képei ezen túl már csak az archívumokból kerülhetnek majd elő. Az űreszköz már nem rendelkezett megfelelő mennyiségű hajtóanyaggal, így nem tudta korrigálni a pályáját. Így fokozatosan eltávolodott a megfigyelései számára optimális helyzetből, nem voltértelme tovább működtetni. Az EO-1 a kameráin kívül az autonóm működés módszerét is tesztelte, alkalmas volt arra, hogy saját maga döntse el, milyen célpontról és mikor készít felvételeket. A műholdat a Swales Aerospace cég építette (amely mára beolvadt az Orbital ATK vállalatba), tervezett hasznos élettartama mindössze 1 év volt. Ezt jócskán túlteljesítette, sőt műszaki szempontból még most is működőképes lenne. A földi irányítók március 30-án mégis kénytelenek voltak lekapcsolni, miután kiengedték a maradék üzemanyagát és lemerítették az akkumulátorait. Az övintézkedések célja, hogy a későbbiekben ne legyen robbanás történjen a fedélzetén, ami számtalan űrszemétdarab szétszóródásával járna egy olyan pályamagasságban, amelyet előszeretettel használnak földmegfigyelő műholdakhoz.

A hűtőszekrény méretű EO-1 jelenleg 680 km-es felszín feletti magasságú, közel poláris pályán kering. A becslések szerint innen a természetes folyamatoknak köszönhetően csak 2056 körülre húzódik le olyan kis magasságba, hogy a sűrű légkörbe belépve megsemmisüljön – hacsak addig meg nem látogatja egy „műholdjavító” küldetés, hogy életet leheljen bele...

Az EO-1 ALI (Advanced Land Imager) nevű műszerének utóda már a Landsat-8 fedélzetén repül, a felvételek alapján az erdőket, a mezőgazdasági termőterületeket, a part menti vizeket és a légköri aeroszoloikat kutatják a szakemberek. A másik, Hyperion nevű kamera 200 körüli különböző hullámhosszon volt érzékeny. A hiperspektrális távérzékelés számos alkalmazása közül érdemes kiemelni a különböző fajta növények vagy a felszín ásványi összetétele megkülönböztetésének képességét. Hiába közel 17 éves, a Hyperion finom spektrális felbontása még ma is egyedülálló a távérzékelő műholdak körében. A technológián alapuló, de kisebb méretű eszközöket ma már kis CubeSatokra, vagy pilóta nélküli repülőgépekre telepíthetik.

Az EO-1 az eltelt több mint 16 év alatt 92 ezer képet készített, üzemeltetése a NASA-nak az elejétől a végéig nagyjából 300 millió dollárjába került. Nem csak tudományos kutatásra, de katasztrófhelyzetekben is nagy hasznát vették páratlan képességeinek. Az EO-1-et úttörő módon kötelékrepülésre is használták, egy ideig szoros közelségben együtt repült a Landsat-7-tel, lehetővé téve így egy adott terület gyors egymásutánban történő kétszeri megfigyelését. Szoftveres megoldást alkalmaztak az EO-1 műholddal bizonyos célpontok, például kitörő vulkánok fényképezésére, a földi irányítók beavatkozása nélkül.

2017. április



Szojuz MSZ-04. A legújabb Szojuz űrhajó parancsnoka a veterán orosz űrhajós, Fjodor Jurcsihin, társa a NASA képviselőjeként Jack Fischer. Ők ketten az ISS 51. számú állandó személyzetének már fent levő három tagjához csatlakoznak. Újdonság, hogy a három férőhellyel rendelkező Szojuzban

ezúttal csak ketten utaznak, a Roszkoszmosz ugyanis korábban úgy döntött, hogy takarékosági okokból csökkenti az ISS-en dolgozó orosz személyzet létszámát, amíg az új orosz modulok beüzemelésével nagyobb lendületet nem kapnak az orosz kísérletek a bázison. Az üresen maradó üléseket a későbbiekben a NASA hasznosítja majd. A Szojuz MSZ-04 április 20-án startolt Bajkonurból. Az 58 éves Jurcsihin számára ez már az ötödik űrrepülés, és a negyedik hosszú időtartamú út kezdete az ISS-en. 1997-ben választották be az orosz űrhajósok csapatába. Először az Atlantis amerikai űrrepülőgép STS-112 jelű küldetésén vett részt 2002-ben, akkor még csak 11 napot töltött a világűrben. Utána 2007-ben, 2010-ben és 2013-ban is megfordult a Nemzetközi Űrállomáson. Korábbi négy űrrepülése alatt összesen 537 napot töltött a Föld körül. A 43 éves Fischer újonc űrrepülő, 2009 óta a NASA űrhajóscsapatának tagja. Jurcsihin és Fischer szeptember 3-án tért vissza az ISS-ről. A visszaúton csatlakozott hozzájuk az amerikai Peggy Whitson, akinek nemrég a küldetését egy ciklussal (három hónappal) meghosszabbították.

Az első kínai teherűrhajó. Az először 2016-ban használt Hosszú Menetelés-7 rakétatípus második példánya április 20-án emelkedett a magasba a Tiencsou-1 (Tianzhou-1) teherűrhajóval, a déli fekvésű Hajnan (Hainan) szigetén épült, a kínai indítóhelyek közül az Egyenlítőhöz legközelebb fekvő Vencsangból (Wenchang). A repülés célja az automatikus megközelítés, dokkolás és üzemanyaggal való feltöltés kínai technikájának kipróbálása. A célpont ezért a tavaly szeptemberben pályára állított Tienkung-2 (Tiangong-2) kísérleti űrállomásmodul. Ezt még októberben egy két főből álló legénység látogatta meg a Sencsou-11 (Shenzhou-11) űrhajóval – először és egyben utoljára. November óta lakatlanul kering, most pedig főszerepet játszik majd a kísérletekben. Ezek újabb fontos lépést jelentenek majd a modulrendszerű, több egymást váltó három fős személyzetnek 6-6 hónapig otthont adni képes, „nagyüzemben” végzett súlytalansági kísérletekre alkalmas kínai űrállomás megvalósítása felé. Ez a tervek szerint 2022-ig történhet meg.

A majdani „nagy” kínai űrállomás lakóinak élelmiszer-, ivóvíz- és levegő-utánpótlásra, használati tárgyakra, alkatrészekre, üzemanyagra, kísérleti eszközökre és mintákra lesz szüksége. Erre szolgál a későbbiekben a most bemutatkozó Tiencsou teherűrhajó-típus. A kínai illetékesek szerint a 13 tonnás Tiencsou-1 a Kínában épített és indított eddigi űreszközök közül a legnagyobb tömegű. Az akár 6,5 tonnás teherszállítási kapaci-

tású Tiencsou feladata teljesen hasonló a Nemzetközi Űrállomást rendszeresen látogató teherűrhajókéhoz (jelenleg ezek az orosz Progressz, az amerikai Dragon és Cygnus, valamint a japán HTV). Még pontosabban a Progresszhez, és a már nem használatos európai ATV-hez hasonlít abban, hogy az űrállomás hajtóanyagának utántöltésére is alkalmas.

A Tiencsou-1 küldetése a Tienkung-2-nél szeptemberig tartott. Ez idő alatt több alkalommal automatikusan dokkolt az űrállomásmodulhoz, és utántöltötte a folyékony hajtóanyagot, ami a Tienkung-2 manőverezéséhez szükséges. Az elválás után egy ideig még önállóan keringett a Föld körül, mielőtt a sűrű légkörbe lépve megsemmisült.

Orosz–magyar műhold készül. Magyarország és Oroszország legújabb közös űrkutatási programjainak egyike a készülő Trabant (jelentése: kísérő) nevű műhold. 2017 februárjában a magyar és az orosz kormány megerősítette a 2000-ben megkötött egyezmény alapján a világűr békés célú felhasználásában eddig is sikeresen zajló együttműködésük folytatásának szándékát. Ennek keretében Magyarország lehetőséget kap arra, hogy kulcsfontosságú műszerekkel és fedélzeti egységekkel – egyedüli nemzetközi partnerként – rész vegyen az Orosz Tudományos Akadémia és az Orosz Űrkutatási Intézet (IKI) most induló űrprogramjában. Az ennek keretében kifejlesztendő orosz–magyar műhold forradalmian új, eddig nem látott nagyfelbontású tudományos plazmafizikai méréseket hajt végre a Föld közvetlen környezetében, hatalmas lendületet adva a földi élet és civilizáció számára létfontosságú űridőjárás kutatásának – mindezt magyar intézetek és űrtechnológiai cégek fejlesztéseivel.

A műholdfejlesztés jelentősége nemcsak tudományos szempontból óriási, hanem azért is, mert a magyar részvétel arányaiiban kiemelten jelentős, egyes programokban a műszerek és berendezések többsége magyar fejlesztésű és gyártású eszközökből áll. Magyarország űrkutatási pozíciója tovább erősödik nemzetközi viszonylatban is. A tudományos program és a fejlesztések a legnagyobb hagyománnyal és referenciákkal rendelkező hazai űrszervezet, a Magyar Repülő- és Űrtechnológiai Platform (Hungarian Aerospace Technology Platform, HATP) tagjainak, cégeinek közreműködésével készülnek.

A Trabant lesz az első olyan műhold, amelyik az űridőjárás vizsgálatokban kulcsfontosságú rádióhullám-mérések adatait teljes egészében, a műholdpálya mentén, eddig soha nem látott felbontásban folyamatosan rögzíti és azt a továbbítja is a Földre.

Ez lehetővé teszi az űridőjárásnak az űrben használt (műholdak) és a földi technológiákra (távvezetékek, hírközlés, navigáció, repülés, stb.) gyakorolt hatásainak teljesebb megértését és előrejelzését. A műhold fő tudományos műszere, a SAS3-T rádióhullám-mérés mellett a fedélzeti számítógép, digitális adatgyűjtő és a nagysebességű adatátvitelt megvalósító fedélzeti adó és telemetriai rendszer is teljes egészében magyar intézetek és űrtechnológiai cégek fejlesztése. Ezzel a közös műholdas projekttel Magyarország a világ élvonalába tartozó tudományos-technológiai kísérlet részesévé válik, így alanyi jogon az összes tudományos adat és eredmény elsők közötti felhasználására, publikálására jogosult. A projekttel kapcsolatban április 20-án tartottak tájékoztatót Budapesten, az El-Tech Centerben.

2017. május

718 nap után visszatért.

Az Amerikai Légierő X-37B automata mini-űrrepülőgépe 2015. május 20-án kezdődött titkos küldetése után a floridai Kennedy Űrközpont betonján landolt. Az X-37B ezúttal közel két évet töltött Föld körüli pályán. A landolás tényét utólag tették közzé a légierő Twitter-oldalán. Ezzel befejeződött az X-37B programjának negyedik repülése. A küldetéseket az újra felhasználható, ember nélkül repülő, műhold módjára egy Atlas-5 rakétával induló és repülőgép módjára, automata üzemmódban visszatérni képes űreszközök két megépült példánya teljesítette, együtt összesen 2086 napon át.



A május 7-én végrehajtott leszállás alkalmával most először használták a floridai futópályát, az X-37B előző három repülése után a kaliforniai Vandenberg Légitámaszpontonra tért vissza. A floridai helyszín előnye, hogy az átvizsgálás és felkészítés utáni következő indítás is innen történik majd. Az X-37B eddigi három repülése egyébként 2010. április és december között (OTV-1, 224 nap), 2011. március és 2012. június között (OTV-2, 469 nap) és 2012. december és 2014. október között (OTV-3, 675 nap) volt. Az adatokból látható, hogy a most véget ért negyedik út időtartamrekordot is hozott.

Az X-37B többféle pályamagasságokban repült – ez az amatőr műholdmegfigyelők előtt nem maradhatott titokban –, pontos kutatási programját nem hozták nyilvánosságra. Az automata mini-űrrepülő előnye, hogy hosszú időn át végezhetnek vele kísérleteket a súlytalanságban, a mintákat pedig épségben vissza tudják hozni részletes földi vizsgálatok céljából. A mostani OTV-4 repülés előtt csupán két kísérletről tettek említést. Az egyik az Aerojet Rocketdyne cég által fejlesztett újfajta ionhajtómű, a másik a nyílt világűrbe kihelyezett mintegy 100 különféle anyagmintát tartalmazó eszköz (Materials Exposure and Technology Innovation in Space, METIS) volt.

„Ez egy teszt”. Ezt a beszédes nevet kapta a Rocket Lab cég most először kipróbált, Új-Zélandról indított Electron rakétájának repülése. A világűrt elérték, a pályát nem. A 17 m magas, 1,2 m átmérőjű hordozórakétát arra tervezték, hogy kis tömegű műholdakat állítsanak vele alacsony Föld körüli pályára, olcsón, kereskedelmi alapon, magáncégek és kormányzati megrendelők számára. Olyan űreszközökre számítanak, amelyeket más esetben valamilyen nagyobb teljesítményű rakéta elsődleges hasznos terhe mellett, mintegy potyautasként szokás indítani. A Rocket Lab 4,9 millió dolláros áron kínálja majd a startlehetőségeket, ami lényegesen kedvezőbb a megszokott áraknál.

A Rocket Lab cég 2006-ban alakult, fő befektetői a Szilícium-völgy és Új-Zéland kockázatitőke-alapjai, valamint a Lockheed Martin vállalat. Az Electron rakétát kevesebb mint 100 millió dollárból hozták létre. A vállalat ugyanakkor eddig sem tétlenkedett, már 80-nál is több alkalommal indítottak szuborbitális tesztrakétákat.



Az Electron bemutatkozó startjának időpontja május 25-én volt. Az indítóhely (Launch Complex 1) Új-Zéland északi szigetének Mahia-félszigetén fekszik, az ország keleti partvidékén. Az első magánkézben levő űrindítóhely a Csendes-óceánra néző sziklaszirten épült. A helyszínről többféle pályára juttat-

hatnak műholdakat. A földmegfigyelő űreszközök által jellemző-

en használt poláris napszinkron pálya eléréséhez például biztonságosan, a szárazföld fölötti elrepülés nélkül tudnak hordozórakétákat indítani.

Bár a starthely Új-Zéland területén van, mivel a Rocket Lab amerikai cég, így a felügyelő hatóság az Egyesült Államok Szövetségi Légügyi Hivatala (Federal Aviation Administration, FAA). Ők május 15-én adták meg az engedélyt a három kísérleti indításra, miután előzőleg számos sikeres előzetes próbát végeztek a cég munkatársai.

Az első start alkalmával a célként kitűzött pályaellipszis felszín feletti magassága 300 km és 500 km között változó, a pályasík hajlásszöge az Egyenlítő síkjához képest 83° volt. A rakéta most még nem vitt magával semmilyen megrendelő számára készült műholdat, csak egy passzív tömeg, valamint a rakéta működéséről információval szolgáló számos műszer repült. A Rocket Lab illetékesei szerint szerkezet egyfajta „repülő laboratórium”, hiszen több mint húszezerféle csatornán érkeztek róla a különböző mérési adatok.

Az első próba félsikert hozott, de nyilván rengeteg adattal szolgált az elemzéshez. Az első fokozat rendben végezte a dolgát. A hajtóművek az indulás után 2 és fél perccel leálltak, majd a kiürült fokozat levált. A második rakétafokozat beindult, az orrkúp is levált, de a tervezett 5 percnyi működés helyett csak rövidebb ideig tartott a gyorsítás, így az eszköz – bár kijutott a világűrbe – végül nem érte el a Föld körüli pályára álláshoz szükséges sebességet.

Ha a három tesztindítás végére sikeresnek ítélik a próbákat, a rakéta a közeljövőben 500 km magas napszinkron pályára akár 150 kg-os műholdakat is felbocsáthat. A szénszálas kompozit anyagokból készült rakétában a Rocket Lab által kifejlesztett Rutherford-hajtóművek működnek, kerozin és folyékony oxigén keverékével. (A névadó az új-zélandi születésű híres fizikus, Ernest Rutherford.) A hajtóművek alkatrészei jórészt 3D nyomtatással készültek. Egy-egy hajtómű állítólag 24 óra leforgása alatt elkészíthető ezzel a módszerrel. Kilenc Rutherford-hajtómű alkotja a rakéta első fokozatát, egy pedig a második fokozatot.

Kezdetben a rakéták egyszer használatosak lesznek, de a fejlesztők nem zárják ki, hogy a jövőben lépéseket tegyenek az újra felhasználhatóság érdekében. Ha beindul a nagyüzem, elvileg 72 óránként lehet rakétákat indítani a Mahia-félszigeten most felavatott bázisról. A cégnek ugyanakkor a NASA floridai Kennedy Űrközpontjával és az Alaszkában fekvő Pacific Spaceporttal is van megállapodása jövőbeli indításokra, vannak

ugyanis megrendelők, amelyek számára kedvezőbb, ha az Egyesült Államokból történik a felbocsátás. A cél hetente akár két start végrehajtása Electron rakétákkal.

2017. június

Rekorddöntés Ariane-5-tel. Az európai rakéta két távközlési műholdat állított pályára Kourouból. Összértékük mintegy 800 millió dollár – a kereskedelmi indítások legdrágább és legnagyobb tömegű hasznos terhe. Az Ariane-5 VA 237 jelű repülése június 2-án kezdődött. A két, geostacionárius átmeneti pályára helyezett innovatív távközlési műhold a ViaSat-2 és az Eutelsat-172B volt. Az űreszközöket két versenytárs, az amerikai Boeing, illetve az európai Airbus Defence and Space építette. A műholdak össztömege közel 10 tonna (9969 kg) volt, így az űrtevékenység történetében ez a legnagyobb tömeg, amely egyszerre geostacionárius átmeneti pályára került. Az elnyúlt pályákról a műholdak saját hajtóműveik segítségével érik majd el a 36 ezer km magasan, az Egyenlítő fölött húzódó geostacionárius körpályát, a távközlési holdak megszokott állomáshelyét. Itt a Föld körüli keringés ideje megegyezik bolygónk tengely körüli forgásának periódusával. Így a műholdak a felszínről állni látszanak az égbolton, vagyis a földi kommunikációs antennákat nem kell állandóan elforgatni, elég, ha azok a meghatározott irányba állítva maradnak.

A 6418 kg-os ViaSat-2-t eredetileg a SpaceX Falcon Heavy rakétájával tervezték pályára állítani, de annak a fejlesztése késett. A műhold feladata szélessávú internetelés biztosítása az amerikai kontinens és az Atlanti-óceán térségében. Az amerikai ViaSat cég megrendelésére a Boeingnél épült űreszköz teljes adatátviteli kapacitása mintegy 300 gigabit/s, ami több mint a duplája a vállalat előző, ViaSat-1 nevű holdjáénak, amely közel hat évvel ezelőtt került pályára. Az új ViaSat-2 hagyományos, hidrazinnal működő hajtóművei segítségével a 69,9° nyugati földrajzi hosszúság fölötti geostacionárius pozícióba tart.

A 3551 kg-os Eutelsat-172B az első tisztán elektromos (ionhajtóműves) meghajtású kereskedelmi távközlési hold, amely Airbus Defence and Space vállalatnál épült. Ez az újítás, amelyet először a Boeing vezetett be, kisebb tömegű, és így költségta-
karékosabb űreszközök készítését teszi lehetővé. Bár az ionhajtóművek tolóereje viszonylag kicsi – ezért hosszabb időbe, jelen esetben 4 hónapba telik elérni a végleges geostacionárius pályát

–, a magasabb hatásfok miatt a műholdnak kevesebb hajtóanyagot kell magával vinnie. Amint a neve is mutatja, a párizsi székhelyű Eutelsat legújabb távközlési holdja 172° keleti hosszúság fölé kerül majd. Innen a Csendes-óceán, Ázsia, Ausztrália, Alaszka térségét éri majd el szolgáltatásaival. Elsődleges feladata szintén szélessávú kapcsolat biztosítása, például a Csendes-óceánt átrepülő gépek utasai számára. Az új műhold a 10 éve pályán levő Eutelsat-172A-t váltja fel. Mivel még a régi is működőképes, azt átirányítják majd egy másik pozícióba.

Az első „használt” Dragon. A SpaceX június 3-án felbocsátott Dragon teherűrhajója (CRS-11) egyszer már járt a Nemzetközi Űrállomásnál. Legalábbis a szerkezet jelentős részét hasznosították újra, a teherszállítmányt megrendelő NASA beleegyezésével. Az űreszköz egyes szerkezeti elemei már megfordultak a világűrben, a 2014 szeptemberében indított CRS-4 jelű küldetés alkalmával. Mint ismeretes, a Dragon jelenleg az egyetlen használatban levő teherűrhajó-típus, amelynek egyik egysége képes a visszatérésre hőpajzsos és ejtőernyős légköri fékezéssel. Így az ISS-ről kísérleti mintákat, alkatrészeket juttathat vissza a Földre. Természetesen egyes komponenseket ki kellett cserélni, például a 2014. októberi visszatéréskor elhasználódott hővédő pajzsot, vagy azokat az alkatrészeket, amelyek érintkeztek a Csendes-óceán sós vizével a leereszkedést követően. A külső (nem hermetizált) rakodóteret alkotó szerkezeti elemek is újak, hiszen az előző alkalommal azok leváltak és megsemmisültek a légkörben.

A Dragon CRS-11 jelű startja a SpaceX Falcon-9 rakétájával a floridai Kennedy Űrközpont 39A indítóhelyéről történt. Az űrtörténelmi startállásból egyébként ez volt kereken a századik indítás. Az ISS felé tartó teherűrhajó rakományának tömege mintegy 2,7 tonna. Ebbe tudományos kísérleti berendezések, minták és az űrbázis lakóinak ellátására szolgáló dolgok (élelmiszer, felszerelési tárgyak) értendők.

A rakományból kb. 1 tonna a külső tárolótérben jut fel, ez a tömeg három kísérleti berendezés között oszlik meg. Közülük az egyik az asztrofizikai célú, a röntgentartományban működő NICER (Neutron star Interior Composition Explorer), a NASA-nak a neutroncsillagokat kutató és a röntgenpulzárok segítségével történő navigáció módszerét is kikísérletező eszköze. A másik egy kísérleti hajlékony napelemes rendszer (Roll-Out Solar Array), a harmadik egy hiperspektrális földmegfigyelő kamerarendszer, amely az ISS külsejére kerül. A hermetizált raktérből az űr-

hajósok pakolják majd át az űrállomásra a rakományt, benne például egy 40 kísérleti egeret tartalmazó egységet, amelyekkel egy csontritkulás elleni kísérleti gyógyszert próbálnak ki. Az „egércsapat” fele élve fog visszatérni a Földre – ez lesz az első alkalom, hogy a Dragon leszállóegységével élő állatok utaznak. A többiek néhány héttel tovább maradnak fent az ISS-en, de mindkét kategóriába tartozó egereket végül feláldozzák majd a tudomány oltárán... A Dragonnal gyümölcslegyek ezrei is feljutnak majd az űrállomásra, természetesen egy zárt kísérleti berendezés belsejében.

India legerősebb rakétája működésben. A GSLV Mk.3 az indiai Geosynchronous Satellite Launch Vehicle rakéták harmadik számú változata, amelyet az Indiai Űrügynökség (Indian Space Research Organisation, ISRO) műholdak geoszinkron (átmeneti) pályára juttatásához fejlesztett ki. Tolóereje elegendő ahhoz, hogy a GSLV előző, jelenleg használatban levő Mk.2 változatához képest közel megkétszerezze a pályára állítható hasznos teher tömegét. A GSLV Mk.3 első fokozata részben két szilárd hajtóanyagú gyorsítórakétából (S200) áll, amelyek a később beinduló, két Vikas hajtóművel felszerelt, folyékony (hidrazin) hajtóanyaggal üzemelő mag (L110) egy-egy oldalán kaptak helyet. Az utolsó rakétafokozat (C25) is folyékony, kriogén üzemanyagot használ, egy CE-20 hajtóművel. Az új indiai rakéta 2014 decemberében már végrehajtott egy szuborbitális tesztrepülést, akkor még a második fokozat nélkül.



A GSLV Mk.3 június 5-én emelkedett a magasba első orbitális repülésére a Sriharikota szigetén fekvő Satish Dhawan Űrközpontból. Az orrkúpja alatt a hasznos teher a 10 éves élettartamra tervezett indiai GSAT-19E távközlési hold volt. Feladata szélessávú video- és adatátvitel lesz. A fedélzeti üzemanyaggal

együtt 3136 kg-os starttömegű műhold a legnagyobb, ami valaha indiai területről az űrbe jutott. A műholdon egy sor új műszaki megoldást is kipróbálnak, például az I-6K jelű modulrendszerű platformot, ionhajtóműveket, aktív hőmérséklet-szabályozó rendszert, Li-ion akkumulátorokat.

Az új hordozórakétával India nagy lépést tett afelé, hogy megszüntesse függőségét más országok hordozórakétáitól. Az ország legnagyobb, geostacionárius pályára szánt kommunikációs holdjai jelenleg az európai Ariane-5 rakétákkal indulnak, mivel tömegük túl nagy a GSVL Mk.2 számára. Az ISRO közlése szerint a GSLV Mk.3 kapacitása 4 tonna geostacionárius átmeneti pályára. (Ilyen elnyúlt ellipszispályákról a műholdak saját hajtóműveik segítségével érik el a 36 ezer km magas körpályát.) Alacsony Föld körüli pályára (600 km-es magasságig) a legnagyobb teljesítményű indiai rakéta akár 8 tonnás tömeget is el tud majd juttatni. Összehasonlításképp, ezek a számok megközelítik az amerikai Atlas-5 rakétára jellemző adatokat, annak szilárd hajtóanyagú segédtrakéták nélküli alapkonfigurációjában.

Egy év után újra Proton. Az orosz nehézzrakétát tavaly ilyenkor használták utoljára. Most az EchoStar-21 távközlési holdat állította pályára. A startra a Virginia államban bejegyzett amerikai-orosz vegyesvállalat, az ILS (International Launch Services) szervezésében került sor a kazahsztáni Bajkonurból, június 8-án. A Proton-M hordozórakéta Briz-M végfokozata öt különálló működéssel, az indítás után valamivel több mint 9 órával állította a kijelölt geostacionárius átmeneti pályára az amerikai EchoStar-21 műholdat. Ennek elsődleges feladata S-sávú mobil szélessávú adatátviteli szolgáltatás nyújtása európai ügyfelek számára. A geostacionárius pályamagasságban állomáshelye 10,25° keleti hosszúság fölött lesz. A 6,9 tonnás EchoStar-21 a Space Systems/Loral vállalatnál épült.

Proton rakéta majdnem pontosan egy évvel ezelőtt, 2016. június 9-én működött utoljára, akkor az Intelsat-31/DLA-2 távközlési hold volt a hasznos terhe. A startokat az orosz szakemberek azért állították le, hogy a rakéta második fokozatának hajtóművével kapcsolatban felmerült technikai problémát megvizsgálhassák. A tavalyi start ugyan sikerrel végződött, de a Proton második fokozata nem nyújtotta az elvárt teljesítményt, azt a harmadik fokozat és a Briz-M gyorsítófokozat segítségével pótolták. További több hónapos váratlan késedelmet okozott a feltárt gyártási hibák miatt egyes orosz rakétahajtóművek visszahívása, a gyanúba keveredett részegységek cseréje. A Proton rakéták

második és harmadik fokozatában működő RD-0210 és RD-0212 hajtóművekben bizonyos helyeken gondatlanul, a szükségesnél gyengébb minőségű (olcsóbb) fémötvözetekből készült alkatrészeket építettek be. Emiatt a már a Bajkonurba leszállított, illetve még a Hrunyicsev vállalat Moszkva melletti üzemében levő rakétahajtóműveket vissza kellett vinni a Voronyezs melletti gyárba, ahol az alkatrészeket eredetileg beépítették. Összesen három, már késznek tűnő Proton rakétát kellett szétszerelni és megjavítani, ami jelentős késést okozott és nyilván többletköltséggel járt.

A késés valójában rekordméretű a Proton hosszú történetében. A rakéta első változatát (UR-500) 1965-ben vették használatba, azóta több mint 400 alkalommal használták ürindításra. Az eddigi leghosszabb kimaradás 247 napos volt, 1966. július 6. és 1967. március 10. között, amikor megtörtént a váltás a Proton első, kétfokozatú változata és a Proton-K verzió között.

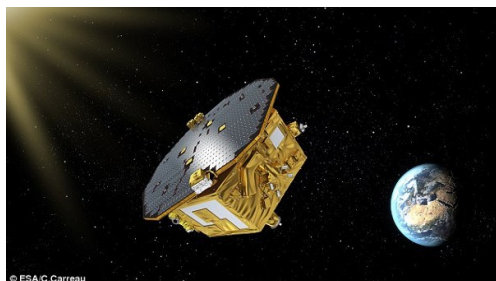
Újjáalakult a Nemzeti Űrtanács az Egyesült Államokban. Huszonnégy évi szünet után áll fel újra a testület, hogy az űrkutatásban is nagyra tegye Amerikát. Donald Trump elnök június 30-án írta alá azt a régóta várt elnöki rendeletet (Executive Order), amellyel újjáalakította a Nemzeti Űrtanácsot (NSC, National Space Council). Az aláírási ceremónián a Fehér Házban jelen volt a Kongresszus több tagja, az űripar képviselői és nem utolsósorban három űrhajós, Buzz Aldrin, Benjamin Drew és David Wolf, valamint az Apollo program legendás repülésirányítója, Gene Kranz. Az NSC 1993 óta nem működött, utoljára még az idősebb, George W. H. Bush elnöksége idején volt aktív. Mint a mostani rendelet 1. pontjában olvasható: „A Tanácsot formálisan soha nem oszlatták ugyan fel, de az érdemi működése 1993-ban megszűnt.” A mindössze tíz percig tartó eseményen Trump elmondta, hogy „a mai bejelentés világos üzenet a világnak, hogy helyreállítjuk Amerika büszke örökségét, vezető szerepünket az űrben”. Az elnök bejelentette, hogy az NSC lesz a kormányzaton belül az űrpolitika irányításának központja.

Az NSC elnöke Mike Pence, az Egyesült Államok alelnöke, tagjai az űrtevékenységben érintett minisztériumok és más állami szervek vezetői (felépítése hasonló ahhoz, ahogyan az idősebb Bush elnök idejében, 1989 és 1993 között működött). A Tanács feladata, hogy űrpolitikai és stratégiai kérdésekben segítse az elnök munkáját, és végrehajtsa az elnök által kijelölt feladatokat. Ezen belül a Tanács áttekinti az USA űrpolitikáját, a hosszú távú célokat is beleértve, ajánlásokat fogalmaz meg az elnök szá-

mára, összehangolja a polgári, nemzetbiztonsági és kereskedelmi űrszektor működését, biztosítva a területek közötti információ-cserét és szoros együttműködést, tanácsot ad nemzetközi ügyekben. A Tanács legalább évente egyszer ülésezik. A Tanács szakértői csoportot hív össze a nem kormányzati területen dolgozó szakemberek részvételével (Users' Advisory Group), amelyben fontos szerepet kap az űripar érdekeinek érvényesítése. Mint az elnök elmondta, az űripari vezetők részéről jelentős érdeklődést tapasztalt, szeretnének részt venni a testület munkájában.

Jégkockák az ISS-en. Olyan, mintha CubeSatok lennének, de a kockákba csak a kísérlet kerül, az energiát és az adatforgalmat a Nemzetközi Űrállomás biztosítja. A Le Bourget-i repülési és űrhajózási kiállításon az ESA emberes űrrepülésekért felelős igazgatója, David Parker szerződést írt alá a Space Applications Services céggel, amelynek értelmében kereskedelmi alapon helyet biztosítanak a Nemzetközi Űrállomás fedélzetén súlytalansági kísérletek számára. Az „Ice Cubes”, azaz „jégkockák” nevű szolgáltatás kísérleteit az ISS európai, Columbus moduljában hajtják végre, az egyes kísérletek akár négy hónapon keresztül is folyhatnak.

Az előkészítés közben a szakértői tanácsadást, majd az űrhajósoknak a kísérlet végrehajtására fordított munkaidejét a szerződés keretében biztosítják. A súlytalanságban legkülönbözőbb területeken végezhető kísérletek, akár gyártási folyamatok továbbfejlesztésére is lehetőség van. Az Ice Cubes tulajdonképpen egy moduláris tároló, amely körülbelül akkora, mint egy mikrohullámú sütő, így becsúszatható a Columbus modul valamelyik rekeszébe, ahol az ISS energiaellátó és adatrendszeréhez kapcsolódik, utóbbin keresztül továbbítják a kísérletek eredményeit a Földre. Az egyes kísérleteket CubeSat méretű, azaz $10 \times 10 \times 10$ cm-es kockákban helyezik el, amelyekből húsz egy egységes darabot lehet az Ice Cubes rekeszébe elhelyezni. A Space Applications Services társalapítója elmondta, hogy miközben az ESA a távolabbi világűr felderítésére helyezi tevékenysége súlypontját, aközben az alacsony Föld körüli pálya lehetőségeit rajtuk keresztül bárki számára elérhetővé teszi. Az áraiokról annyit mondott el, hogy az oktatási intézményeknek kedvezményt adnak, de az egyetemeken kívül a kutatási szféra és az ipar érdeklődésére is számítanak, mert soha ilyen könnyen nem lehetett még kísérletet küldeni az ISS-re, mint rajtuk keresztül. Az első kísérletek egyébként már startra készek, jövőre kerülhetnek fel az ISS-re.



Az utolsó parancs a LISA Pathfindernek. Július 18-án lekapcsolták a gravitációs hullámokat kereső majdani LISA rendszer technológiai kísérleteit sikerrel elvégző európai szondát. A Nap-Föld-rendszer belső, L1 jelű Lagrange-pontjánál műkö-

dött LISA Pathfinder 2015 decemberében indult Kourouból egy Vega hordozórakétával. A program befejezését jelentő, az űreszközt végérvényesen kikapcsoló parancsot az ESA darmstadti irányítóközpontjából (ESOC) adta ki ünnepélyes keretek közt Stefano Vitale, a kutatóprogram vezetője. A LISA Pathfinder feladata még nem a távoli galaxismagokban összeolvadó szupernagy tömegű fekete lyukak keltette gravitációs hullámok detektálása volt. Egy olyan kritikus technológiai megoldást próbált ki, amely majd a később – az aktuális tervek szerint 2034-es indításra – tervezett LISA (Laser Interferometer Space Antenna) számára lehetővé teszi a téridő hihetetlenül kis periodikus „fodrozódásának” kimutatását. A LISA Pathfinder belsejében két kocka alakú, 46 mm-es arany-platina próbatest repült, ezek a körülöttük levő űreszköz falával nem érintkezhettek. Kipróbálták a távolságuk pontos mérésének lézerinterferométeres módszerét és azokat a mikrohajtóműveket, amelyek feladata a szondára ható, a mérést zavaró gyorsító erők – például a Nap sugárnyomása – folyamatos és tökéletes kompenzálása.

A kísérlet fényesen sikerült. A LISA Pathfinder nem csak teljesítette az előzetesen várt pontossági szintet, hanem jóval túl is szárnyalta azt. A két kocka, amelyek a gravitációs térben minden más külső erőhatástól mentes, tehetetlenségi pályán mozogtak, a vártnál sokkal pontosabban tartották távolságukat. Az elsődleges kísérletek végeztével az űrszondával még egy nem tervezett feladatot is végrehajtottak működése utolsó hónapjaiban: mikrometeoritok becsapódását vizsgálták. Időközben a szondát eltávolították az L1 pont körüli pályájáról. Működésének utolsó napjaiban, már „minden mindegy” alapon még olyan dolgokat is csináltak az LISA Pathfinder berendezéseivel, amiket korábban nem mertek volna. Kipróbálták, meddig mehetnek el például a mikrohajtóművek üzemeltetésében, a napsugárzás okozta hőmérséklet-növelésben, mit bírnak ki az érzékeny fedélzeti műsze-

rek. Ezek a tapasztalatok jól jönnek majd az „igazi” LISA szondáinak tervezésekor. A LISA Pathfinder most már némán, lekapcsolva kering a Nap körül.

Szojuz MSZ–05: hárman az ISS-re. Az orosz űrhajó egy-egy orosz, amerikai és olasz utassal indult a Nemzetközi Űrállomáshoz (ISS). Magyar dózismérő eszközöket is vittek. Az orosz Szergej Rjazanszkij, az amerikai Randy Bresnik és az Európai Űrügynökséget képviselő Paolo Nespoli az űrállomás 52. számú állandó személyzetéhez csatlakozik. A már fent tartózkodó hármas parancsnoka Fjodor Jurcsihin (Oroszország), tagjai Jack Fisher és Peggy Whitson (USA). Az űrállomáson dolgozó csapatot hat főre kiegészítő triót szállító Szojuz MSZ–05 július 28-án startolt a kazahsztáni Bajkonurból. A most feljutó hármas folytatja majd a munkáját az űrállomás következő, 53. legénységében is, több mint négy hónap elteltével térnek vissza a Földre.

Az ESA űrhajója, a repülőmérnöki végzettségű Paolo Nespoli 60 ével ezelőtt, ugyanabban az évben született Milánóban, amikor az űrkorszak a Szputnyik–1 pályára állításával megkezdődött. Kitartóan, háromszor is pályázott arra, hogy bekerüljön az űrhajósok csapatába, ami végül 1998-ban sikerült neki. Eddig összesen 174 napot töltött a világűrben. 2007-ben a Discovery űrrepülőgéppel (STS–120) viszonylag rövid időre érkezett az űrállomásra, 2010-ben a Szojuz TMA–20 űrhajóval pedig hosszabb tartózkodásra, az ISS 26/27-es számú csapatainak tagjaként. Érdekes adat, hogy 188 cm-es testmagasságával Nespoli a legmagasabb európai űrhajós, és nem sokkal marad el az abszolút csúcstartó, 193 cm-es amerikai Jim Wetherbee mögött (pontosabban: alatt). Nespoli küldetésének rövidítése VITA, ami a Vitality, Innovation, Technology és Ability (vitalitás, innováció, technológia és képesség) angol szavak kezdőbetűiből áll össze, emellett olaszul életet jelent. Ez részben utal a Nespoli által elvégzendő kísérletek jellegére is: jellemzően biológiai, élettani kísérletekben vesz majd részt, de nem maradnak ki az anyagtudományi, technológiai és környezeti megfigyelési tudományos programok sem.

Amikor nem a kísérleteket hajtja végre, Nespoli ugyanúgy részt vesz az ISS fenntartásával kapcsolatos munkában, mint amerikai és orosz kollégái. Feladatai közt szerepel majd az űrrepülés, a tudományok, az egészséges életmód népszerűsítése is a fiatalok körében. Paolo Nespoli emellett az európai Astro Pi Challenge nagykövete. A program keretében európai diákok saját programjaikat futtathatják az ISS-en telepített Raspberry Pi

miniszámítógépeken – mint például nemrég a kaposvári UltimaSpace csapat. Nespoli két társa közül a Szojuz parancsnoka, a 42 éves Rjazanszkij képzettségét tekintve biokémikus, 2003-ban választották az orosz űrhajósok csapatába. Most másodszor vesz részt űrrepülésen. Korábban az ISS 37/38-as legénységében dolgozott, 166 napot töltött már a világűrben. A 49 éves amerikai Bresnik katonai pilóta volt. 2009-ben az Atlantis űrrepülőgéppel 11 napot töltött a Föld körül. Ő lesz szeptembertől az űrállomás 53. számú személyzetének parancsnoka.

A Szojuz MSZ-05 repülésének magyar vonatkozása, hogy az MTA Energiatudományi Kutatóközpont (EK) legújabb dózismérői is útnak indultak az ISS fedélzetére. Az ESA DOSIS-3D kísérletsorozatának tizenegyedik küldetése kezdődhet meg ezzel a starttal, melynek célja továbbra is a sugárzási tér széles körű felmérése az ISS Columbus moduljában. A Német Repülési és Űrügynökség (DLR) tudományos koordinálásával, széles nemzetközi együttműködés keretében végrehajtott kísérletsorozatban a kutatók az európai modul 11 pontjában végeznek dozimetriai célú méréseket kombinált termolumineszcens és szilárdtest nyomdetektorok segítségével.

2017. augusztus

Elindult a TDRS-M, a NASA geostacionárius adatátjátszó műholdrendszerének legújabb tagja. A TDRS-M (Tracking and Data Relay Satellite-M) műhold augusztus 18-án emelkedett a magasba Floridából, egy Atlas-5 hordozórakéta segítségével. A végső, elnyúlt átmeneti pályát a rakéta Centaur végfokozatával alakították ki. A 408 millió dollárból a Boeing cégnél készült TDRS-M feladata a rendszer többi, a geostacionárius pályáiv mentén a Föld körül különböző pozíciókban elhelyezett, aktív tagjával együtt a földi irányítók és egy sor alacsony pályás űreszköz folyamatos kommunikációs kapcsolatának biztosítása. A rendszer által kiszolgált űreszközök között megtalálható a Nemzetközi Űrállomás, a Hubble-űrtávcső, és még vagy három tucatnyi tudományos és földmegfigyelő mesterséges hold. A NASA számára a TDRS kritikus háttér-infrastruktúrának számít. Enélkül akadozna az adatáramlás a Föld körül keringő, az alacsony pálya miatt az égen gyorsan mozgó – így egy adott követőállomás látóteréből hamar kikerülő – műholdakról. A geostacionárius holdak közvetítése miatt kevesebb követőállomás is elég. A NASA adatközpontjai Új-Mexikban és Guam szigetén találhatók.

A TDRS-M lesz a rendszer 12. műholdja. Kezdetben (1983 és 1995 között) az adatátjátszó műholdrendszer tagjait űrrepülőgép utak alkalmával vitték fel, majd állították önálló pályára. A TDRS-A 1983-ban állt üzembe. A mostani műhold a TDRS-K-val kezdődött harmadik, modernizált sorozat utolsó, harmadik darabja. Ezek mind Atlas-5 rakétával indultak. A TDRS holdak első generációjának tagjai jócskán túlteljesítették az elvárt hasznos élettartamukat. A 2000 és 2002 között indított második sorozatba tartozó, H, I és J jelű holdak mostanában érik el a névleges „szavatossági idejüket” végét. Hogy a rendszer a következő évtizedben is biztonságosan üzemeljen, elkészültek a K, L és M holdakkal, amelyek közül most az utolsó is pályára került. Jelenleg 9 működőképes TDRS hold van geostacionárius pályán, közülük 2 tartalék a nem várt meghibásodások esetére. Két régebbi hold (TDRS-A és -D) már kikapcsolva, a geostacionárius magasság fölé irányítva kering a Föld körül.

A minimum 15 éves működésre tervezett TDRS-M egyébként az utolsó műhold, amely a Hughes (később Boeing) cég egykor nagyon sikeresnek számító 601-es platformjára épült. A mostanival együtt 1987 óta összesen 76 ilyen épült, főleg kereskedelmi távközlési űreszközök. Beüzemelését követően az Atlanti-óceán fölötti pozícióba irányítják majd. Ami a jövőt illeti, egyelőre még nem dőlt el, hogyan folytatódik a TDRS műholdak sorozata. Szakértők szerint akárhogy is lesz, a technológiaváltás, a lézeres kommunikációs berendezések nem maradhatnak ki a rendszerből.

2017. szeptember

Újra úton az X-37B. Az amerikai katonai miniűrrepülő ezúttal egy Falcon-9 rakéta állította pályára Floridából, szeptember 7-én. A közelgő Irma hurrikán fenyegetésével a háttérben készítették elő a SpaceX szakemberei a Falcon-9 legújabb repülését. A hasznos teher ezúttal az Amerikai Légierő (U.S. Air Force) titkos küldetéssel induló, ember nélküli, automata üzemmódban, siklórepülésben visszatérni képes űrrepülőgépe volt. Az X-37B-ből két példány készült eddig, amelyek korábban összesen négyszer repültek – mindig Atlas-5 rakétákkal startolva. Az X-37B útja valószínűleg hosszú hónapokig, ha nem egy-két évig tart. Legutóbb a májusban véget ért OTV-4 (Orbital Test Vehicle Mission-4) jelű út 718 napon át tartott. A mostani OTV-5-ös repülés programjáról sem lehet sok mindent tudni, az X-37B katonai

jellege miatt. Az biztos, hogy az űreszközzel (vagy magáról a hordozórakétáról) a Föld körül több apró kísérleti műhold (CubeSat) kerül önálló pályára.

Bár ez az X-37B ötödik repülése – hogy pontosan melyik példányé a kettő közül, az sem nyilvános –, több elsőség is kapcsolódik hozzá. Most használják ki először az alkalmat külön kis műholdak pályára helyezésére. A szószavú, csak egyetlen kísérletről említést tevő előzetes információs anyag szerint a pálya hajlásszöge nagyobb lesz, mint a korábbi küldetéseknél, amikor az űrrepülő az egyenlítői síkhoz képest 38° és $43,5^\circ$ közötti szögeket bezáró pályasíkokban keringett.

Szojuz MSZ-06. Egy orosz és két amerikai űrhajóssal egészült ki a Nemzetközi Űrállomás személyzete. Bajkonurból szeptember 12-én startolt az orosz Szojuz MSZ-06 űrhajó. A trió parancsnoka az orosz Szergej Miszurkin volt, társai a NASA képviselőjében Mark Vande Hei és Joe Acaba. Mintegy hat órán (négy Föld körüli keringésen) át tartó út után érkeztek az ISS-hez, ahol űrhajójuk csatlakozott a Poisk modulhoz. Hárman az űrállomás 53. számú személyzetének már fent levő három tagjával, Randy Bresnik parancsnokkal (USA), valamint Szergej Rjazanszkijjal (Oroszország) és Paolo Nespolival (Olaszország / ESA) dolgoznak majd együtt. Mint a névsorból kitűnik, ezúttal csupa férfiakból álló legénység tartózkodik az ISS-en.

Az amerikaiak közül Mark Vande Hei újonc űrhajós, Joe Acaba eddig már két alkalommal repült (STS-119 Discovery, Szojuz TMA-04M – ISS 31/32-es személyzet; összesen közel 138 nap). Az utóbbit csak később, az idei év elején jelölték ki a legénység tagjának, miután biztossá vált, hogy az orosz Roszkoszmosz takarékosági célból, átmenetileg egy fővel csökkenteni az űrállomáson tartózkodó űrhajósainak létszámát és a Szojuzban megüresedő helyet az amerikai partnerének, a NASA-nak kínálja fel. Alekszandr Miszurkin eddig bő 166 napot töltött a világűrben (Szojuz TMA-08M, ISS 35/36-os személyzet). A most indult űrhajósok előreláthatólag 2018. február végéig élvezik az űrállomás vendégszeretetét, a Szojuz MSZ-06 kapszulájában akkor térnek majd vissza a Földre.

Cassini: eljött a vég. Szeptember 15-én belépett a Szaturnusz légkörébe és megsemmisült az 1997-ben indított, az óriásbolygó körül 2004 óta keringő Cassini-űrszonda. A Cassini 20 évvel ez előtt indult ugyan, de a program története már közel három és fél évtizedes múltra tekinthet vissza, hiszen a Szaturnuszt és holdrendszerét meglátogató küldetést az 1980-as évek első felében kezdték el tervezni. A Cassini az amerikai NASA vezetésével, az ESA és az Olasz Űrügynökség (ASI) jelentős közreműködésével készült. Az ESA építette a Huygens-szondát, amely a Szaturnusz közelébe érve levált a Cassiniról és 2005 januárjában sikeresen leszállt a légkörrel borított Titan hold felszínére.



A Cassini tudományos műszerei közül kettőhöz magyar részvétel is kapcsolódik. Az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontjának elődjében a fedélzeti magnetométer (MAG) és a plazma spektrométer (CAPS) létrehozásában vettek részt a földi ellenőrző berendezések és a kalibráló rendszerek megépítésével. A magyar kutatók a műszerekkel gyűjtött adatok tudományos elemzéséből is kivették a részüket.

A Cassini-szonda szeptember 15-én, az előzetes pályaszámítások értelmében magyar idő szerint pár perccel 14 óra előtt semmisült meg a Szaturnusz légkörének sűrű rétegeiben. (Ez az időpont az információnak a Földreérésére vonatkozik, a bolygó távolságából fénysebességgel majdnem másfél órán át érkeztek a rádiójelek.) Ameddig csak lehet, a már kikapcsolt kamerák kivételével működtek és adatokkal szolgáltak a fedélzeti mérőberendezések. Utána a veterán űrszonda izzó meteorként végezte a Szaturnusz atmoszférájában.

2017. október

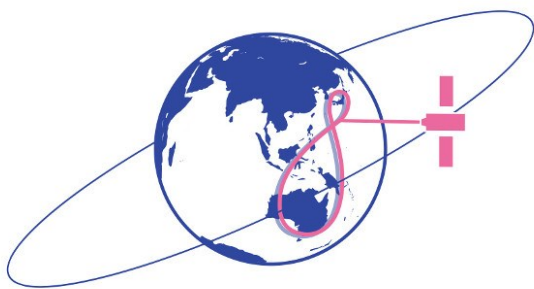
50 éves az Alapelszerződés. Október 10-én éppen fél évszázada lépett hatályba a mindmáig az űrtevékenység nemzetközi jogi alapját jelentő Alapelszerződés. Mostanra már több mint száz ország csatlakozott az egyezményhez. A szerződés a Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies valóban „kacifántos” címet viseli, ezért angolul is csak egyszerűen Outer Space Treaty címmel emlegetik. Innen ered rövid magyar elnevezése, az Alapelszerződés (vagy mások szerint Világűrszerződés) is. A szerződés szövegét az ENSZ Közgyűlés 1966. december 19-én, 2222 (XXI) számú határozatával fogadta el. A 2017. január 1-jei állapot szerint az Alapelszerződést 105 állam ratifikálta, további 25 pedig aláírta de (még) nem ratifikálta.

A Szerződés hosszú előkészítő munka nyomán született meg. Az ENSZ Közgyűlés 1959. december 12-én, 1472 (XIV) határozatával létrehozta a Világűrbizottságot. Kennedy elnök az ENSZ Közgyűlésén mondott beszédében már 1961-ben szorgalmazta a földi jog kiterjesztését a világűrre. A Szovjetunió képviselője már 1962 tavaszán a COPUOS Jogi Albizottsága első ülészakán előterjesztette az államok űrtevékenységét szabályozó Nyilatkozat tervezetét, amelyet a Közgyűlés 1963 decemberében konszenzussal elfogadott. Ez a Nyilatkozat szolgált később az Alapelszerződés alapjául. A szerződés tervezetét a Jogi Albizottság 1966. július 12-én kezdődő, ötödik ülészakán öntötték végleges formába, és terjesztették a Közgyűlés, illetve annak I. Bizottsága elé. Utóbbi december 17-én támogatta a Szerződést, így azt a Közgyűlés két nappal később, az említett határozatában elfogadta. A Szerződést 1967. január 27-én nyitották meg aláírásra, majd 1967. október 10-én lépett hatályba.

Magyarország azonnal csatlakozott az Alapelszerződéshez, az 1967. évi 41. törvényerejű rendelet hirdette ki (a „Szerződés az államok tevékenységét szabályozó elvekről a világűr kutatása és felhasználása terén, beleértve a Holdat és más égitesteket” című, Moszkvában, Londonban és Washingtonban 1967. január 27-én aláírt szerződés kihirdetéséről), ezzel került be a nemzetközi szerződés a magyar jogrendbe. A rendelet szerint „A Magyar Népköztársaság megerősítő okiratainak letétele a Szovjet Szocialista Köztársaságok Szövetsége Kormányánál, Nagy-Britannia és Észak-Írország Egyesült Királyság Kormányánál és az Amerikai Egyesült Államok Kormányánál 1967. június 26-án megtörtént.”

Kimondja továbbá, hogy „Ez a törvényerejű rendelet a kihirdetése napján lép hatályba, rendelkezéseit azonban 1967. október 10. napjától kell alkalmazni. Végrehajtásáról a Kormány gondoskodik.”

Érdemes röviden felidézni a szerződés tartalmát. Ezt illő módon a világűrjog legjelesebb hazai tudora, a néhány éve elhunyt Gál Gyula szavait idézve tehetjük meg, aki így foglalta össze a szerződés lényegét (Almár–Both–Horváth–Szabó: Úrtan, 275. old.). „A világűrjogi jogalkotás legfontosabb szerve az ENSZ Világűrbizottságának (COPUOS) Jogi Albizottsága, amely a világűrjog tételes anyagának magvát képező szerződéseket dolgozta ki. Ezek közül legfontosabb a világűrjog alapokmányát képező, 1967. január 27-én aláírt Alapelvszerződés (Szerződés az államok tevékenységét szabályozó elvekről a világűr kutatása és felhasználása terén, beleértve a Holdat és más égitesteket). Az Alapelvszerződés főbb rendelkezései. Az űrkutatás az emberiség közös vállalkozása, a világűr az egyenlőség alapján minden állam részéről szabadon kutatható és hasznosítható. A világűrben szuverenitásigény, foglalás, kisajátítás nem érvényesíthető. A világűr-tevékenységet a nemzetközi joggal, az ENSZ Alapokmányával összhangban kell folytatni. Nukleáris és más tömegpusztító fegyvereket Föld körüli pályára juttatni, vagy bármi más módon a világűrben elhelyezni nem szabad. A Holdon és más égitesteken kizárólag békés célú tevékenység folytatható. Az űrhajósok az emberiség követői, nekik az államok minden segítséget kötelesek megadni. Az államok nemzetközi felelősséggel tartoznak a világűr-tevékenységért akkor is, ha azt nem állami szervek hajtják végre. Ez vonatkozik a felbocsátó vagy a felbocsátást lehetővé tevő állam felelősségére az űrtevékenység által okozott károkért is. A lajstromozó állam joghatósága fennmarad az űrobjektum és annak személyzete felett a világűrben is. Ugyanígy az űrobjektum tulajdonjoga is, ezért azt a nyilvántartó államnak vissza kell szolgáltatni. A világűr-tevékenységet az összes állam megfelelő érdekeinek figyelembevételével, az együttműködés és kölcsönös segítségnyújtás szellemében kell folytatni. Az űrállomások és más berendezések a Holdon és már égitesteken a viszonzosság elve alapján nyitva állnak más szerződő államok számára is. A világűr-tevékenység során el kell kerülni a káros szennyeződést, valamint a földi környezet hátrányos megváltoztatását. Az űrtevékenységről a szerződő államok tájékoztatják az ENSZ-et és a tudományos közvéleményt.”



Kész a QZSS. Felbocsátották Japán regionális navigációs műholdrendszerének negyedik, egyelőre utolsó tagját. A QZSS (Quasi-Zenith Satellite System), azaz a zenit-hez közel látszó műholdak rendszerének

célja az amerikai GPS műholdas hely- és időmeghatározó rendszer japán igényekre szabott kiegészítése. A közepes magasságú pályákon keringő, a Földet nagyjából fél nap alatt megkerülő GPS holdak mellé egy napos keringési idejű, vagyis geoszinkron pályájú, a GPS-ével kompatibilis L-sávú jeleket sugárzó holdakat adnak. A navigációs vevőberendezések mindkét típusú üreszköz rádiójeleit képesek venni és feldolgozni.

Az első QZSS műholdat (Micsibiki-1, vagy angolosan átírva Michibiki-1) 2010-ben bocsátották fel Japánból az egyenlítői síkkal mintegy 32° -os szöget bezáró pályára. Ezek a műholdak a Földről nézve egy nap során egy adott égi pont környezetében aszimmetrikusan eltorzult nyolcas alakot írnak le az égen. Ugyanilyen fajta geoszinkron pályára került a Micsibiki-2 idén júniusban, míg a harmadikként felbocsátott japán navigációs hold speciális, az Egyenlítő síkja közelében húzódó geoszinkron, más néven geostacionárius pályára állt. Az ilyen műholdak a földi megfigyelő számára állni látszanak az égen. Ez utóbbi műhold is 2017-ben, augusztusban indult.

A közel 4 tonna tömegű Micsibiki-4 (QZS-4) október 10-én emelkedett a magasba Tanegashima szigetéről, egy H-2A hordozórakétával. Geoszinkron, 41° -os hajlásszögű pályán működik majd. Ezzel befejeződött a GPS japán regionális kiegészítő műholdrendszerének kiépítése. Pontosabban akkor fejeződik majd be igazán, ha a műhold berendezéseit beüzemelik és megkezdik a navigációs jelek sugárzását. Ez jövő év áprilisára várható. Ami a jövőt illeti, a 2020-as évekre három új műhold felbocsátását tervezik, hogy az idővel kiöregedő üreszközöknek legyen utánpótlása.

Úton a Sentinel-5P. A levegőminőség szolgálatoszerű monitorozására készülő európai műhold egy orosz Rokot hordozórakétával állt pályára Pleszeckből, október 13-án. Az EU és az ESA Copernicus földmegfigyelő programjának legújabb műholdját az

észak-oroszországi indítóhelyről alacsony, poláris napszinkron pályára juttatták. A műhold nevében a P betű jelentése Precursor, vagyis előfutár, és arra utal, hogy a Sentinel-5 sorozatban később felbocsátandó űreszközök elkészültéig tartó időt hivatott áthidalni. A cél, hogy a Copernicus program addig se maradjon fontos, a légkör összetételére vonatkozó mérési adatok nélkül. A Sentinel-5P tervezett élettartama legalább 7 év. Az „igazi” Sentinel-5 sorozat tagjai a 2020-as évek elejétől indulhatnak majd.

A Sentinel-5P műhold fő műszere a holland vezetéssel épült Tropomi multispektrális képalkotó spektrométer. Ez három, az ultraibolya, látható és infravörös tartományokat is részben lefedő hullámhossz-tartományban érzékeny. Méréseit az elhaladásakor 2600 km széles sávban, $7 \text{ km} \times 3,5 \text{ km}$ -es felbontással végzi majd, így lényegében naponta ismétlődő jelleggel tud információval szolgálni egész bolygónkról. A Tropomi műszer a légkörben nyomokban előforduló, de a levegőminőségre és az éghajlatra jelentős hatást gyakorló gázok (elsősorban az ózon, a nitrogén-dioxid, a kén-dioxid, a metán, a szén-monoxid és a formaldehid) és aeroszolok követésére szolgál. Az adatokat a Copernicus program légkör-monitorozó szolgáltatása használja majd fel, hogy levegőminőségi előrejelzéseket adjon és segítse a döntéshozókat, ha intézkedésekre volna szükség a szennyezés csökkentésére.

A GRACE vége. Végleg felmondta a szolgálatot a Föld gravitációs terét 2002 óta kutató amerikai-német műholdpáros egyik tagja. A GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) háromszorosan túlteljesítette az eredetileg 5 évesre tervezett



hasznos élettartamát, de sajnos már nem érthette meg, hogy a pótlására készülő űreszközök végül pályára álljanak. A GRACE egymástól kb. 220 km-es távolságban, alacsony pályán kötelékben repülő két műholdból állt. Egymáshoz viszonyított pontos helyzetüket GPS alapú műholdas helymeghatározással és mikrohullámú távolságméréssel folyamatosan mérték. Ezeknek a méréseknek a feldolgozásával a Föld gravitációs terének apró válto-

zásairól nyerhettek információt. A fő cél a jégtakaró, az óceáni áramlások és a talaj víztartalma évszakos és hosszabb távú változásainak követése, az éghajlatváltozással való összefüggésük vizsgálata volt.

A GRACE küldetésének folytatását, a még hosszabb távú idősorokat annyira fontosnak ítélte az amerikai NASA és a német DLR is, hogy elhatározták a pótlását. A GRACE Follow-On nevű program várhatóan 2018 elején indulhat, amikor egy Falcon-9 rakéta állítja majd pályára az új műholdpárost (öt Iridium Next mobil távközlési holddal társbérletben). A GRACE Follow-On (FO) műholdakat az Airbus Defence and Space cég gyártotta. Távolságukat a Föld körüli pályán lézeres módszerrel is meghatározzák. A várakozások szerint a méréseik pontossága 20-szorosan meghaladja majd az eredeti GRACE párosét.

A NASA október 27-én jelentette be, hogy a GRACE-B műhold akkumulátorainak végzetes meghibásodása miatt a tudományos programnak a hónap közepén vége szakadt. Szeptemberben még úgy becsülték, hogy novemberig kihúzhatják a megfigyelésekkel, de ez már nem sikerült. Az űreszköz várhatóan decemberben vagy januárban léphet be a sűrű légkörbe, ahol megsemmisül. A GRACE-A akkumulátorai még üzemképesek és van rajta némi maradék hajtóanyag, így azzal további kalibrációs méréseket végeznek, amíg várhatóan 2018 elején az is elég a légkörben. A GRACE-t irányító szakemberek kitűnő munkája nyomán – és ha a GRACE Follow-On indításra a tervek szerint valóban sor kerül jövő év elején – sikerülhet minimalizálni annak az időszaknak a hosszát, amíg a kutatók mérési adatok nélkül kénytelenek maradni.

2017. november

Újabb fontos eredmény a Hitomitól. Egy magyar részvétellel zajló amerikai-japán kutatás eredményei szerint egyes kémiai elemek olyan arányban fordulnak elő a galaxishalmazokat kitöltő gázokban, mint a Napban. Vagyis a szupernóvák által termelt galaxisközi gáz anyagi összetétele – a mangánt, nikkelt, vasat és krómot illetően – megegyezik a mi Napunk összetételével. A Hitomi fejlett szinképelemző berendezésével (Soft X-ray Spectrometer, SXS) a Perseus-galaxishalmazt vizsgálta. A felfedezés arra utal, hogy a Napnál sokkal korábban keletkezett Perseus-galaxishalmaz ugyanazon a kémiai evolúción és csillagképződési folyamaton ment keresztül, mint a Naprendszer. A kutatásban

részt vett Werner Norbert, az ELTE-MTA Forró Univerzum Kutatócsoport munkatársa. Az eredményeket közlő publikáció a Nature folyóiratban jelent meg.

2016 februárjában állították pályára a Hitomi röntgensil-lagászati műholdat. Sajnos a Japán Űrügynökség (JAXA) és a NASA együttműködésével zajló küldetés csak egy hónapig tartott a műhold váratlan meghibásodása miatt. Mégis, a mostani eredményekről szóló beszámoló már a második cikk a Nature-ben, és továbbiak is várhatók.

Amerikai poláris meteorológiai műhold indult. A JPSS–1 (Joint Polar Satellite System) az amerikai légkör- és óceánkutató ügynökség, a Nemzeti Éghajlati Adatközpont (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) új, alacsony poláris pályán működő időjárás-műholdjai sorozatának első képviselője. November 18-án indult a kaliforniai Vandenberg Légítámaszpontból. A hordozórakéta egy Delta–2 volt, amelyet még 1989-ben állítottak szolgálatba. Az azóta eltelt évtizedek során számos katonai, kereskedelmi és tudományos küldetés került pályára Delta–2-vel, eddig összesen 151 alkalommal. A mostani starton kívül azonban már csak egy van hátra, jövőre a NASA ICESat–2 műholdja. Utána a megbízható, közepes teljesítménykategóriába tartozó rakétatípust az üzemeltető United Launch Alliance (ULA) végleg kivonja a forgalomból.

Az 1,6 milliárd dollárba került JPSS–1 az amerikai poláris meteorológiai holdak új generációjának első képviselője. Fedélzeti műszereihez hasonló berendezések a Suomi NPP műholdon üzemelnek, amely 2011 októberében, ugyancsak egy Delta–2 rakétával került pályára. A JPSS–1 ötféle műszerével többek közt figyeli majd a felhőzetet, a ködöt és a füstöt, a hó- és jégborítást, a felsőlégköri ózonréteget, méri a levegő hőmérsékletét és nedvességtartalmát. A légkörről és a környezetről gyűjtött adatait a középtávú (3–7 napos) időjárás-előrejelzési számításokhoz, illetve a földi éghajlat alakulásának tudományos kutatásához használják majd.

A 2,2 tonna tömegű JPSS–1 a Ball Aerospace and Technologies vállalatnál épült, tervezett működési élettartama 7 év. Pályamagassága kb. 800 km, ahol csatlakozik a most még kitűnően működő Suomi NPP-hez, amelynek a feladatait idővel át is veszi majd. A sorozatban tervezett következő három műhold várhatóan 4–5 éves időközönként követi egymást.

Odaveszett 19 műhold. Vosztocsnijból Szojuz–2.1b rakétával indult egy orosz meteorológiai műhold, valamint másodlagos teherként további 18 kis űreszköz. A start a kínai határ közelében fekvő Amur régióban épült Vosztocsnij űrközpontból november 28-án történt. A Metyeor–M2-1 (angolos írásmóddal Meteor–M2-1) időjárás-műhold mellett az Egyesült Államok, Kanada, Norvégia, Svédország, Japán és Németország cégei és kutatóintézetei által készített műholdak álltak volna alacsony Föld körüli pályára. A mostani volt a második indítás a több milliárd dollárnak megfelelő összegből épülő Vosztocsnij bázisról. A bemutatkozó startot tavaly áprilisban hajtották végre. A cél, hogy a jövőben egyre többször indítsanak innen, Oroszország területéről űreszközöket, a Kazahsztánhoz tartozó Bajkonur helyett.

A Szojuz–2.1b hordozórakéta elsődleges hasznos terhe, a 2750 kg tömegű Metyeor–M2-1 öt éves küldetését kezdte volna meg. Poláris pályájának tervezett magassága 826 km volt. A típusból legutóbb 2014-ben került pályára egy példány, akkor még Bajkonurból indítva. (A modernizált Metyeor–M sorozat első tagja 2009-ben állt pályára, a mostani új műhold mindkét elődje működik még.) Az űreszköz kitűzött feladata az időjárás-előrejelzésekre vonatkozó számítások segítése, a felhőborítás, a ciklonok figyelése, a felszín és légkör hőmérsékletének, a levegő páratartalmának mérése, a sarkvidéki jégtakaró tanulmányozása volt. Fedélzetén látható és infravörös fénytartományban érzékeny kamerák, infravörös spektrométer, mikrohullámú sugárzásmérő kapott helyet. A műhold alkalmas lett volna a lakott területektől távol, illetve tengeri bójákra telepített mérőállomások adatainak átjátszására a feldolgozó központba. A Metyeor–M2-1 emellett – az orosz meteorológiai holdak közül elsőként – a nemzetközi Koszpasz–SARSAT műholdas kereső- és mentőrendszer rádiós adó- és vevőberendezését is magával vitte. A szovjet/orosz Metyeor műholdak több generációjában eddig összesen több mint 70 példány repült, 1964-től kezdve.

A rakéta Fregat végfokozata négy óra leforgása alatt nem kevesebb mint hét különböző alkalommal lépett volna működésbe, hogy már a Föld körüli térségben repülve kialakítsa a műholdak végleges pályáit. A balesetet követő vizsgálatok szerint azonban hibásan programozták, a Fregat fedélzeti számítógépe „azt hitte”, hogy Bajkonurból történt az indítás és ennek megfelelően próbálta korrigálni a pályát. Így a 19 űreszközt az Atlanti-óceán fölött visszairányította a légkörbe, ahol azok megsemmisültek.

2017. december

Nicole, Zofia, Alexandre és Irina. Négy új európai Galileo navigációs műhold indult – egyszerre, egy Ariane–5 rakétával. A nevek eredete, hogy évekkel ezelőtt minden európai uniós tagországban gyermekrajzversenyeket hirdettek, és a győztesek keresztneveit kapta meg egy-egy navigációs műhold. Ezúttal az osztrák, a lengyel, a portugál és a román nyertesről elnevezett űreszközök kerültek az Ariane–5 ES rakéta orrkúpja alá. A műholdak indítási tömege egyenként 715 kg. Az Ariane–5 rakéta idei hatodik és egyben utolsó (VA240 jelzésű) startjának időpontja december 12-én volt. A megszokott helyszín a francia guyanai Kourou. A négy új Galileo műhold közepes (közel 23 ezer km-es) magasságú pályára kerül, ahol csatlakozik a konstelláció már működő 18 tagjához.

A mostani indítás szinte pontosan egy évvel követte az európai műholdas navigációs rendszer kezdeti szolgáltatásainak meghirdetését. Tekintettel a műholdak számára, a Galileo lefedettsége még nem globális. De ami késik, nem múlik. Hamarosan eljön az idő, amikor rendelkezésre áll majd legalább 24 működő űreszköz, ami alapfeltétele a teljes szolgáltatás beindításának. A mostani start egyszerre 4 műholddal fontos lépés ezen az úton. A következő alkalommal ugyancsak egy Ariane–5 rakétát használnak majd további négy Galileo-hold indítására. Ennek időpontja jövő ilyenkorra, 2018 decemberére várható.

A Galileo hely- és időmeghatározó szolgáltatásainak pontossága a mérések szerint kitűnő. A rendszert az Európai Bizottság megbízásából kiépítő ESA szerint egyenesen a legjobb, ha a többi globális navigációs műholdrendszerrel – a legismertebb amerikai GPS-szel, vagy az orosz GLONASSZ-szal és a kínai Beidouval – hasonlítjuk össze. Ami a Galileót egyedivé teszi a globális navigációs műholdrendszerek között, hogy nem katonai irányítás alatt működik.

Szojuz MSZ–07. A megszokottnál hamarabb egészül ki a Nemzetközi Űrállomás személyzete plusz három fővel. Orosz, amerikai és japán utassal december 17-én elindult Bajkonurból a Szojuz MSZ–07 űrhajó. Csak három nap telt el azóta, hogy a Szo-



juz MSZ-05 űrhajósai földet értek. Az orosz irányítók általában legalább 7–10 napot hagynak a személyzetcsere idején a visszatérő Szojuz landolása és az újabb űrhajó indítása között. Most azért tettek kivételt, mert az eredetileg tervezett december 27-ei dátum épp a karácsonyi és újévi ünnepek kellős közepére esett. A földi személyzetre való tekintettel változtattak tehát. December 27-én pedig az ISS pályája lehetővé tette volna a gyors megközelítést, vagyis a Szojuz MSZ-07 négy Föld körüli keringés (mintegy 6 óra) alatt csatlakozhatott volna az ISS-hez annak Föld felé néző oldalán, a Rasszvet modulnál. Az előrehozott start miatt azonban az űrhajósoknak két napot (34 pálya megtételéhez szükséges időt) kell eltölteniük a szűkös Szojuzban, mielőtt átszállhatnának a sokkal tágasabb űrállomásra. Az űrhajósok azonban így sem bánják, hiszen 10 nappal többet tölthetnek a világűrben...

A Szojuz MSZ-07 személyzetének tagja a japán Norishige Kanai, az orosz Anton Skaplerov és az amerikai Scott Tingle. A Szojuz MSZ-07 – és majdan a következő személyzetváltás után maga a Nemzetközi Űrállomás – parancsnoka, Skaplerov a harmadik űrrepülésére indult. Az eddigi két útján összesen pont egy évnyi időt, 365 napot töltött az űrben. Amerikai és japán társai újoncok. Küldetésük most négy hónapos lesz. Az ISS jelenlegi 54. számú legénységéhez csatlakoznak, amelyet az orosz Szergej Miszurkin vezet, további tagjai Mark Vande Hei és Joseph Acaba, a NASA űrhajósai. Programjukban elsődleges feladat a tudományos kísérletek végzése a súlytalanságban. Tingle szerint minden pillanatban nagyjából két és félszáz különböző kísérlet fut az űrállomáson. (Természetesen a legnagyobb részük nem igényli az űrhajósok állandó személyes felügyeletét.) Az ISS fenntartási munkálatai keretében két amerikai űrséta is tervben van januárra. Február elején egy orosz Progressz teherűrhajó várható, a most fenn levő személyzet a Szojuz MSZ-06-tal február végén indul haza a Földre. Akkor kezdődik az 55. számú állandó személyzet időszaka, további hárman (egy orosz és két amerikai) csatlakoznak március 10-én, a Szojuz MSZ-08-cal érkezve. Ha minden a tervek szerint halad, három nappal később egy amerikai Dragon teherűrhajó érkezhet. Skaplerov, Tingle és Kanai 122 nap után, 2018. április 18-án hagyják el az űrállomást.

Sokkoló fizika, avagy mit tudunk a lökéshullámról?

**Kis Árpád, Lemperger István, Barta Veronika, Berényi Kitti,
Szalai Sándor, Novák Attila, Kuslits Lukács,
Wesztergom Viktor**

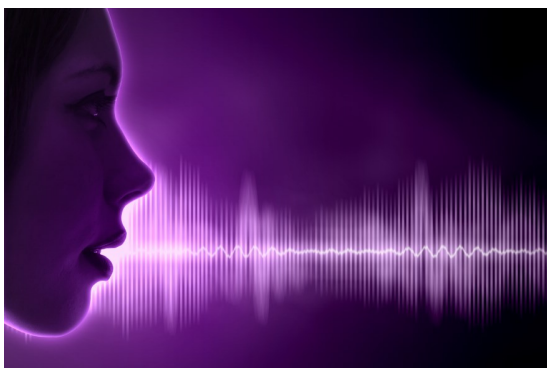
MTA CSFK Geodéziai és Geofizikiai Intézet, Sopron

A földi mágneses tér határán lejátszódó fizikai folyamatok között ott találjuk az Univerzum egyik leghatékonyabb részecskegyorsító „szerkezetét”, az űrplazmában kialakuló lökéshullámot. Írásunkban röviden bemutatjuk ennek a különleges jelenségnek a tulajdonságait és a vele kapcsolatos kutatás jelenlegi állását.

A közönséges hullám és tulajdonságai

A hullámokról kialakult elképzelésünk egyrészt hétköznapi tapasztalataink, másrészt középiskolai ismereteink alapján alakult ki. Mindenki jól ismeri a víz felszínén terjedő hullámokat, miután gyermekkorunkban sokszor dobáltunk tóba vagy éppen pocsolyába kavicsokat. Továbbá azt is jól tudjuk, hogy a hanghullámok a levegőben terjednek, és emiatt vagyunk képesek élvezni például a zenét vagy tudunk beszélgetni egymással.

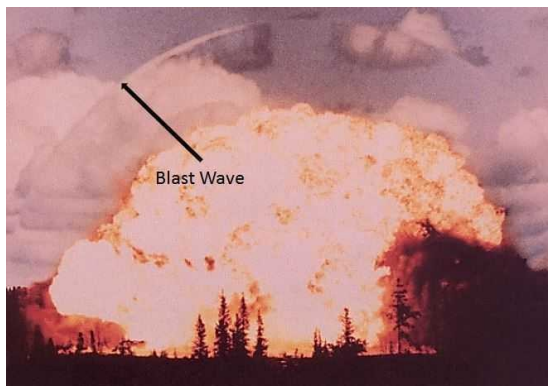
Az említett hullámokban egy dolog közös: a hullám áthaladása után a közegben minden ugyanolyan lesz, mint a hullám áthaladása előtt, vagyis a hullám nem változtatja meg a közeg állapotát (nem lesz sűrűbb, nem lesz melegebb). Ezt a típusú állapotváltozást, amit a hullám áthaladása okoz, reverzibilis – vagyis visszafordítható – folyamatnak hívjuk, aminek jellemzője, hogy gyakorlatilag energiadiSSIPáció nem történik, vagyis a hullám közegben való áthaladása nyomán energiát nem ad át a közegnek.



1. ábra: Illusztráció a hanghullám terjedésére. (Forrás: Kozzi – sound wave illustration)

Egy különleges hullám: a lökeshullám

A lökeshullám kutatása a múlt század 50-es éveiben kapott lendületet a nagy erejű (többek között a nukleáris és a termónukleáris) robbantások kapcsán, ugyanis kiderült, hogy sok esetben nem maga a robbanás közvetlen ereje az, ami rombol, hanem a robbanás előtt összesűrűsödik a levegő, és mint egy acélfal, gyorsan távolodik a robbanás helyéről körkörös irányban. Ha ez az összesűrűsödött, nagyon kemény és gyorsan mozgó „fal” bármivel találkozik, arra erős romboló hatást fejt ki. Korabeli filmfelvételeken jól megfigyelhető, hogy egy erős lökeshullám hatására az épületek a másodperc töredéke alatt kártyavárként omlanak össze, és az épület széthulló darabjai – a tonnás tömegű falak is – úgy sodródnak el, mint szalmaszálak a viharos szélben. Nyilván ez csak úgy lehetséges, hogy a lökeshullám átadja az energiáját a tárgyaknak és a közegnek, amivel találkozik, tehát energiadiSSIPáció, vagyis energiaátadás lép fel. Jellegzetes tulajdonsága a lökeshullámnak, hogy haladási sebessége meghaladja a hanghullámét, vagyis jóval gyorsabb, mint a hang, szuperszonikus sebességű. Továbbá a lökeshullám nagymértékben összenyomja, összesűríti a levegőt, ezáltal az fel is melegszik. Ha a közeg – példánkban a levegő – sűrűbb lesz, akkor megváltozik az optikai törésmutatója, vagyis másként töri meg a rajta áthaladó fényt. Ezáltal a megváltozott törésmutatójú levegőrész, ami nem más, mint a lökeshullám frontja, szabad szemmel is megfigyelhetővé válik. Erre a jelenségre látunk szép példát a 2. ábrán. A képen jól megfigyelhető a nagyméretű robbanás, a gomolygó tűzfelhő a fák között. Ami jelen esetben a számunkra érdekes, az a gomolygó tűzfelhőt körülvé, szinte tökéletes körívet kirajzoló lökeshullám felülete, amely – látszólag – mint egy üvegbura zárja magába a robbanást. A jelenség az előbb elmondottak alapján már érthető: a robbanás nyomán gyorsan terjedő lökeshullám összesűríti a levegőt, ezáltal megváltozik annak törésmutatója, és emi-

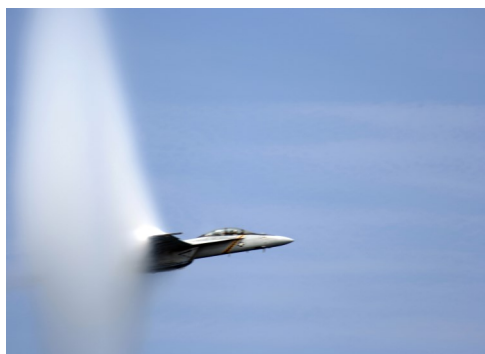


2. ábra: Nagy erejű robbanás nyomán kialakuló, jól megfigyelhető lökeshullám-felület. (Forrás: „Explosion-blast wave” by D.R. Richmond / United States Army – Licensed under public domain via Wikimedia Commons)

hullám felülete, amely – látszólag – mint egy üvegbura zárja magába a robbanást. A jelenség az előbb elmondottak alapján már érthető: a robbanás nyomán gyorsan terjedő lökeshullám összesűríti a levegőt, ezáltal megváltozik annak törésmutatója, és emi-

att látjuk a lökeshullám frontját úgy, mint egy üvegburát. Hasonló lökeshullám alakul ki akkor is, ha egy tárgy a közeghez képest mozog hangsebességet meghaladó sebességgel, vagy ha egy tárgy áll a hangsebességet meghaladó sebességgel áramló közeg útjában.

A lökeshullám – ahogy megismertük – megváltoztatja a közeg sűrűségét és hőmérsékletét azzal, hogy összenyomja azt. Ismeretes, hogy a kondenzáció (vagyis a gáz állapotú vízpára kicsapódása, mint amilyen például a köd megjelenése) jelentősen függ a közeg sűrűségétől, nyomásától és hőmérsékletétől. A 3. ábrán megfigyelhető, hogy a hanghullámot átlépő harci repülőgép – és emiatt a körülötte kialakuló lökeshullám – vízpára-kicsapódást idéz elő.



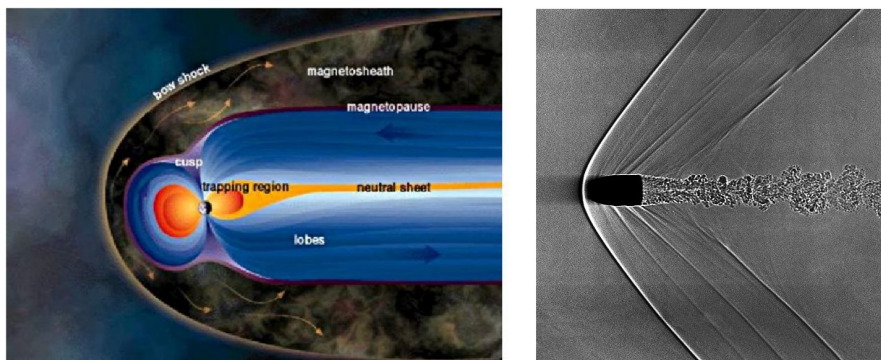
3. ábra: A hangsebességet átlépő repülőgép körül kialakuló lökeshullám látványos vízpára-kicsapódást (kondenzációt) hoz létre. (Forrás: navy.mil, szerző: Mass Communication Specialist 2nd Class Jesse L. Dick)

Lökeshullám bolygónk körül: a földi fejhullám

A huszadik század 60-es éveiben elkezdődött a Föld körüli térség szisztematikus kutatása és feltárása in-situ műholdas mérések alkalmazásával [1]. Az egyik legnagyobb meglepetést az okozta, hogy felfedezték: a bolygóközi űr egyáltalán nem üres tér, hanem kitölti egy olyan ritka, mágnesezett, disszociált töltésekből álló plazma halmazállapotú anyag, amelynek forrása a Nap. Ez a közeg nagy sebességgel (sebessége 300–600 km/s között váltakozik átlagosan) áramlik szét sugárirányban a Naptól, ezért ezt az anyagot, amely valójában kitölti az egész Naprendszer, találóan napszélnek nevezték el. A napszél állandóan „fúj”. Amikor a napszél beleütközik a számára áthatolhatatlan földi mágneses térbe, lelassul, összenyomódik és megnő a hőmérséklete, miközben egy lökeshullám alakul ki a napszél és a földi magnetoszféra határánál.

A magnetoszféra alakját erősen befolyásolja a napszél hatása, ezért a Nap felőli oldalon összenyomódik, míg az éjszakai oldalon csóvaszerűen elnyúlik, hasonlóan az üstökösök csóvájához. A lökeshullám (és a mögötte található magnetoszféra) helyzetét, alakját és a Földtől való távolságát egy érzékeny dinami-

kus egyensúly határozza meg [2], amely a magnetoszféra ereje, energiája és a napszél nyomása között áll fenn. Emiatt a Föld körüli fejhullám a bolygónkról nézve egy „álló” lökeshullám, amelynek ugyanakkor állandóan változik az alakja és a helyzete a bolygóközi plazma paramétereinek megfelelően.

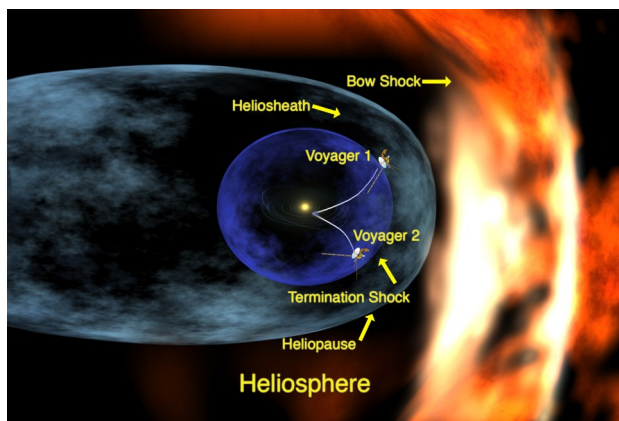


4. ábra: Balra a földi magnetoszféra struktúrája, és a körülötte kialakuló fejhullám (angolul: bow shock), jobbra egy hangsebesség feletti lövedék körül keletkező lökeshullám árnyképe. Jól látható a két lökeshullám közötti hasonlóság. Ugyancsak jól megfigyelhető, hogy a Nap felőli (bal) oldalon a magnetoszféra erősen összenyomódott, míg a másik (jobb) oldalon csóvaszerűen hosszasan elnyúlik. (Forrás: bal oldali kép: ESA, jobb oldali kép: NASA, Andrew Davidhazy / Rochester Institute of Technology)

Miért érdekes számunkra a lökeshullám?

Felmerülhet a kérdés: vajon érdemes-e pénzt és energiát fordítani egy olyan jelenség vizsgálatára, amelynek látszólag nincs is közvetlen hatása mindennapi életünkre, hiszen jelentős (kb. 10–15 földszögnyi) távolságra van a Földtől és valójában nem zavar senkit, továbbá alig pár évtizede tudjuk egyáltalán azt, hogy létezik. A válasz pedig az, hogy nagyon is érdemes, több szempontból is. Elsősorban tudományos szempontból érdekes, mert a lökeshullám egy olyan környezetben alakul ki, amely ütközésmentes plazmából áll, vagyis gyakorlatilag nincs közvetlen ütközés a részecskék között, mint például a levegőben a hanghullám terjedése esetén. Felmerül a kérdés: ilyen nem mindennapi környezetben hogyan lehetséges egyáltalán az energia átadása, illetve a disszipációja? A kutatás létjogosultságát az is jellemzi, hogy mivel ismereteink szerint a Világegyetem 99%-át plazma halmazállapotú anyag tölti ki, a kutatásával megismerhetjük az egyik leggyakrabban lejátszódó jelenséget a Világegyetemben. A harmadik, és talán a legfontosabb ok az, hogy az ütközésmentes plazmában kialakuló lökeshullám egy nagyon hatékony természetes részecskegyorsító szerkezet, amely egy-két

nagyságrenddel (vagyis tízszeresére vagy akár százszorosára) képes megnövelni a részecskék energiáját [3]. Az űrkutatás témái között az egyik legfontosabb helyet a nagy energiájú részecskék vizsgálata foglalja el: hogyan keletkeznek és hogyan jutnak el adott esetben a Földre? Azt is tudjuk, hogy a Naprendszer többi bolygója körül is hasonló tulajdonságú lökéshullámok jelennek meg, de a Naprendszer határán megfigyelhető lökéshullám (angolul: termination shock) is hasonló fizikai jelenségek színtere.

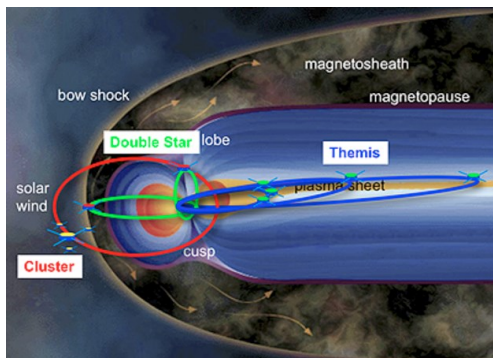


5. ábra: A Naprendszer külső határán észlelhető lökéshullám (angolul: termination shock) csak egy elképzelés volt addig, amíg a Voyager űrszondák el nem érték és így bizonyítást nem nyert a létezése. A helioszféra ugyanakkor szintén egy áthatolhatatlan akadály a csillagközi tér plazmájának áramlása útjában, ezért elméleti megfontolások alapján itt is egy lökéshullám létezése várható (a jobb oldalon, fényesen megjelenő ív a feltételezett helioszféra fejhullám). Ha belegondolunk, hogy a Naprendszer bolygói körül is kialakulnak lökéshullámok, az ábra jól szemlélteti azt, hogy csak a Nap közvetlen környezetében mennyire elterjedt jelenség a lökéshullám. (Forrás: NASA)

Sőt, a távoli szupernóva-robbanások alkalmával is megfigyelhető a lökéshullám, illetve annak gyorsító hatása. Egy 2006-ban megjelent Science cikk eredményei szerint először sikerült közvetett becslést adni egy szupernóva-robbanás nyomán keletkező lökéshullámnál megfigyelhető gyorsítási folyamat konkrét paramétereire [4]. A lökéshullám elterjedtségének ellenére a földi lökéshullám/fejhullám az egyetlen olyan természetes űrplazma laboratórium, amelyet közvetlenül megfigyelhetünk és részletesen tanulmányozhatunk helyben végzett műholdas, vagyis in-situ mérésekkel. A földi lökéshullámnál megszerzett ismeretek jól alkalmazhatóak olyan helyszínek és jelenségek esetén is, ahova – egyelőre – nem tudunk űreszközöket küldeni.

Cluster küldetés: a három dimenziós „mérőeszköz”

A Cluster az első olyan űrprogram, amelyik négy darab azonos műszerezettségű műholdból áll, ezek tetraéder alakzatban keringenek poláris, állócsillagokhoz rögzített Föld körüli pályán [5]. A műholdak száma és elhelyezkedése révén először vált lehetővé a plazma folyamatok időbeli változásának különválasztása a térbeli változásoktól, ami egy olyan rendkívül dinamikus környezetben, mint a lökeshullám és környezete, létfontosságú a fizikai folyamatok megértése szempontjából. A műholdak – amelyek neve találóan Samba, Rumba, Salsa és Tango – közötti távolság 600 és 20.000 km között változtatható, így tulajdonképpen tetszés szerinti kiterjedésekben vizsgálhatók a plazma folyamatok. Az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Geodéziai és Geofizikai Intézet (továbbiakban: MTA CSFK GGI) kutatói közel 12 éve vizsgálják és dolgozzák fel a Cluster műholdakról származó adatokat. A cél elsősorban a földi fejhullám gyorsítási mechanizmusának mélyebb megértése. A tér különböző pontjain egy időben történő mérések lehetővé teszik az egyedi esetek részletes vizsgálatát is, ami korábban nem volt lehetséges [6]. A Cluster műholdak jellemzően a téli időszakban vannak olyan helyzetben, hogy átlépve a fejhullámon, kilépnek a bolygóközi térbe, és jelentős időt töltenek a földi fejhullám előtt. Ez a térség a legfontosabb a gyorsítási folyamatok kutatása és megértése szempontjából. A Cluster küldetés közel másfél évtizedes sikeres működése nyomán olyan mennyiségű adat gyűlt össze a Föld plazmakörnyezetéből, ami egyedülálló az űrkutatás történetében, és még sok évre ad feladatot a kutatóknak.



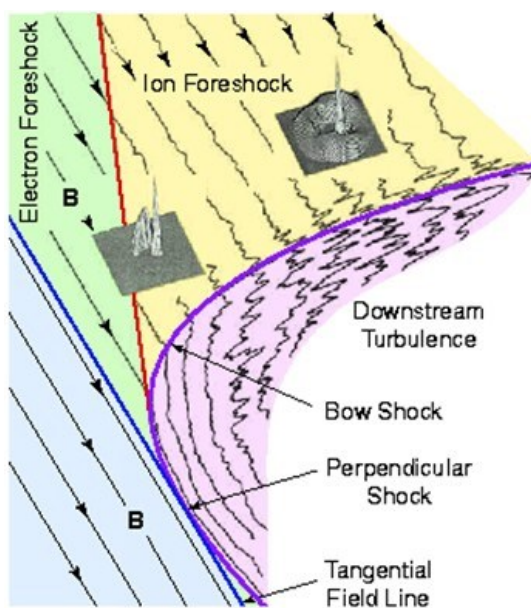
6. ábra: A Föld körüli térségben „hadrendbe állított flotta”, amelynek segítségével minden korábbinál részletesebben vagyunk képesek vizsgálni a bolygókörnyezetében lejátszódó plazma folyamatokat. Megfigyelhető, hogy a Cluster műholdak pályájuk során áthaladnak a fejhullámon és kilépnek a bolygóközi térbe. (Forrás: ESA)

A földi fejhullám előtti térségben található gyorsított ionok

A lökeshullám részecskegyorsító képessége abból fakad, hogy két különböző sebességű közeg áramlásának határán helyezkedik el: egyik oldalon a szuperszonikus sebességű hábori-

tatlan napszél található, a másik oldalon a „sokkolt” közeg, vagyis az összenyomott, besűrűsödött és jóval alacsonyabb sebességű közeg foglal helyet. Ha egy részecske – áthatolva minden alkalommal a lökeshullám felületén – ide-oda verődik a két közeg között, akkor a kétféle közeg sebességkülönbségének függvényében energiára tehet szert. Ez a gyorsítási mechanizmust „konvergáló közegek közötti gyorsításként” emlegetjük, vagy pontosabban elsőrendű Fermi-gyorsításnak nevezzük, Enrico Fermi fizikus emlékére, aki a folyamat elméleti alapjait dolgozta ki. A gyorsítási fizikai folyamata nagy vonalakban ismert, a részletek azonban még nem teljesen tisztázottak [7]. Az MTA CSFK GGI kutatói először dolgoztak ki olyan módszert, amellyel – négy műhold egyidejű mérésének felhasználásával – pontosan megállapítható a gyorsított ionok sűrűségének térbeli profilja a fejhullámtól való távolság függvényében. A profil alakjából meghatározható a gyorsítási folyamatot jellemző egyik legfontosabb paraméter, az ún. diffúziós együttható, ami tulajdonképpen a gyorsítás hatékonyságára ad egy pontos mérőszámot.

Az elsőrendű Fermi-gyorsítási folyamat által energiát nyert ionokat diffúz ionoknak is nevezik, ugyanis a folyamat nagyon hasonlít a diffúziós szóródási folyamathoz, amennyiben az ionok szóródást szenvednek olyan elektromágneses hullámokon, amelyek a fejhullám előtt találhatóak (lásd 7. ábra). A folyamat érdekessége az, hogy a hullámokat – amelyeken a diffúz ionok szóródnak – maguk a diffúz ionok keltyik [8], vagyis a gyorsítási folyamat egy olyan zárt-nak tekinthető, visszacsatolt rendszer, amelyben a részecskék és a hullámok kölcsönösen és folyamatosan befolyásolják egymást. Az MTA CSFK GGI kutatói – együttműködve



7. ábra: Gyorsított ionok a földi lökeshullám előtt: a vörös színnel jelzett ionnyaláb olyan napszél ionokból áll, amelyek visszaverődtek a fejhullámról. A jobbra fent látható gyűrű (vagy fánk) alakú ioneloszlás jelzi az ún. diffúz ionok jelenlétét, ami az elsőrendű Fermi-gyorsítás eredménye.

(Forrás: A. Balogh, Manfred Scholer)

a japán Kyushu Egyetem kutatóival – kimutatták, hogy bizonyos feltételek teljesülése esetén olyan nagy intenzitású mágneses hullámok juthatnak a fejhullám előtti térségbe, amelyeket nem a diffúz ionok keltenek, és alapvetően befolyásolják a szóródási folyamatot. Ezáltal egyrészt a rendszer nem tekinthető többé zártnak, másrészt a gyorsítási folyamat határfoka is sokkal jobb lesz. Az kutatás eredményeit cikksorozatként publikáltuk a nagy presztízsű *Astrophysical Journal* szakfolyóiratban [9]. Az eredmények alapvetően hozzájárulnak a természet egyik leghatékonyabb részecskegyorsítási folyamatának a megértéséhez. A kutatás alapkutatás, így az eredményektől nem várható az, hogy közvetlen gazdasági vagy társadalmi hasznot hozzanak. Ugyanakkor az feltételezhető, hogy a jövőben megjelenő új fúziós és plazma alapú technológiák esetében az eredmények létfontosságúak lesznek.

Irodalomjegyzék:

- [1] Lin R.P., Meng C.-I., Anderson K.A. (1974): 30- to 100-keV protons upstream from the Earth's bow shock, *Journal of Geophysical Research*, 79, 489
- [2] Fairfield D.H. (1971): Average and unusual locations of the Earth's magnetopause and bow shock, *Journal of Geophysical Research*, 76, 6700
- [3] Axford W.I., Leer E., Skadron G. (1977): The acceleration of cosmic rays by shock waves, *International Cosmic Ray Conference*, 11, 132
- [4] Stage M.D., Allen G.E., Houck J.C., Davis J.E. (2006): Cosmic-ray diffusion near the Bohm limit in the Cassiopeia A supernova remnant. *Nature Physics*, 2, 614
- [5] Réme H. et al. (2001): First multispacecraft ion measurements in and near the Earth's magnetosphere with the identical Cluster ion spectrometry (CIS) experiment, *Annales Geophysicae*, 19, 1303
- [6] Kis A. et al. (2004): Multi-spacecraft observations of diffuse ions upstream of Earth's bow shock, *Geophysical Research Letters*, 31, L20801
- [7] Scholer M. (1985): Diffusive acceleration. *American Geophysical Union Geophysical Monograph Series*, 35, 287
- [8] Hoppe M.M., Russell C.T., Frank L.A., Eastman T.E., Greenstadt E.W. (1981): Upstream hydromagnetic waves and their association with backstreaming ion populations – ISEE 1 and 2 observations, *Journal of Geophysical Research* 86, 4471
- [9] Otsuka F., Matsukiyo S., Kis A., Nakanishi K., Hada T. (2018): Effect of Upstream ULF Waves on the Energetic Ion Diffusion at the Earth's Foreshock.

HGR.01: Holdrengések Geoinformatikai Rendszere

Lázár Lajos^{1,2}, Kiszely Márta³, Földváry Lóránt^{2,3}

¹Budapest Közút Zrt.

²Óbudai Egyetem, Alba Regia Műszaki Kar, Székesfehérvár

³MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet, Sopron

Célunk egy olyan térinformatikai rendszer létrehozása volt, ami mindenki számára elérhető, kézzel fogható, és könnyen értelmezhető módon mutatja be a holdrengések világát. A fejlesztés eredményeül kapott geoinformatikai rendszert részletesebben az [1] tanulmány mutatja be.

Bevezetés

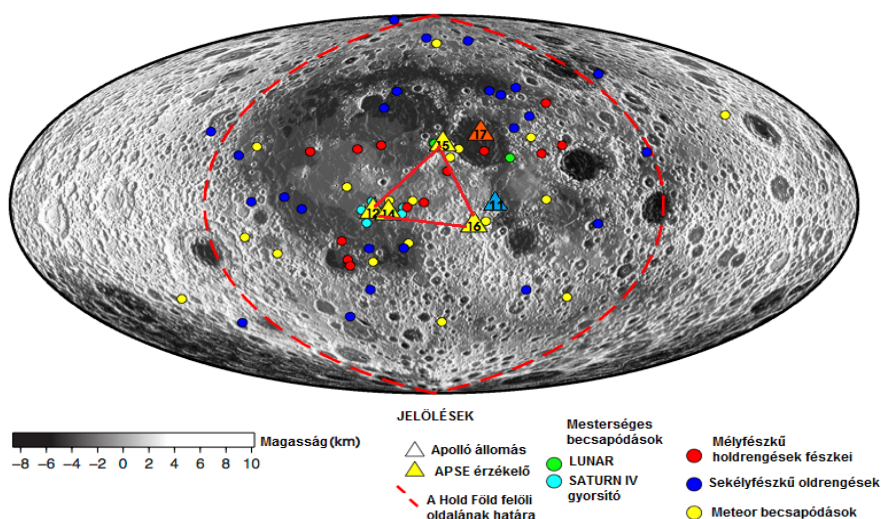
A holdrengések egészen az ember Holdra történő leszállásig nem voltak ismertek. Az Apollo asztronautái számoltak be először a jelenségről. A küldetések során úgynevezett ALSEP egységeket helyeztek el a Hold felszínén (*Apollo Lunar Surface Experimental Package* = Apollo holdi felszínvizsgáló műszer-csomag). Ezeknek a csomagoknak az alábbi kérdésekre kellett választ adniuk [2]:

- Milyen a Hold belső szerkezete?
- Milyen a Hold pontos alakja?
- Milyen az összetétele a holdi felszínnek?
- Mik voltak azok alapvető folyamatok, melyek kialakították a Hold jelenlegi alakját?
- Van-e tektonikus aktivitás?
- Vannak-e szerves anyagok a Holdon?
- Milyen idős a Hold?
- Mi az előzménye a Hold és Föld kapcsolatának?

Az első ilyen csomagot az Apollo-11 helyezte el (bár ez még csak csekély számú műszert tartalmazott, ezért az angol elnevezése EASEP, *Early Apollo Surface Experiments Package* volt). A programok során folyamatosan bővítették az ALSEP-eket 1969-től egészen 1977-ig, amelyek összesen nyolc éven keresztül működésben voltak [2]. A műszerek között található a *Passive Seismic Experiment Package*, a *Lunar Active Seismic Experiment* és a *Lunar Seismic Profiling Experiment Package* is.

A *Passive Seismic Experiment Package* (passzív szeizmikus kísérlet-csomag) műszerei működésének célja az volt, hogy vizsgálja a Hold felszín alatti tulajdonságait és mérje a hihetetlenül

kicsi rezgéseket is, melyeket az emberi beavatkozások (robbantások, űrhajók részeinek becsapódása) vagy távoli hold-rengések okoznak. Ha a szeizmikus eseményeket három vagy több szeizmométer érzékeli, megállapítható a rengés időpontja és helye. Éppen ezért az Apollo küldetések során a szeizmométereket egyenlő oldalú háromszögekben telepítették (lásd az alábbi ábrán: Apollo-12, -14, -15, -16) [3].



Ezeknek a műszereknek köszönhetően (1) megismertük a Hold belső szerkezetét: sikerült meghatározni a Hold belső felépítését (kéreg, köpeny, mag); (2) feltérképeztük a Hold szeizmikus aktivitásának forrásait, elkülöníthetővé váltak az egyes típusok: sekély és mélyrengések, meteorit-becsapódások, mesterséges esetek, hőmérséklet-változással kapcsolatos termikus események. Rájöttünk (3) a hullámok csillapodásának okaira: a Hold belső szerkezetének tagolódása miatt a szeizmikus hullámok más-más módon csillapodnak különböző mélységekben, így következtetni lehet azok anyagára [2].

A Lunar Active Seismic Experiment (holdi aktív szeizmikus kísérlet) műszer pont az ellentéte volt a passzívnak, mind méretében, mind működésében [2]. Míg a passzív műszerek a Hold szeizmicitását vizsgálták, addig az aktív műszerek mesterségesen gerjesztett lokális rengéseket érzékelték. Ezeket a hullámokat robbantásokkal idézték elő: kisebbekkel, amiket az asztronauták maguk végeztek, illetve nagyobbakkal, amiket azután hajtottak végre, miután elhagyták a felszínt. Ezeknek a műszereknek a segítségével sikerült igazolni a passzív műszerek által gyűjtött jelek elemzéséből nyert feltételezéseket.

A Lunar seismic profiling experiment (holdi szeizmikus profil kísérlet) lényege az volt, hogy felállítottak egy négy darab-
ból álló műszer csoportot, hármát egymástól 90 méterre, egyenlő
szárú háromszögek csúcaiban elrendezve, a negyediket pedig a
háromszög közepébe téve [2]. Ezután robbantásokat végeztek,
így az aktív műszerekhez képest pontosabban tudták meghatá-
rozni a keltett rengések paramétereit. A kísérletet az Apollo-17
legénysége hajtotta végre.

Felhasznált adatok, holdrengések fajtái

A szeizmométerek által rögzített adatokat a NASA mág-
nesszalagokra rögzítette, a digitalizálásuk és feldolgozásuk
(Yoshio Nakamura professzor vezetésével) 1980-ig tartott. Az
eredeti szeizmogramok mikrofilm másolatai, illetve a feldolgozott
katalógus kikérhető az amerikai *National Space Science Data*
Centertől. Az adatok egy része digitálisan is elérhető, letölthető a
<http://darts.jaxa.jp/planet/seismology/apollo/PSE.html> olda-
lon. Az oldalon az Apollo programok passzív mérési adatai, illet-
ve a profil kísérlet eredményei is elérhetők, valamint az eredeti
kódolt és digitalizált mágneskazetták és a katalógusba vett ered-
mények. Lehetőség van az adatokat térképes megjelenítéssel is
megtekinteni ([http://darts.jaxa.jp/planet/seismology/apollo/
app/](http://darts.jaxa.jp/planet/seismology/apollo/app/)). Az általunk fejlesztett webes alkalmazás alapjául ezen ol-
dalon fellelhető adatokat használtuk fel.

A katalógusba vett holdrengéseket négy nagy csoportra
lehet bontani [4][3]:

(1) Mélyfészkes holdrengések: a leggyakoribb holdrengés
típus. Kis erősségű rengések (a földi maximum 3-as erősségnek
megfelelők), melyek kipattanási mélysége a mag és a felszín kö-
zött van. Ezek a rengések erősen korrelálnak az árapály jelen-
séggel. Több mint 300 jól elkülöníthető fészekben jöttek létre.

(2) Sekélyfészkes holdrengések: nagyon ritka, ámde annál
erősebb rengések. Nincsenek összefüggésben az árapállyal, ezért
sejthető, hogy tektonikai mozgásra vezethetők vissza. Összesen
28-at regisztráltak, és nagyban hasonlítanak a földi rengésekre.

(3) Termikus rengések: nagyon kis erősségűek, csak a
szeizmométerek közvetlen közelében voltak észlelhetőek. Ezen
holdrengések oka valószínűleg hőtágulás lehet, mivel számuk
hirtelen megemelkedik 2 nappal a holdi napfelkelte után, nap-
lemente után pedig megszűnnek.

(4) Meteor-becsapódások: igazából nem tekinthetőek
holdrengéseknek, mert külső forrásból származnak. Mégis segít-
ségükkel jobban megismerhetjük a bolygóközi környezetet. A

Holdat ért meteoritok mérete igen széles skálán mozog: 0,5–50 kg közötti tömegűek is lehetnek a becsapódó objektumok.

Felhasznált térinformatikai eszközök

A HGR.01 holdrengés térinformatikai rendszer az Esri cég által kiadott ArcGIS Online alkalmazással készült [5]. Az ArcGIS Online egy teljes, az összes eddigi ArcGIS funkciót ellátó felhő-alapú, teljesen webes megoldás, melynek nincs szüksége kliens telepítésére helyi számítógépre. Lehetőséget nyújt online térképek készítésére és megosztására, ezen kívül rengeteg előre elkészített, konfigurált eszközt, webalkalmazást felkínálva, melyek tetszés szerint alakíthatóak a saját igényeinkhez.

Az FME egy önálló, platformfüggetlen program, amelyet az adatkonverziók során felmerülő információveszteségek csökkentésére alakítottak ki; használatával különböző forrásokból származó adatokkal lehet hatékonyan dolgozni, legyen szó akár CAD rajzokról, térinformatikai adatbázisról, LiDAR adatról, Python scriptekről, stb.

A HGR.01 térinformatikai rendszer adatmodellje

A holdrengés adatbázis a Hold szeizmográfok észlelési adatait tartalmazza és az alábbi attribútumokból épül fel:

Attribútum neve	Elnevezés	Értékkészlet
ID	Az esemény egyedi azonosítója	
Year	Az észlelés éve	
Day of the Year	Az észlelés napja adott évben	
Signal start time	Az észlelés kezdésének időpontja, órában és percben	
Signal stop time	Az észlelés végének időpontja, órában és percben; 9999 az értéke, ha a jel folytatódott a következő észlelésig	

Attribútum neve	Elnevezés	Értékkészlet
Availability of seismograms in expanded time scale	Elérhető-e bővített időre vonatkozó szeizmogram, ha igen milyen, állomásonként külön-külön attribútumban tárolva.	1 = Calcomp incremental plotter plot 2 = Versatec matrix plotter plot
Data quality code	A jelek minőségi leírása.	1 = az adott állomástól nincs adat 2 = zajos adat 3 = a jelet egy másik nagyobb jel zavarhatta 4 = megvágott adat, az eredeti digitális adat talán nem vágott 5 = comments attribútumot 6 = az adathoz rögzített idő számítógép által generált, így nem a legmegbízhatóbb)
Comments	A jelhez kapcsolt megjegyzések	
Event type	Az esemény típusa	A = osztályozott, mélyfészkű holdrengés M = osztályozatlan mélyfészkű holdrengés C = meteoritbecsapódás H = sekély fészkű holdrengés Z = rövid periódusú esemény L = NASA küldetés által keltett esemény S = Szovjet küldetés által keltett esemény X = Speciális esemény
Matching deep moon quake class	A megfeleltetett mélyfészkű holdrengési osztály	

Attribútum neve	Elnevezés	Értékkészlet
Additional entries for event	Kiegészítő információk az eseményhez	
Nest A	A fészek száma	
Latitude deg N	A fészek szélességi foka és a meghatározásának középhibája	
Longitude deg E	A fészek hosszúsági foka és a meghatározásának középhibája	
Depth b km	A fészek mélysége km-ben és a meghatározásának középhibája	
Deep Moon-quake Nests Located on the Nearside	A mélyfészke holdrengés a Hold Föld felőli oldalán található-e	

A HGR.01 webtérkép

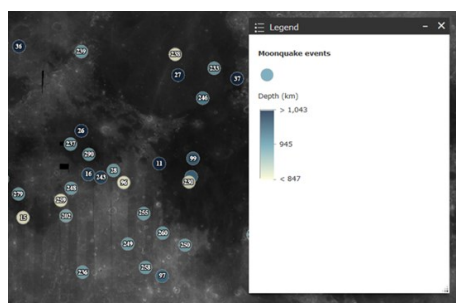
A fejlesztett térinformatikai rendszer az alábbi linken elérhető:



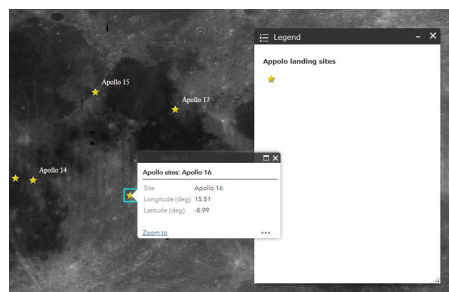
<http://arcg.is/2hnp5F5>

A webes térkép létrehozásánál a holdrengéseket kutató szakemberek munkájának segítségét, könnyítését tartottuk szem előtt: a nem közvetlenül a holdrengésekhez kapcsolódó kiegészítő adatokat összegyűjtve, rendszerezve, tematikusan ábrázolva egy közös térinformatikai rendszerben tesszük elérhetővé. A térképen fellelhető rétegek

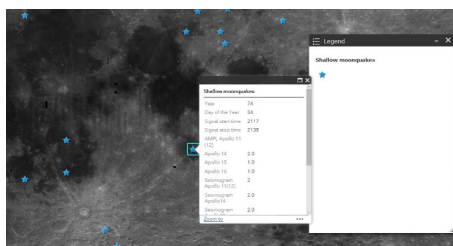
Moonquake events (mélyfészű holdrengés-adatok): Ezen a rétegen a Nakamura-féle holdrengés katalógusból kinyert és egyértelműen azonosított mélyfészű holdrengések találhatóak az epicentrumban ábrázolva, feliratozva a fészkek számával és tematizálva, az epicentrum mélysége alapján.



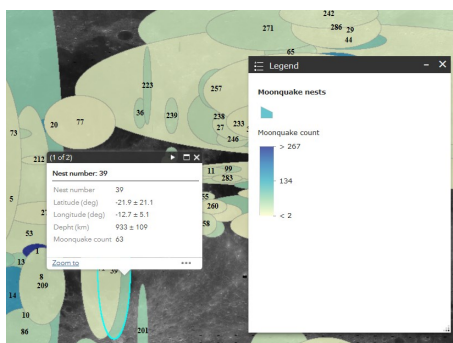
Apollo landing sites (Apollo leszállási helyek): A rétegen megtalálhatóak az Apollo program által kijelölt leszállási helyek, feliratozva a program számával.

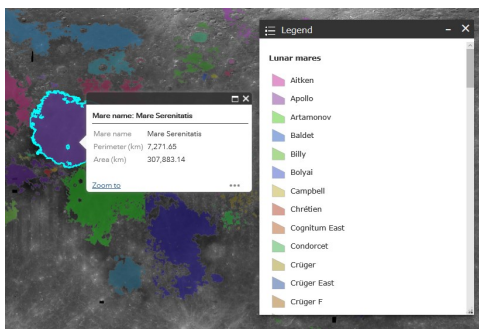


Shallow moonquakes (sekély fészű holdrengés adatok): a holdrengések közül a sekély fészű rengések hasonlítanak legjobban a földrengésekhez. Ezek a legkritkább rengések, évente maximum négy-öt került rögzítésre az Apollo programok során. 100 km-nél nem mélyebben keletkeznek.

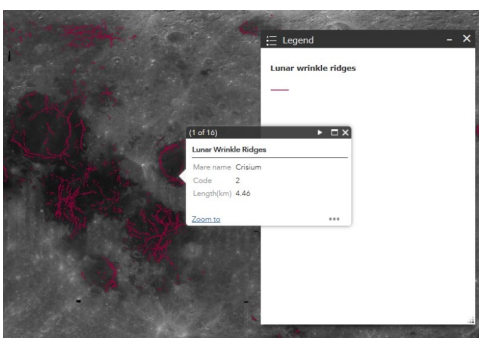


Moonquake nests (holdrengés fészkek): Ezen a rétegen a mélyfészű holdrengésfészkek találhatóak. Az ellipszisek középpontja a források feltételezhető középpontja, a kis- és nagytengelyek pedig meghatározásukkor előállt hosszúsági és szélességi bizonytalanságok. A rétegen feliratozva vannak a fészekszámmal, és tematizálva a fészkekben azonosított holdrengések darabszámával.

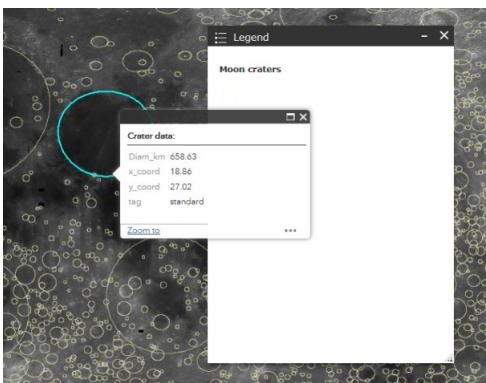




sabb adatai (nevük, területük és területük).



mert mint ahogy a bőr alatti erek dudorodnak ki és hálózják be az emberi testet, úgy ezek a felszín alatt hálózják be a Holdat. Hosszuk, nevük és tengerhez köthető nevük található meg a rétegen.



krátereknek nevezzük, a görög krater (Κρατήρ = edény, melyben bort és vizet keverték) szó után. A kráterek eredetén a tudományos világ egészen az Apollo programig vitatkozott, mikor végül a kézzel fogható bizonyítékok mindenkit meggyőztek, hogy a kráte-

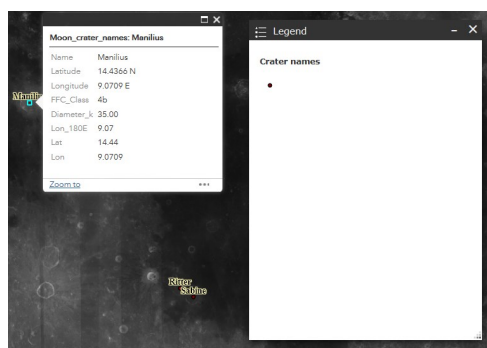
Lunar mares (hold-tengerek): A Hold felszínét borító nagy sötét foltokat – melyek valójában megszilárdult lávasíkságok – holdtengereknek nevezik. Nevüket a korai csillagászok adták, akik azt hitték, tengereket látnak. A rétegen megtalálhatóak a holdtengerek fontosabb adatai (nevük, területük és területük).

Lunar wrinkle ridges (holdi vetődések): Jellemzően a holdtengerek közelében található képződmények, szorosan kötődnek a Sinus-rianásokhoz. Tektonikus eredetűek, akkor jöttek létre, amikor a bazaltos láva kihűlt és megszilárdult. Gyakran hívják őket a Hold ereinek,

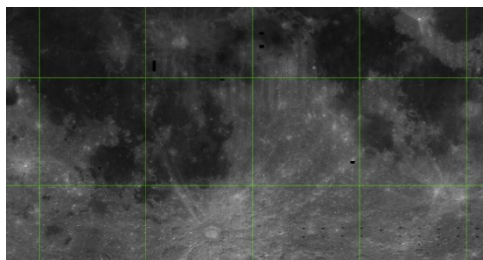
Moon craters (hold-kráterek): A Hold krátereinek megfigyelése és felfedezése egészen 1609. november 30-ig nyúlik vissza, amikor Galilei először tekintett a Holdra saját készítésű távcsövével. Ekkor fedezte fel, hogy a Hold alakja nem tökéletes gömb, felszínét hegységek és edényszerű mélyedések borítják. A képződményeket

rek nagy része meteorit-becsapódások következménye. A kráterek teljes számbavételére 1978-ig várni kellett, amikor Chuck Wood és Leif Andersson kidolgozott egy a kráterek kategorizálására szolgáló rendszert. A megjelenített rétegen a kráterek legtöbb elérhető adata megtalálható: átmérőjük, középponti koordinátájuk és típusuk.

Crater names (kráter nevek): A Holdon fellelhető kráterek neveiket általában elhunyt tudósok és felfedezők után kapják. Ez a tradíció 1651-től él, amikor is Giovanni Battista Riccioli elkezdte elnevezni őket. 1919 óta a Nemzetközi Csillagászati Unió (*International Astronomical Union*, IAU) végzi ezt a feladatot. A különösen érdekes kisebb kráterek férfinameket kapnak (Robert, Jose, stb), a nagyobb kiterjedésűek a hozzájuk kapcsolódó eseményeket pl.: Apollo program szinterei. A rétegen feltüntetésre kerültek a kráterek nevei, illetve földrajzi adataik.



Coordinate grid (koordináta rácsháló): A réteg a könnyebb tájékozódás céljából került a térképre; egy egységes 15 fokos oldalhosszúságú, négyzetes rácsháló, mely nem tartalmaz lekérdezhető adatokat.



Moonquake event catalog (holdrengés katalógus): A térképre felkerült a teljes Nakamura-féle katalógus, táblázatos formában. Ezek az adatok átfedésben vannak a már megjelenített rétegekkel, de nagy részükhöz nem köthető pontos földrajzi hely, viszont kereshetőek, exportálhatóak a holdrengések eseményei.

Moonquake event catalog (full)									
Event type	Year	Day of the year	Signal start time	Signal stop time	Signal envelope amplitudes A11-12	Signal envelope amplitudes A14	Signal envelope amplitudes A15	Signal envelope amplitudes A16	
Meteoroid impact	74	080	1707	1750		2.0		4.0	
Classified (matching) deep moonquake	74	081	1758	1845	1.2	3.3		4.0	
Meteoroid impact	74	081	2105	2220	1.0	7.7	1.	2.0	



Moon basemap (Hold alaptérkép): A térképen felhasznált alaptérkép egy az USGS által szolgáltatott Holddal kapcsolatos WMS szolgáltatások közül. Link: http://planetarymaps.usgs.gov/cgi-bin/mapserv?map=/maps/earth/moon_simp_cyl.map

A HGR.01 webes alkalmazás használata

A webes alkalmazás teljes mértékben a webtérképre épül, plusz funkciókkal és interaktivitással ellátva azt. A webes alkalmazás a WebAppbuilder for ArcGIS-szel készült. Az alkalmazás funkció:

Search (Keresés): a funkció használatához kattintsunk a kereső sávba, válasszuk ki a keresési réteget, majd enter billentyű megnyomásával vagy a nagyító ikonra kattintva megkapjuk a keresésünk eredményét.

Query (Lekérdezés): a funkció ikonjára való kattintás után, három előre definiált lekérdezés közül választhat a felhasználó:

(1) Moonquake events by nest number (Holdrengések fészeksám alapján: a felhasználó egy fészekben történt eseményeket kérdezheti le, választható paraméter a fészkek száma pl.: 214)

(2) Moonquake events by time (Holdrengések idő alapján: a felhasználó egy időszávot tud megadni, amik között történt eseményeket tudja listázni pl.: 77–78 évek közötti, vagy 200–205 napok közötti rezgések)

(3) Moonquake events by type (Holdrengések típusuk szerint: a lekérdezésnél a felhasználó az érzékelt adat típusára tud szűrni, pl.: meteorit-becsapódások, vagy sekély rengések. Ez az adatlekérés csak a táblázatos katalóguson fut le, geometriai adat nem tartozik az eredményekhez)

Chart (Diagram): a funkció ikonjára kattintva két előre elkészített diagram közül lehet választani: a holdrengések száma fészkek alapján (moonquake events number by nest) és holdrengések epicentrumának mélységei, fészkek alapján (moonquake events depth by nest). Mindkét diagram a holdrengés fészkek réteget használja. A kiválasztott diagramra kattintva, a következő párbeszédpanel a diagramok alapadatának mennyiségére kérdez rá. Ezt többféleképp adható meg: vagy az összes, rétegen lévő adat felhasználásra kerül, vagy területi lehatárolást (use spatial filter to limit features) adható meg. Ha a felhasználó a

területi lehatárolást választja, újabb lehetőségek közül választhat: vagy a képernyőn látható adatokat használja, vagy manuálisan körbekerítheti/ metszheti azokat. Az apply gomb megnyomásával az exportálható diagram elkészül.

Select (Kijelölés): a kijelölés használatához a funkció ikonra kattintva, a bal egérgommbal téglalapot formázva képes a felhasználó kijelölni. A kijelölés a bepipált rétegeken valósul meg. Ha szükséges, a clear gommbal a kijelölés megszüntethető. A kijelölés után a felhasználó a kijelölt elemekkel az alábbi műveleteket hajthatja végre (a réteg mellett található „...” jelzésre kattintva): ránagyíthat, odamozoghat, felvillanthatja azokat, exportálhatja különböző formátumokba (CSV, FC, JSON); statisztikát kérhet a kijelölt elemekről, megtekintheti az attribútum táblát, külön réteget hozhat létre a kijelölésekből.

Attribute table (Attribútum tábla): alapértelmezetten a Moonquake nest (Mélyfészkek holdrengésadatai) réteg attribútumai jelennek meg. A mezők rétegtől függetlenül rendezhetőek, eltüntethetőek, illetve szűrhetőek is.

Measurement (Mérés): a felhasználó először a kívánt mérési típust választja ki, majd a mérés mértékegységét, ezután körbekeríthetjük, vagy lemérhetjük az adott elemet.

Filter (Szűrés): alapértelmezetten két rétegre futtatható le. Az egyik lehetőség a mélyfészkek földrengései fészekszámainak szűrése (pl.: 35–38-as számú fészkek szűrése), a másik fészeken belül történt rengések számának szűrése (pl.: azon fészkek, ahol 2000-nél több rengés történt). A szűrés a fogaskerék ikon melletti pipával törölhető.

Layer list (Réteg lista): az ikonra kattintva a pipákat használva kapcsolhatóak ki-be a rétegek. Az egyes rétegekhez tartozó pluszszolgáltatások: zoomolás rétegre, áttetszőség állítása, felugró ablakok tiltása/engedélyezése, réteg sorrend változtatása, tulajdonságok.

Legend (Jelmagyarázat): a funkcióval megjeleníthetjük a rétegekhez tartozó jelmagyarázatot.

Print (Nyomtatás): az ikonra kattintás után a térkép címe, mérete és a nyomtatás formátuma adható meg. A haladó beállítások között olyan paraméterek szerepelnek, mint a felhasználó nevének megadása, a nyomtatás mérete és minősége, illetve a feliratok meghagyása.

Summary (Összegzés): a funkció a Moonquake events (mélyfészkek holdrengésadatai) rétegen a Nest number (fészkek száma) mező alapján összegzi a jelenségek átlagos mélységét, minimum és maximum évét. Az összegzések dinamikusan változ-

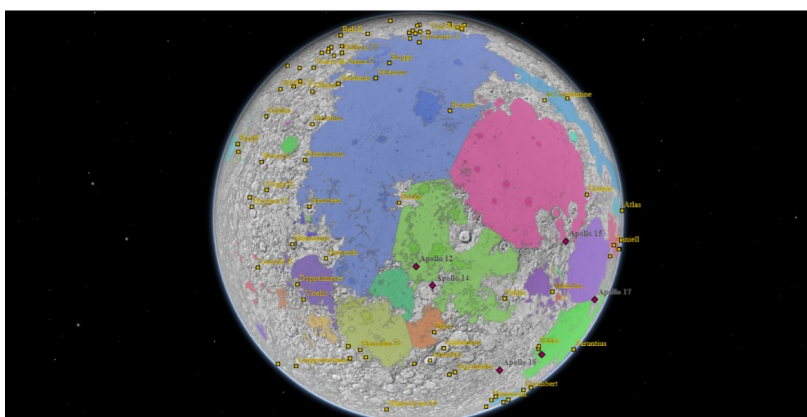
nak, attól függően, hogy a felhasználó hogyan mozog a térkép tartalmán.

About (Információ): Az információ gomb alatt az alkalmazás verziószáma, készítője és forrásai találhatóak meg.

3D Scene alkalmazás

A 3D-s holdtérkép az alsó menüsor 3D-s ikonjára kattintva indítható el. Az alábbi rétegek tekinthetők meg gömbfelületen ábrázolva; Moon craters (Holdkráterek); Lunar mares (Hold-tengerek); Apollo landing sites (Apollo leszállási helyek); Moonquake nests (Holdrengés fészkek)

Moonquake nests



Irodalomjegyzék:

- [1] Lázár L. (2016): A Hold szeizmikus aktivitásának bemutatása és elemzése térinformatikai módszerekkel, szakdolgozat, Óbudai Egyetem, Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet, pp. 50
- [2] NASA Headquarters. Apollo Lunar Surface Journal – ALSEP Apollo Lunar Surface Experiments Package. [Online] <http://www.hq.nasa.gov/alsj/HamishALSEP.html>
- [3] Kiszely M. (2016): Holdrengések. Élet és Tudomány, 71(40), 1254
- [4] Nakamura Y., Latham G.V., Dorman H.J. (1982): Apollo lunar seismic experiment – final summary. Proceedings of the Lunar and Planetary Science Conference, 87, A117
- [5] ArcGIS. Mapping without Limits. [Online] <http://www.arcgis.com/features/index.html>

K2: Újabb eredmények az exobolygó-kutatásban

Futó Péter

Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék

A NASA bolygótranszitok keresésére fejlesztett Kepler-űrtávcsőve eredeti, majd meghosszabbított, K2 küldetésének keretében 2018. január 15-éig 2532 létében megerősített exobolygó és 5118 exobolygójelölt felfedezéséről számoltak be a kutatók. Az űrtávcsővel végzett méréseknek több olyan új bolygótípus azonosításának lehetőségét köszönhetjük, mint például az extrém átlagsűrűségű exoplanéták, vagy a mega-Földek. A Kepler eredeti, és kiterjesztett (K2) megfigyelési időszaka a rengeteg értékes tudományos eredmény tekintetében kétségkívül a modern űrkutatás történetének egyik legérdekesebb fejezete.

A küldetés második szakaszában a Kepler iránytartásának biztosítását új technikai megoldás alkalmazása jelentette, a 80–90 napos megfigyelési időtartamra korlátozott kampányokban végzett mérések adatainak elemzése azonban sok új információt szolgáltatott nemcsak az exobolygók keresése, de az asztroszeizmológiai tárgyú kutatások mellett a Naprendszerünk mélyrehatóbb megismerése érdekében tett erőfeszítések terén is. A K2 már eddigi programja során is éppúgy szolgáltatott fontos eredményeket az exobolygó-kutatás különféle területein, mint az eredeti Kepler megfigyelési program. Így például jelentős felfedezések születtek az egyes bolygótípusok azonosítása terén csakúgy, mint a különböző csillagtípusok körüli bolygórendszerek tanulmányozásában.

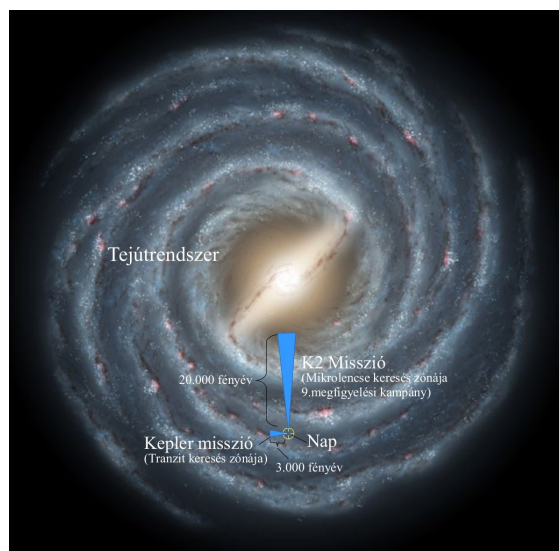
A felfúvódott gázóriástól az ősi bolygóig

Egy kis sűrűségű csillagához közel keringő exobolygót fedeztek fel a Kepler segítségével a 10-es kampány északi galaktikus pólus irányában látszó égterületén, 2016. július 6. és szeptember 20. között monitorozott égterületen a WASP-107 jelű K-színképtípusú törpecsillag körül [1]. A WASP-107b néven katalógizált gázbolygó 0,94 Jupiter-átmérőjű, tömege (0,12 Jupiter-tömeg) viszont nem sokkal több a Neptunusz tömegének kétszeresénél. Átlagsűrűsége nagyon alacsonynak számít az exobolygók között ($0,19 \text{ g/cm}^3$), s az ilyen planéták vagy eredetileg is kis közetmaggal és viszonylag nagy tömegű gázköppennyel rendelkező, vagy pedig a csillag közelségében az erőteljes besugárzás ha-

tására felfúvódott gázburkú bolygók lehetnek, melyek közül a WASP-107b esetében a mindössze néhány napos keringési periódust tekintve az utóbbi a leginkább valószínű.

A K2 program 5–10 kampányai során fiatal csillagokat is megfigyeltek nyílt csillaghalmazokban (Fiastyúk, Hyadok, Kap-tár), melyek sok kis tömegű csillagot tartalmaznak. Néhányuk körül tranzitbolygó-jelölteket mutattak ki, melyek az exobolygók létezésének megerősítését megcélzó vizsgálatok potenciálisan ígéretes célpontjai lehetnek [2].

A K2 a 9. kampány során a Tejútrendszer központi régiója, a galaktikus dudor irányában – a 2016. április 22. és július 1. közötti megfigyelési időszakban – méréseket végzett gravitációs mikrolencse jelenségek detektálása céljából [3] (1.ábra). A mérésorozat során mintegy 627 mikrolencse jelenséget detektált, amely számnak akár tekintélyes hányada is exobolygók jelenléte utaló jel lehet.



1. ábra: A Kepler adott megfigyelési területeinek sematikus ábrázolása a Tejútrendszerben. (Forrás: NASA, átdolgozva)

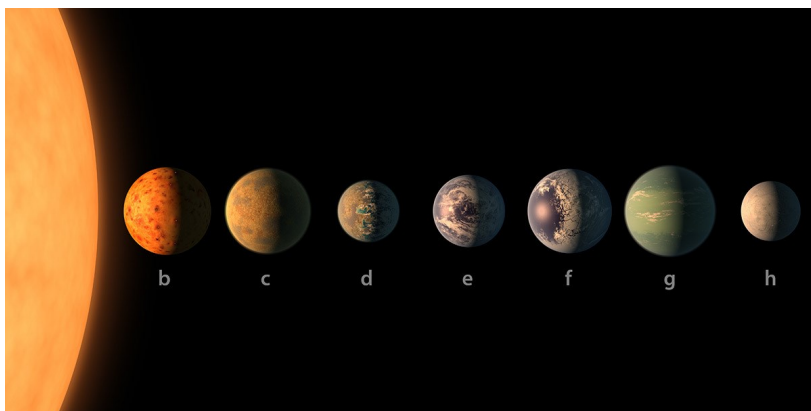
A tudomány már legalább fél tucat olyan exobolygót ismer, amelyek tízmilliárd évnél korábban alakultak ki. Ez arra enged következtetni, hogy az első bolygók kialakulása időben nem sokkal maradt el az első csillagok megszületésétől. A legújabb vizsgálatok is megerősítik, hogy a világegyetem már meglehetősen korán, még a galaxishalmazok kialakulása előtt feldúsult vasban és egyéb nehéz elemekben [4].

A K2-115, a K2-27 és a K2-60 katalógusjelű csillagok kora eléri, illetve meghaladja a tízmilliárd évet. A K2 negyedik kampányában monitorozott EPIC 210894022 (K2-111) jelű fémszegény csillag még ezeknél is idősebb, a Hyadok nyílthalmaz irányában figyelhető meg Földünkről, azonban a csillaghalmaznál mintegy 4-szer nagyobb távolságban található (kb. 210 pc). A b jelű 1,9 földsugarú és mintegy 8,6 földtömegű szuper-Föld kategóriájú bolygó 0,0621 csillagászati egység távolságra kering a csillagtól, periódusideje így mindössze 5 nap és 8,4 óra [5]. A csillag és bolygója akkor alakultak ki, amikor a világegyetem még csupán alig több mint hárommilliárd éves volt, ami a jelenlegi korának nem egészen 22%-a. Az ilyen típusú csillagok körül keringő bolygók meglehetősen ritkának számítanak és vizsgálatuk fontos információkat szolgáltathat galaxisunk korai fejlődési szakaszában a bolygókeletkezésről.

A TRAPPIST-1 rendszer

A TRAPPIST (*Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope*), földi bázisú távcsövek és a Spitzer-űrtávcső segítségével összesen hét, méretében a Földéhez közelítő exobolygót fedeztek fel egy, a Vizöntő csillagkép irányában megfigyelhető közel, 39,48 fényévre lévő vörös törpecsillag körül. A Nap átmérőjének 11,7 százalékát kitevő méretű, M8 színképtípusú csillag (TRAPPIST-1) még a vörös törpék között is kicsinek számít 0,0802 naptömeggel, amely mindössze 84 Jupiter-tömeget jelent. Ennek alapján a csillag tömege éppen csak hogy meghaladja azt az elméleti tömeghatárt, amely felett egy égitest központi zónájában megvalósulhat a hidrogénfúzió. A rendszer legfőbb érdekessége azonban az, hogy a hét ismert bolygó közül három a lakhatósági zónában (*habitable zone*, HZ) kering [6], ami alapján a TRAPPIST-1 jelenleg az egyetlen ismert 3 „HZ-bolygós” rendszer. Négy planéta (b, c, f, g) átmérője meghaladja a Földét, míg három (d, e, h) mérete kisebb nála, tömegük pedig a Földének 41%-a (d) és 1,38-szorosa (c) között változik [7]. A vörös törpecsillagok körüli planéták esetében általában egyébként is a kis tömeg a jellemző, a megfigyelések szerint csak kivételes esetben kíséri őket óriás gázbolygó. Mind a hét bolygó kisebb távolságra kering a vörös törpétől, mint a Merkúr a Naptól, csillaguk közelségéből adódóan a viszonylag jelentős árapály-hatások következtében mindegyik kötött keringésű is egyben. A legkülső, h jelű 0,715 földsugarú planéta keringési periódusa is csupán 18,766 nap, távolsága 0,064 CSE [8], de mivel az ultrahideg vörös törpe energiakibocsátása mindössze 0,0525%-a a Napénak [8], még a

TRAPPIST-1h viszonylag kis csillagtól számított távolságában is csak 7,8-szer kevesebb besugárzás éri a bolygófelszínt, mint ami a földfelszínre érkezik a Naptól. A 169 K felszíni egyensúlyi hőmérsékletű, feltételezhetően Föld-típusú bolygó a leghidegebb az eddig felfedezett kőzetbolygók között. A csillaghoz legközelebbi pályán mozgó b jelű bolygó átlagos csillagtávolsága mindössze 2,87%-a, de még a hetedik, h katalógusjelű planétáé is csupán 16,56%-a a Nap–Merkúr távolságnak. Mindezek alapján a TRAPPIST-1 úgynevezett ultrakompakt bolygórendszer, melynek tagjai egymáséhoz nagyon közeli pályákon keringenek.



2. ábra: A TRAPPIST-1 rendszer bolygói. (Forrás: NASA)

A Harvard Egyetem kutatói, M. Lingam és A. Loeb eredménye [9] szerint a TRAPPIST-1 rendszerben a bolygóközi pánspermia valószínűsége akár több nagyságrenddel is felülmúlhatja Föld és a Mars közötti pánspermia esetlegesen végbemenő folyamatáét. Legalábbis elvileg helytálló ez a feltételezés egy ilyen kompakt bolygórendszerben, ugyanis magyar kutatók a központi vörös törpe fler-aktivitását tanulmányozva arra a következtetésre jutottak, hogy a TRAPPIST-1 rendszer lakható zónás bolygóinak kategóriájában valószínűtlenül nagy, mintegy 10–100 G nagyságrendű mágneses térre volna szükség a planetáris légkörök védelméhez [10]. Ez pedig azt jelenti, hogy a rendszer bolygói az élet hordozására alkalmatlanok lehetnek. A K2 küldetés keretében a Kepler-űrtávcső is végzett megfigyeléseket a többszörös tranzitokat mutató bolygórendszerről, melynek eredményeképpen még precízebb adatokat kaphatunk a planéták sugaráról.

Szuper-Földek és Neptunusz jellegű bolygók dominanciája

A K2 tizenkettedik kampányának keretében három szuper-Föld méretű bolygót fedeztek fel egy közeli K6V színeképtípusú törpecsillag körül. A három bolygó 1,64, 1,29 és 2,08 földátmérőjűnek bizonyult, s rendre 1,2, 3,648 és 6,2 napos periódusidővel kerülik meg a csillagot [11].

Eltérő karakterisztikájú a K2 tizedik megfigyelési kampánya során megfigyelt HD 106315 katalógusjelű csillag rendszere, amely multi-tranzit rendszerben két gázburokkal övezett planéta kering egy, a Naptól mintegy 355 fényévnyi távolságban található, közel négy és fél milliárd éves F5V színeképtípusú központi csillag körül. A kisebb tömegű b jelű bolygó (12,6 földtömeg, 2,44 földátmérő) pályája helyezkedik el közelebb (fél nagytengely $a=0,09$ CSE) a csillaghoz, a kissé távolabbi pályán ($a=0,1536$ CSE) mozgó c jelű planéta tömege (15,2 földtömeg, 4,35 földátmérő) az Uránuszéhoz hasonló, átmérője pedig a Földének 4,35-szorososa [12]. A HD 106315b feltételezhetően egy kőzetmaggal és vastag hidrogén/hélium gázburokkal vagy jelentős víztömeg frakcióval rendelkező planéta lehet, amely összetételét, felépítését tekintve átmenetet képez a kőzetbolygók és a Neptunusz-jellegű bolygók között.

A Kepler K2 küldetésének tizenharmadik kampányában monitorozott LP 358-499 jelű csillagról kiderült, hogy három bolygó is kering körülötte, melyek közül két szuper-Föld méretű bolygó 3,07 nap (b) és 4,86 nap (c) alatt, míg a szub-Neptunusz méretű planéta (d) 11,03 nap alatt kerüli meg egyszer az M1V színeképtípusú központi égitestet [13].

Mindhárom bolygórendszer tagjainak léte tovább erősíti a megfigyelésekből levont alapvető következtetést, miszerint a szuper-Föld és a Neptunusz kategóriájú bolygók meglehetősen gyakoriak galaxisunkban és valószínűleg az egész világegyetemben is (1. táblázat). A szuper-Földek dominanciája arra is enged következtetni, hogy a több, kis méretű kőzetbolygót tartalmazó rendszerek jóval ritkábbak, mint a szuper-Földes multiplanetáris rendszerek. Ennek megfelelően az olyan, viszonylag kis tömegű Föld-típusú planétákat hordozó rendszerek, mint amilyen a mi Naprendszerünk és a TRAPPIST-1 is, nagy valószínűséggel a bolygórendszerek általános evolúciójának egy speciális fejlődési ágához tartozhatnak.

A K2 küldetés során megerősített bolygók	174
$R < 1,25 R_{\text{Föld}}$	19
$1,25 R_{\text{Föld}} < R < 2 R_{\text{Föld}}$	38
$2 R_{\text{Föld}} < R < 6 R_{\text{Föld}}$	91
$6 R_{\text{Föld}} < R < 15 R_{\text{Föld}}$	23
$R > 15 R_{\text{Föld}}$	3

1. táblázat: A K2 által 2017. október végéig detektált exobolygók statisztikája sugaruk függvényében. (Az adatok forrása: NASA Exoplanet Archive, [7])

A szub-Neptunusz ($2 R_{\text{Föld}} < R < 3 R_{\text{Föld}}$) és Neptunusz méretű bolygók együttes kategóriájába ($2 R_{\text{Föld}} < R < 6 R_{\text{Föld}}$) sorolható planéták a megerősített K2-exobolygók teljes számának több mint a felét teszik ki. Közülük több olyan exobolygót is ismerünk, melyek sugara a Neptunuszéhoz hasonló, tömegük azonban annak másfél-kétszeresét is meghaladhatja. Ezek a viszonylag nagy átlagsűrűségű Neptunusz jellegű planéták sok esetben a csillaghoz meglehetősen közeli pályán, mindössze néhány napos periódussal járják körbe csillagukat. Példaként említhetők a K2-10b és a K2-105b jelű planéták, melyek vonatkozó adatai: tömeg $27 M_{\text{Föld}}$, sugár $3,849 R_{\text{Föld}}$; illetve $29,87 M_{\text{Föld}}$ és $4,14 R_{\text{Föld}}$. Míg a K2-27b katalógusjelű exobolygó ($30,89 M_{\text{Föld}}$, $4,488 R_{\text{Föld}}$) egy szuper-Neptunusz, addig a WASP-47d-ként katalogizált bolygó a tömegében és méretében ($16,81 M_{\text{Föld}}$, $3,714 R_{\text{Föld}}$) a leginkább hasonló az eddig talált K2 planéták közül.

A kicsi és a nagy

Az adatbázisok tanulmányozásából arra következtethetünk, hogy a Földnél kisebb sugarú exobolygók általában a több kis méretű bolygót tartalmazó rendszerekben fordulnak elő, s csupán ritkábban találhatók meg azokban, amelyek szuper-Földeket vagy még náluk is nagyobb tömegű terasztrikus planétákat hordoznak. Ez a tendencia megmutatkozik a TRAPPIST-1 rendszerben is, bár ez egyfajta átmenetet képez a kis és a nagy tömegűnek számító, uralkodóan Föld-típusú bolygókat tartalmazó bolygórendszerek között, mivel szuper-Föld kategóriájú bolygó is található benne a Földnél kisebb sugarú bolygók mellett. Kis méretű exobolygó a K2 adatbázisából például a K2-116b, amelynek átmérője csupán 69,57%-a bolygónkénak [7].

A kutatók a Kepler adatai alapján már legalább tucatnyi olyan exobolygót azonosítottak, melyek tömege 10 földtömeg feletti és viszonylag nagy átlagsűrűséggel rendelkeznek. Ezek a nagy valószínűséggel Föld-típusú exobolygók 2014 nyara óta mega-Föld elnevezéssel szerepelnek a szakirodalomban. Kialakulásuk magyarázatára több lehetséges forgatókönyv is létezik, és feltételezhető, hogy ezen keletkezési mechanizmusok mindegyike meg is valósul a természetben.

A mega-Földek a naprendszerbeli Föld-típusú bolygótestekhez képest meglehetősen nagy tömegű terasztrikus objektumoknak számítanak. Összehasonlításképpen: a rendelkezésre álló mérési adatok alapján a BD+20594b egy több mint 152 Mars-tömegű és mintegy 1325 Hold-tömegű kőzetbolygó. A K2-110b jelű exobolygó sugara a Földének mintegy 2,59-szerosa, tömege pedig 16,7-szer nagyobb nála és egy fémszegény K3 színeképtípusú törpecsillag körül kering. Amennyiben a bolygónak a Földéhez hasonló szerkezete van, akkor a mintegy 2,6 földátmérő mellett a 16,5 földtömegű kőzetmagot egy 0,2 földtömegű hidrogén légkör övezheti [14].

Az eddig talált mega-Földek közül a K2-66b jelű bolygó az egyik legérdekesebb, amelynek átmérője 2,49-szerosa, tömege pedig 21,3-szerese a Földének. Viszonylag nagy átlagsűrűsége és a fősorozatból a szubóriás-ágra elfejlődött csillagához való nagy közelsége miatt nem valószínű, hogy ez a planéta relatíve nagy tömegű gázburokkal rendelkezik [15]. Leginkább egy olyan bolygóról lehet szó, melynek viszonylag vékony kis víz- és fémgözköböl álló atmoszférája és kis tömegű fémes magja van.

Az alapvető fizikai paramétereik alapján a mega-Földek kategóriába sorolható bolygók száma mindössze 1–2%-a az ismert exoplanétákénak. Ez ugyan alacsony arány, azonban ha csupán minden második csillag körül feltételezünk bolygót (vagy bolygórendszert), a Nap közvetlen galaktikus környezetében, egy 100 fényév sugarú térrészen belül még így is tucatszám számíthatunk mega-Föld kategóriájú bolygók létezésére. A Tejútrendszerben pedig több milliárd is létezhet belőlük.

Összegzés

A Kepler-űrtávcső K2 névre keresztelt küldetése során tett felfedezések számos új információval szolgáltak az exobolygókról és exobolygórendszerekről, amelyek alapján azok kialakulási, illetve fejlődési modelljei kiegészültek, pontosabbá váltak. Az űrteleszkóp teljes eddigi megfigyelési programjában a mérési adatok értelmezése során az exobolygók több új osztályát is azonosí-

tották, forradalmasítva ezzel a kozmosz behatóbb megismerését megcélzó természettudományos vizsgálatok egyik legdinamikusabbán fejlődő ágát: az exobolygó-kutatást.

Irodalomjegyzék:

- [1] Dai F., Winn J.N. (2017): The Oblique Orbit of WASP-107b from K2 Photometry. *Astronomical Journal*, 153, 205
- [2] Hirano T. et al. (2018): Planetary Systems around Low-mass Stars Unveiled by K2. *Astronomical Journal*, 155, 127
- [3] Kovács J. (2016): Gravitációs mikrolencsézéssel is keresi a Kepler a bolygókat (www.csillagaszat.hu, 2016. 05. 02.)
- [4] Urban O. et al. (2017): A uniform metallicity in the outskirts of massive, nearby galaxy clusters. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 470, 4583
- [5] Fridlund M. et al. (2017): EPIC 210894022b – A short period super-Earth transiting a metal poor, evolved old star. *Astronomy and Astrophysics*, 604, A16
- [6] Hanyecz O. (2017): Ilyen bolygórendszert még senki sem látott (www.csillagaszat.hu, 2017. 02. 24.)
- [7] NASA Exoplanet Archive, <https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>
- [8] Gillon M. (2016): Temperate Earth-sized planets transiting a nearby ultracool dwarf star. *Nature*, 533, 221
- [9] Lingam M., Loeb A. (2017): Enhanced interplanetary panspermia in the TRAPPIST-1 system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 6689
- [10] Vida K. et al. (2017): Frequent Flaring in the TRAPPIST-1 System – Unsuitable for Life? *Astrophysical Journal*, 841, 124
- [11] Rodriguez J. E. et al. (2018): A System of Three Super Earths Transiting the Late K-Dwarf GJ 9827 at 30 pc. *Astronomical Journal*, 155, 72
- [12] Barros S.C.C. (2017): Precise masses for the transiting planetary system HD 106315 with HARPS. *Astronomy and Astrophysics*, 608, A25
- [13] Wells R. et al. (2018): Three small transiting planets around the M dwarf host star LP 358-499. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters*, 473, L131
- [14] Osborn H.P. et al. (2017): K2-110b: a massive mini-Neptune exoplanet. *Astronomy and Astrophysics*, 604, A19
- [15] Sinukoff E. et al. (2017): K2-66b and K2-106b: Two extremely hot sub-Neptune-size planets with high densities. *Astronomical Journal*, 153, 271

Nemzetközi lehetőség magyar fejlesztők előtt

Ötvös Edina

ESA Technológia Transzfer Iroda,
MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Magyarország belépésével új taggal bővült az Európai Űrügynökség (European Space Agency, ESA) technológia transzfer hálózata, amely egész Európában azon dolgozik, hogy az űrtechnológia fejlesztéseit más, nem űripari területeken, így a mindennapi életben is hasznosíthassuk. A csatlakozással hazánk is részesévé vált az űrtevékenységgel foglalkozó legnagyobb európai szervezet munkájának.

AZ ESA Technológia Transzfer Programja (ESA TTPO) azon dolgozik, hogy az ESA kutatás-fejlesztési eredményeit megossza az európai ipar szereplőivel, az űrszektor technológiáinak elérhetősége által. Célja továbbá erősíteni az európai ipart azáltal, hogy az űrtechnológiákból beazonosítja az elérhető üzleti lehetőségeket, erősíti a know-how-t és a versenyképességét az űripari beszállítóknak, miközben szélesíti az üzleti horizontjukat.

Az ESA TTPO általánosan felelős a technológia transzfer folyamatáért. A technológia transzfer folyamat számos módon történhet meg:

- Technológia Transzfer Hálózaton keresztül, a technológia transzfer menedzserek bevonásával
- A Nemzeti Technológia Transzfer Kezdeményezőkön keresztül (NTTI) az ESA tagállamaiban; ide tartozik a magyar iroda is.
- Az ESA által meghirdetett pályázatra benyújtott jelentkezéssel.
- Az ESA inkubátorokon keresztül.
- Az ESA iparjogvédelmi irodáján keresztül, stb.

A hazai szerepvállalást a Nemzeti Fejlesztési Minisztériumban működő Magyar Űrkutatási Iroda a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Wigner Fizikai Kutatóközpontjának bevonásával valósította meg. A programhoz való csatlakozás jótékonyan hat a gazdasági szereplőkre és a mindennapokra, hiszen az együttműködések olyan dinamikusan fejlődő területeket is érintenek, mint a műholdas navigáció, a távközlés, a meteorológia, a gyógyászat vagy a környezetvédelem.



Az ESA magyarországi Technológia Transzfer Irodájának megalakulása alkalmából rendezett sajtótájékoztató 2017. január 12-én, az MTA székházában

Az ESA magyar Technológia Transzfer Irodájának feladata az űrtechnológiák megismertetése és azok hasznosításának elősegítése a gazdaság, az ipar, vagy a hétköznapi élet bármely területén. Az űripar „hétköznapi” hasznosítása kereskedelmi szempontból is értékes termékeket, szolgáltatásokat és nagy potenciállal rendelkező vállalkozásokat eredményezhet. A Technológia Transzfer Iroda olyan szakértőkből áll, akik tudásukkal, kapcsolatrendszerükkel és szakértelmükkel segítik a hazai és a nemzetközi tapasztalatcserét, emellett új fejlesztéseket is felkutatnak. Az iroda vezetője Tandi Zsuzsanna, aki egyben a Wigner innovációs titkára is.



Az ESA Technológia Transzfer Programiroda a technológia transzfert bizonyos tagországokban a Nemzeti Technológia Transzfer Kezdeményező irodáin (NTTI) keresztül támogatja. Magyarország is ilyen, kiemelt irodát alapított. A Nemzeti Kezdeményezők a saját országukon belül szerveznek, támogatnak új projekteket, amely során a űriparon kívülről érkező technológiai igényekhez keresnek űripari megoldásokat a saját országukból vagy akár más ESA tagországból. Az NTTI irodák saját pályázati forrással is rendelkeznek, amelyet felhasználnak demonstrációs projektek támogatására.



*Az Európai Űrügynökség technológia transzfer hálózata Európa térképén.
(Forrás: ESA)*

Az alábbi országokban működnek Technológia Transzfer Irodák: Ausztria, Németország, Luxemburg, Olaszország, Portugália, Görögország, Norvégia, Egyesült Királyság, Spanyolország, Franciaország, Írország, Svédország

Az alábbi országokban működnek Nemzeti Technológia Transzfer Kezdeményező irodák: Magyarország, Belgium, Norvé-

gia, Csehország. Magyarország a négy kiemelt Technológia Transzfer irodához tartozik, saját forrással rendelkezik demonstrációs projektek támogatására. A technológia transzfer projektek finanszírozásához Magyarországon a *Demonstration call* elnevezésű pályázaton lehet támogatáshoz jutni. A programba olyan projektek jelentkezését várják, amelyek úripari megoldást vesznek át és alakítanak a hétköznapiakban is alkalmazható szolgáltatássá vagy terméké. Pályázatot bármely magyarországi állampolgár vagy hazánkban bejegyzett vállalkozás benyújthat. Az első pályázati felhívás határideje 2017. június 6-án járt le. A Pályázati Értékelő Testület döntése alapján két nyertes pályaművet választottak ki.



Vadász Pál (Montana Tudásmenedzsment Kft.) és Csurgai-Horváth László (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem), a két nyertes képviselői

Az egyik nyertes projekt a SUPERB rövidítésű *Satellite image process UPon rEquest from Reports on Border security* lett, melyet a Montana Tudásmenedzsment Kft. fejleszt ki a Nemzeti Közzolgálati Egyetem Határrendészeti Tanszékének és a Rendőrség Tudományos Tanácsának támogatásával. A koncepció szerint a rendszer multimédiás adatokat, szöveges, hangi és képi információkat gyűjt össze múltbeli eseményekről, melyeket mesterséges intelligencia segítségével vet egybe a belső (rendőrségi) forrásokkal, valamint a médiában megjelent hírekkel és nyilvános tartalmakkal. Az eredmények alapján megkísérli meghatározni az események földrajzi helyét. Az eredmények alapján űrfelvételekkel veti egybe az események helyszínét, és ezeket együtt analizálja a megfigyelési adatokkal, felhasználva a „SIMILAR IMAGING” módszert.

A másik nyertes projekt egy mobil 5G hullámterjedési mérőberendezés, amelyet a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán fejlesztettek ki jelenlegi és korábbi kutatásokra alapozva. A jövőbeli 5G mobil kommunikációs technológia kiváló minőségű szolgáltatást nyújt majd, amely nagyobb átviteli sebességet biztosít elsősorban a sávszélesség és a használt frekvencia növelése által, ami korszerű és innovatív technológiákat igényel. A demonstrátor program végső eredménye egy hordozható beltéri 5G tesztberendezés, amely kulcsműszere lehet a hullámterjedési méréseket végző mérnököknek. Mivel az 5G technikát a közeljövőben várhatóan bevezetik, egy ilyen berendezésnek széleskörű alkalmazása lehet, így az űrcélokra kifejlesztett eszközt sikeresen lehet alkalmazni a földi környezetben is.

A második pályázati kiírásra 2017. november 15-én került sor, hasonló tartalommal, mint az első alkalommal. A pályázati feltételek, útmutatók és egyéb segédanyagok a Wigner Fizikai Kutatóközpont folyamatosan bővülő honlapjáról elérhetőek: <http://wigner.mta.hu/esa/>.

További kérdéseket ugyancsak a honlapon található e-mail címre lehet küldeni: esa-info@wigner.mta.hu. Az Iroda címe: MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, 1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29–33. Kapcsolattartó: *Tandi Zsuzsanna*, az ESA Technológia Transzfer Iroda vezetője (telefon: +36 30 955 5869, e-mail: tandi.zsuzsanna@wigner.mta.hu)



A Magyar Asztronautikai Társaság 2017. évi tevékenysége – beszámoló

H-SPACE, harmadszor

2017. február 9-én és 10-én a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Villamosmérnöki és Informatikai Kar (VIK) Egyesült Innovációs és Tudásközpontja (EIT) – együttműködve a MANT-tal – harmadik alkalommal szervezett nemzetközi űrkutatási konferenciát a Műegyetemen. A H-SPACE sorozat 2015 februárjában indult. A rendezvényen a legújabb hazai űrkutatási eredmények bemutatása mellett nemzetközi kitekintést is kaphattak a résztvevők, valamint az Európai Űrügynökség (ESA) neves képviselőivel is találkozhattak az érdeklődők. A rendezvény szakmai együttműködő partnere a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács volt.

Építve a korábbi években rendezett H-SPACE konferenciák sikerére, az idei esemény is lehetőséget biztosított arra, hogy a magyar kutatók tudományos eredményei és az űrtevékenységhez kapcsolódó oktatási, ismeretterjesztési tevékenység széles publicitást kapjon. A rendezvényen angol – és az oktatási szekció pénteki alkalmával magyar – nyelvű előadásokat hallgathatnak meg az érdeklődők. A csütörtökön 14 órakor kezdődött a megnyitó után a tudományos és ipari szekcióban a konferencia fő témájához – Integrált műholdas alkalmazások – kapcsolódó angol nyelvű előadások szerepeltek hazai és külföldi szakemberektől. A konferencián előadások hangzottak el például az ESA sike-



Markovits-Somogyi Rita (Hungarocontrol Zrt.) előadásában a műholdas helymeghatározó rendszerek alkalmazását mutatta be a repülésben, külön kiemelve a magyarországi fejlesztéseket. Az előadó diákkorában MANT űrtábori résztvevő volt. (Fotó: Trupka Zoltán)

res Rosetta üstököskutató űrszondája Philae leszállóegységéről és benne a jelentős magyar részvételtől (Balázs András, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont), műholdas távközlési témákról, az átfolyósos kémiai reakciókkal végzendő világűrbeli kísérletek lehetőségeiről és kihívásairól (Darvas Ferenc, ThalesNano).

A Múgyetem I épületének aulájában egy sor posztert is kiállítottak a résztvevők, amelyekre egy-egy percben a plenáris ülésen is lehetőségük volt felhívni a hallgatóság figyelmét. A teljes program, az elhangzott előadások és a bemutatott poszterek kivonatait tartalmazó füzet, valamint egyes előadások írásos változata elérhető a konferencia honlapján (space.bme.hu/hspace2017).

Pénteken délelőtt az angol nyelvű tudományos előadások folytatásában először az űr-anyagtudományé volt a főszerep. Bárczy Pál (Admatis Kft.) egy az Európai Unió Horizon2020 programjában támogatást nyert nagy nemzetközi projektről szólt, amely új korszakot teremthet az űreszközkhöz felhasznált anyagok fejlesztésében. A teljesség igénye nélkül, volt még szó a magyar kezdeményezés nyomán készülő ESA-műhold, a RAD-CUBE fedélzetére kerülő RadMag háromdimenziós kozmikus sugárzásmérőről, és az optikai színeképelemzés oktatásáról középiszkolás és egyetemista diákok számára. A zárónap délutánján először Lluc Diaz (ESA Technológia Transzfer Iroda) ismertette az űrügynökség erőfeszítéseit az űrkutatás számára kifejlesztett technológiák más területeken való alkalmazásának elősegítésére. Szó esett az üzleti inkubátorok európai hálózatáról, és arról, hogy a közelmúltban Magyarországon, az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontjában jött létre az ESA technológia-átadást segítő 16. európai irodája. Utána magyar nyelven iskolai és felsőoktatási módszerek, tapasztalatok, valamint iskolán kívüli képzési és ismeretterjesztési formák kerültek terítékre.

A H-SPACE 2017 nemzetközi konferencia második napjának délutánján került sor a SpacePaprika workshopra. A 18–35 év közötti magyar fiatalok számára szervezett zártkörű rendezvény a MANT, az ENSZ támogatásával működő nemzetközi Space Generation Advisory Council (SGAC), a BME, valamint a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület (HTE) együttműködésében valósult meg. 2016 nyarán a MANT és az SGAC által szervezett Űrakadémia résztvevői megfogalmazták egy, a Nemzetközi Űrállomásra kerülő magyar kísérlet ötletét. A workshopon az ötlet továbbgondolására volt lehetőségük az érdeklődőknek.

(Űrvilág)

Magyar Űrkutatási Fórum 2017, Sopron

A MANT és a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont (CSFK) Geodéziai és Geofizikai Intézet (GGI) közös kezdeményezésére, a Soproni Egyetem Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar társszervezésével 2017. április 5–7. között Sopronban került sor a Magyar Űrkutatási Fórum 2017 konferenciára. Ez a legrégebb hagyományokkal rendelkező hazai űrkutatási szakmai-tudományos rendezvény. Legutóbb két évvel ezelőtt rendezték Sopronban, most ugyanarra a helyszínre látogattak vissza a résztvevők. A 2015-ben a nevében megújult és tartalmában kibővült konferencia a korábbi Ionoszféra- és Magnetoszféra-fizikai Szemináriumok sorozatának folytatása. Ezek közül az első 1972-ben éppen Sopronban volt, ahogy most a harmincadik is.

A fórum célja a hazai űrkutató szakemberek közötti kapcsolatok erősítése, a véleménycsere elősegítése, új együttműködések kialakítása volt. A barátságos hangulatú, a magyar űrkutatásról jó keresztmetszetet adó konferencián a kutatók és mérnökök három nap alatt húsznál is több előadásban mutatták be legújabb eredményeiket. Több jelentkező is lett volna, de időszűke miatt nem fért be mindenki a szóbeli előadások programjába. Így a programbizottság kénytelen volt válogatni a jelentkezők között, hogy minél színesebb legyen a kínálat. A többiek látványos posztereken foglalták össze mondanivalójukat. A poszterelőadók is kaptak ugyanakkor 1–1 percnyi szót, hogy felhívhassák a figyelmet munkájukra, illetve két nap délutánján is hosszú szekciót rendeztek, ahol meg lehetett tekinteni és vitatni a poszterek tartalmát. Az oldott hangulatot és az őszinte eszmecserét a poszterszekcióval egybekötött borkóstoló volt hivatott biztosítani.

A Magyar Űrkutatási Fórumot Szarka László, az MTA CSFK főigazgatója és Bacsárdi László, a MANT főtitkára nyitotta meg. Meghívott előadást tartott a hazai űrkutatás aktuális helyzetéről Tari Fruzsina, a Nemzeti Fejlesztési Minisztériumban működő Magyar Űrkutatási Iroda vezetője, valamint az Európai Űrügynökség tudományos programjairól Kiss László, az MTA CSFK főigazgató-helyettese. A további előadásokon szó volt űrfizikáról, űridőjárásról, napfizikáról, geofizikáról, űrcsillagászatról, üstököskutatásról, a Nemzetközi Űrállomáson és kutatórakétán végzett mérésekről, műholdas földmegfigyelésről, helymeghatározásról, kommunikációról, nagy mennyiségű adatok elemzéséről. A konferencia zárszavát Almár Iván, a MANT örökös tiszteletbeli elnöke mondta. A szóbeli előadások és poszterek tartalmi kivo-

natát a MANT egy füzetben, elektronikus formátumban megjelentette, és a konferencia után a résztvevők által benyújtott cikkek is napvilágot láttak egy kötetben, amely a konferencia honlapjáról (www.muf2017.hu) elérhető.

(Ür Világ)

Takarítás a világűrben – diákpályázatunk nyertesei

A MANT által felkért szakértő zsűrik értékelése nyomán április elejére elkészült a 2016/2017-es tanévre meghirdetett, az űrszemét problémakörét a középpontba állító *Takarítás a világűrben* című diákpályázatunk díjazottjainak listája. Nagy örömkre tavaly őszi pályázati felhívásunkat ismét nagy érdeklődés kísérte. 2017. április 29-én 14:30-kor Budapesten, a Millenáris D csarnokában, a Felfedezők Napja rendezvény nagyszínpadán hirdettük ki ünnepélyesen az eredményeket. A nyertesek listáját az alábbiakban közöljük. Nekik, de minden lelkes pályázónknak is gratulálunk az elvégzett munkájukhoz!

11–14 éves egyéni kategória

(A kategória támogatója a *Galaktika tudományos-fantasztikus magazin*)

I. díj: Császár Csongor

(Úrkúti Csillagászati Klub, felkészítő tanár: Ivanics Ferenc)

II. díj: Őze Virág

(Kiss Bálint Református Általános Iskola, Szentes, felkészítő tanár: Kalamusz Tünde)

III. díj: Bolla Bálint

(Úrkúti Csillagászati Klub, felkészítő tanár: Ivanics Ferenc)

III. díj: Papp Marcell Miklós

(Herman Ottó Gimnázium, Miskolc, felkészítő tanár: Tepliczky István)

11–14 éves csapat kategória

I. díj: *Tarján Bernát, Cserna Péter Barnabás, Fodor Gergely, Hevesi Dániel*

(Békásmegyeri Veres Péter Gimnázium, Budapest, felkészítő: Tarján Gabriella)

II. díj: *Romhányi Ramóna, Kovács Karina*

(Gyömrői Fekete István Általános Iskola és Szakiskola, Gyömrő, felkészítő tanár: Szabóné Szócs Erika)

III. díj: *Virágh Lili, Tamás Bálint, Makó Dávid*

(GÚT Általános Iskola Tiszagyulaházi Tagiskolája, Tiszagyulaháza, felkészítő tanár: Sándorné Mézes Viktória)

Különdíj: *Necseszán Boglárka Piroska, Necseszán Norbert Ferenc*
(Gimnazial Nr. 11, Nagyvárad, felkészítő: Necseszán Ferenc)

Különdíj: *Bogár-Szabó András, Bogár-Szabó Mihály*

(Friedrich Schiller Gimnázium, Pilisvörösvár, felkészítő: Bogár-Szabó Ádám)

15–18 éves egyéni kategória

I. díj: *Konrád Milán*

(Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnázium, Budapest, felkészítő tanár: Komáromi Annamária)

II. díj: *Molnár Dóra*

(Dunaújvárosi Széchenyi István Gimnázium és Kollégium, felkészítő tanár: Zloch Istvánné)

III. díj: *Erdélyi Viktória*

(Nagyberegri Református Líceum, felkészítő tanár: Tóth András)

15–18 éves csapat kategória

Különdíj: *Tálos Botond, Pintér József*

(Soproni Széchenyi István Gimnázium, Sopron, felkészítő tanár: Lang Ágota)

Közyűlési beszámoló

Május 26-án tartottuk a 2016. évi beszámolókat elfogadó rendes közgyűlésünket Budapesten. A helyszín az ELTE TTK látgymányosi északi épülettömbje (0.89-es terem) volt. A 15 órára összehívott közgyűlés a megjelent tagok száma alapján nem volt határozatképes. Így azt – a szokásos, a meghívóban is meghirdetett módon, a bevezető előadást követően – valamivel 16 óra előtt folytattuk. Ekkor már a megjelentek létszámára való tekintet nélkül határozatképes volt a közgyűlés.

Az előadást Szalai Sándor (MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, a MANT tiszteleti tagja) tartotta *A VEGA és a Rosetta missziók mérnöki szemmel* címmel. Szalai Sándor mindkét nagy nemzetközi üstököskutató programban részt vett. Ismertette a magyar



közreműködést ezekben a programokban, hangsúlyozottan a technikai részletekre, és nem a tudományos eredményekre összpontosítva. Míg az utóbbiakról gyakrabban hallunk, az űrszondák berendezései, felépítésük, működésük titkai ritkábban kerülnek szóba.

A közgyűlés levezető elnöke Solymosi János, a MANT elnöke volt. A napirenden szerepelt az előző, 2016-os évről szóló elnöki-főtitkári beszámoló, a gazdasági beszámoló és a közhasznúsági jelentés megtárgyalása. Ezeket a résztvevők számára a közgyűlést megelőzően már elérhetővé tett dokumentumokat Bacsárdi László főtitkár ismertette röviden, külön kitérve a 2017-ben már eddig elért eredményekre is, amelyek természetesen a tavalyi jelentésekben még nem szerepelnek, de a tagság teljesebb tájékoztatásához elengedhetetlenek. Az Ellenőrző Bizottság elnöke, Mihálka György megismertette a megjelent tagokat a Bizottság 2016. évről szóló jelentésével. Az előző év munkájáról szóló beszámolókat a közgyűlés ezután egyhangú szavazással elfogadta.

A közgyűlés napirendjén szerepelt még az Elnökség javaslata alapján új tiszteleti tag választása. Ugyancsak egyhangú szavazás után a MANT tiszteleti tagja lett Bárczy Pál.

A közgyűlés megtárgyalta és elfogadta a MANT 2017-es költségvetésének tervezetét is. Végül többségi szavazással döntöttek a közgyűlés résztvevői arról, hogy a 2018. évtől kezdődően a MANT éves rendes tagdíjának összege 4000 Ft lesz. A diák és nyugdíjas tagok ennek a felét, 2000 Ft-ot fizetnek. Mint elhangzott, a mintegy egy évtizede változatlan tagdíjak emelése azért vált szükségessé, mert a korábbi összeg lényegében már a tagoknak járó legalapvetőbb szolgáltatások (az Űrtan Évkönyv nyomdai előállítás és postázása) költségeit sem fedezi.

Űrtábori élménybeszámoló

Idén július 9–15. között Bakonybélien tartottuk hagyományos nyári Űrtáborunkat, amelyről az M1 televízió Minden tudás című műsora július 28-ai adásában tudósított. Űrtábori élményeiről az egyik résztvevő, Rab Fanni írt beszámolót.

Már egészen régóta érdekelt a csillagászat és az űrkutatás, mikor apukám megkérdezte, hogy nincs-e kedvem részt venni az űrtáborban. Rögtön nagyon lelkes lettem és – habár még nem hallottam erről a táborról – máris nagy reményeket fűztem hozzá, ugyanis az én koromban nem sokakat érdekel ez a téma. Örültem, hogy végre megismerhetek hasonló érdeklődésű fiatalokat.



Számoltam a napokat a táborig, ami július 9-én a közös utazással elkezdődött. A Keleti pályaudvartól indultunk, ahol az egyik táborvezető, Milánkovich Dóri várta az érkezőket. Egy átszállás után a vonatállomástól kocsival vittek minket a szállásra, azaz a Pajtába. Egy légtérben adott ott-hont egy-egy külön szo-

bával a lányoknak és a fiúknak, valamint a táborvezetőknek, egy konyhával, étkezővel, egy társalgóval – ami később a csapatjátékok helyszíne volt –, valamint egy-egy fürdőszobával. Az összehátas valóban egy pajta érzetét keltette, ami számomra nagyon barátságosnak és hangulatosnak hatott. Miután mindenki megérkezett, vacsorázni indultunk, majd (szigorúan) a kedvenc könyv- és filmcím segítségével mindenki bemutatkozott és egy űrtáboros póló átvételével hivatalosan is egy közösség lettünk.

Ezek után egy felejthetetlen hét következett. Ami nekem a legjobban tetszett az egészben, a csapatmunka volt. A táborvezetők 4 csapatra osztottak minket és kiadtak egy feladatot, ami az egész héten átívelő csoportmunkának adott lehetőséget. Minden csapatnak ki kellett találni egy olyan sporteszközt, amit az űrben lehet alkalmazni és ennek kidolgozására minden nap kaptunk időt. Én egy különösen jó társaságba kerültem, a közös munka mindig nagyon jó hangulatban telt.

A Pajta melletti csillagvizsgálóba, a Pannon Csillagdába is sokszor jártunk. Néztünk napfoltot és persze este csillagokat és a Holdat is az ország egyik legjobb bárki által látogatható távcsővével, de amit a legélvezetesebbnek találtam, az a csillagdában lévő planetárium volt. Mind tartalmilag, mind látvány szempontjából lenyűgözött a kupolán végigfutó felvételek sorozata.

Jártunk továbbá a közeli városban, ahol egy botanikus kertet néztünk meg, voltunk éjszakai túrán a Bakonyban, festettünk pólót és végighallgattunk sok érdekes és különféle előadást az űrkutatással kapcsolatban. Ezek az előadások mindig sok információt tartalmaztak, amiket most, vagy akár később sem árt tudni. A táborvezetők stílusa, a táborhoz való viszonyulásuk is fokozta az élményt, ugyanis mind a hárman nagyon segítőkészek, kedvesek és szimpatikusak. Bacsí (Bacsárdi László, táborvezető) különösen nagy figyelmet fordított a véleményünkre, többször is leírtuk, hogy mi tetszik a táborban, mi nem, és mit üzenünk a többieknek. Nálam legtöbbször a „nem tetszik” rubrika üresen maradt.

Ez az egy hét Bakonybélien nekem egy felejthetetlen élménynek bizonyult, a légkör, a társaság, a hangulat és a külön kialakult tábori humor is a nyár legfantasztikusabb része volt. A társaságból új barátokat is szereztem, akikkel azóta is tartom a kapcsolatot. Már nagyon várom a jövő évi űrtábort, ameddig lehet, biztosan megyek!

(Rab Fanni)

(Legalább még) egy CubeSat küldetés – beszámoló a MANT Űrakadémiáról

2017. augusztus 3–6. között immár harmadik alkalommal gyűlt össze Gödöllőn a MANT és a Space Generation Advisory Council (SGAC) szervezésében az űrkutatásért rajongó, 18–35 év közötti fiatalok lelkes csoportja, akik között a korhatár legifjabb és legtapasztaltabb vége is képviseltette magát – többen közülük korábbi MANT űrtáborosként. A többek között végzett és/vagy jelenleg is tanuló biológusok, vegyészek, fizikusok, mérnökök inspiráló egyvelegével idén az volt a feladatunk, hogy megálmodjunk egy CubeSat-küldetést.

Ehhez a feladathoz elsősorban szakmai előadásokkal kaptunk segítséget a szervezőktől. Horvai Ferenc csillagász a Holdkutatás múltját, jelenét és tervezett jövőjét foglalta össze, Bérczi Szaniszló nyugalmazott egyetemi docens a Hold geológiai felépí-

tésébe adott bevezetést, Kovács Kálmán, a BME űrfórum elnöke és az Egyesült Innovációs és Tudásközpont (EIT) igazgatója pedig beszélt az űrtevékenységet folytató hazai intézményekről és azok eredményeiről. A témával kicsit specifikusabban foglalkozva Marosy Gábor, a C3S technológiai igazgatója vezette végig a hallgatóságot a CubeSatok tervezésétől a felbocsátásig egy ilyen eszköz életútján, illetve Géczy Gábor, a SMOG-1 „zsebműhold” fejlesztője vázolta fel a felküldés előtti utolsó fázisokban járó projektet, amely reményeink szerint minden idők eddigi legkisebb szatellitjeként fog keringeni 1–2 éven belül bolygónk körül. Ezeken felül Hegyesi Béla, atomenergetikai mérnök hallgató, a MANT, a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium és az SGAC által az Alpbachi Nyári Iskolán való részvételre hirdetett ösztöndíj nyertese mesélt az ott szerzett tapasztalatairól és élményeiről, Arnócz István, az SGAC nemzeti kapcsolattartója mutatta be a szervezet működését és kapcsolatát a magyar űrtevékenységgel, valamint Magyar Zita, pályázati író és start-up mentor ismertetett számos pályázati lehetőséget európai és világviszonylatban is.



Az előadások közti időben kisebb csapatokba rendeződve folyt az ötletelés a tervezendő küldetésről, ahol igen sok ötlet került szóba az űrszemét CubeSatokkal történő eltakarításától a Holdon ilyen kis műholdakkal történő landoláson keresztül égi kísérőnk kockaszondákkal való megfigyeléséig, érintve olyan fontos és megkerülhetetlen kérdéseket, mint a GPS-hez hasonló holdi navigáció kialakítása vagy a Hold felszínén zajló helyszíni mérések és kísérletek. Amennyiben lehetőséget kapunk rá, úgy az összeállított küldetéssterv részleteit az őszi rendezendő Űrkutatás Napján is szeretnénk bemutatni a szakmai közösség előtt.

A négy napos eseményen nagyszerű hangulat volt, ahol kellemes és kötetlen beszélgetések nyomán a magyar és a nemzetközi űrtevékenység kulisszatitkaiba pillanthattunk be, melyekből az a határozott konklúzió körvonalazódott bennem – és sejtésem szerint a többi résztvevőben is –, hogy a hazai űrmérnökök és űrkutatók legalább ugyanolyan, sőt sokszor jobb képességekkel bírnak, mint külföldi vetélytársaik, és eredményeiknek szinte csak anyagi forrásaik és elismertségük szabhat határt. Ennek fényében a társaság igen motiváltan állt a kitűzött cél eléréséhez, és rengeteg új, érdekes elképzelés látott napvilágot, amit nagymértékben elősegített az ideális mennyiségű kötetlen szabadprogram beiktatása, a holdfényes éjszakai távcsövezésként a nyári hőségben mindenki által áhított strandolásig. Ezúton is hatalmas köszönet illeti a szervezőket, amiért részt vehettünk idén is ezen a rendezvényen, és reméljük, hogy jövőre újra találkozhatunk.

(Ordasi András)

Űrkutatás Napja 2017

Az idei Űrkutatás Napja a megszokottnál talán kicsit még ünnepélyesebb volt, hiszen most ünnepeltük a Szputnyik–1 felbocsátásának hatvanadik évfordulóját. A köszöntő során Both Előd, a MANT alelnöke is kiemelte, milyen különleges ez a nap, illetve hogy milyen különleges maga a helyszín is, ahol megrendezték. Nem csoda, hiszen idén október 4-én a Magyar Tudományos Akadémia biztosított helyszínt a rendezvénynek.

A köszöntő után három nyitóbeszéd következett. Elsőként Pócza András, a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (NFM) főosztályvezetője köszöntötte a résztvevőket, beszélt a magyar űrkutatás múltjáról, jelenéről, jövőjéről, illetve az NFM támogatásáról. A második nyitóbeszédet Bokor Józseftől, a Magyar Tudományos Akadémia alelnökétől hallhattuk, aki maga is több űrkutatási projekten dolgozott pályafutása során. Elmondta, hogy bár Magyarországon elsöre úgy tűnhet, hogy az űrkutatás nem egy jelentős terület, mégis ha valaki egy kis bepillantást nyer a magyar űrkutatás világába, azonnal szembetűnik, hogy számtalan szervezet kapcsolódik szorosan a területhez. Reméli, hogy ez sokszínűség nem csak az országunkon belül lesz ilyen, hanem hogy nemzetközi szinten az orosz és az európai kapcsolatokon túl együttműködünk majd az amerikai NASA-val is. Harmadiként pedig Solymosi János, a MANT elnöke szólalt meg. Beszédében elmondta, hogy az egyesület mondhatni egyidős a magyar

űrtevékenységgel, azóta már generációk adták át egymásnak tudásukat a szervezetben. A MANT céljai között most az szerepel vastagon szedve, hogy minél nagyobb szerepet vállaljanak az európai, illetve világszintű űrtevékenységben. Ehhez persze elengedhetetlen, hogy a megfelelő szellemi tőkét itthon tudjuk tartani.

A nyitóbeszéd után hagyományosan az űrkutatási díjak átadása következett. A MANT idei díjazottjai: Vizi Pál Gábor (Nagy Ernő-díj), Nagy János Zoltán (Fonó Albert-díj) és Bárczy Pál (a MANT tiszteleti tagja).



A programban az első előadást Almár Iván professzor tartotta *1957. október 4. – hatvan év múltán visszatekintve* címmel. Egy nagyon lényeges dologra hívta fel a figyelmet: ha azt mondjuk, hogy űrkorszak, azzal arra uta-

lunk, hogy egyszer majd lezárul ez az időszak, ahogy a történelemben is minden korszaknak volt eleje, így vége is. Azt javasolta tehát, hogy említsük ezt az 1957-ben kezdődött új időszámítást űrcivilizációnak, hiszen ahogy nem tudtuk hatvan éve, hogy hol leszünk 2017-ben, úgy most sem tudhatjuk, hogy hol leszünk 2077-ben. Azonban valószínűleg ez az első fontos lépés, mely során az első ember alkotta testet, a Szputnyik-1-et felbocsátottuk a világűrbe, egy végeláthatatlan fejlődés kezdeti lépése volt. Azóta emberi mértékkel szinte felfoghatatlan felfedezéseket tettünk, olyan határokat feszegetünk, melyekről talán azt gondoltuk, nem is léteznek.

Ezután Szarka László akadémikus, az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont főigazgatója a *Nemzetközi Geofizikai Év* címmel folytatta az előadások sorát. Beszért az 1957–58-as Nemzetközi Geofizikai Év előzményeiről, a Sarki Évről, tudományos hatásáról. Az Osztrák–Magyar Monarchia korszakától a második világháborún át napjainkig bemutatta a sarki évek, illetve geofizikai évek változását.

A *magyar űrtevékenység aktuális helyzete* címmel Horvai Ferenc, az NFM főtanácsosa szólalt meg. Beszédében bemutatta a Magyar Űrkutatási Iroda (MŰI) szervezeti rendszerének hátterét, annak változásait, vezetőit egészen a mai napig. Megemlítette, hogy a MŰI igyekszik minél inkább támogatni a magyar kuta-

tóintézeteket is, azonban jelentős munkát végeznek a külföldi kapcsolatok terén itt. A külföldi kapcsolatok között természetesen nagyon fontos és említésre méltó az ESA, Magyarország ESA tagsága, az Európai Unió által kezdeményezett különböző projektek, az Oroszországgal való együttműködés, illetve különféle kapcsolatok a világ majdnem minden tájáról.

Az szünet előtti előadások sorát Kovács Kálmán, a BME Egyesült Innovációs és Tudásközpont igazgatója zárta *Műszaki kutatás az űrtevékenységben* címmel. Beszédében bemutatta a műszaki kutatás, a műszaki szakma helyzetét, jelentőségét a magyar űrkutatásban. Kiemelte, hogy a kézzelfoghatóság, a jól értelmezhetőség nagyon fontos eleme minden emberi tevékenységnek, így a műszaki tevékenység egy jó eszköze annak, hogy széles tömegnek be tudjuk mutatni egy olyan széles spektrumú tevékenység fontosságát, mint az űrkutatás.

Az Űrkutatás Napja 2017 programjának második felében olyan szakmai előadások következtek, melyek konkrét magyar kutatásokat, fejlesztéseket mutattak be. Elsőként Hirn Attila, az MTA Energiatudományi Kutatóközpont munkatársa *RadMag – Egy magyar műszer az űridőjárás monitorozásának szolgálatában* címmel tartott előadást. Elmondta, hogy a kutatásaik egyik fő irányvonala az űrbéli sugárzás mérése, az űrhajósok sugárvédelmének megoldása. Ez azért fontos, mert a Föld körüli térség állapota folyton változik, ez a változás pedig jellemzően nem előre jelezhető, pedig hatással van az emberekre – Almár Iván szavaival élve az űrcivilizációra – mind a Földön, mind a világűrben. Így tehát igen fontos, hogy az űridőjárást nyomon követhessük, képesek legyünk a sugárzás mérésére. Ezért is született meg már közel két éve a RadMag műszer és a CROSS rendszer ötlete, melyet Hirn Attila beszéde további részében mutatott be.

Az űrutazás pszichológiai kihívásai címmel Balázs László és Ehmann Bea, az MTA TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet munkatársai tartották meg bemutatójukat, mely igen különös színfoltja volt az előadásoknak, hiszen nem műszerekről, mérésekről, hanem emberekről szólt. Kutatásaik azzal foglalkoznak, hogy az űrkutatásban a meglévő műszaki kihívások mellett



milyen hatással van egy űrutazás az emberi agyra, illetve hogy hogyan őrizhetik meg az űrhajósok egy hosszú út során is a legjobb teljesítőképességüket. Beszéltek az űr-tengeribetegségről, stresszorokról, alkalmazkodásról a nem mindennapi élethez, mind neurológiai, mind pszichológiai szinten. Ehmann Bea bemutatott különböző pszichológiai kísérleteket is, többek közt például a Mars500-at, melyek felkészítik az emberiséget a hosszú űrutazásra.

A következő előadásban bemutatkozott a Magyar Repülő- és Űrtechnológiai Platform (HATP). Solymosi János, a HATP elnöke áttekintést adott a szervezetről, mely segíti a különböző űrkutatással foglalkozó cégek, intézmények közös munkáját, az információk áramlását a még hatékonyabb munka érdekében. A HATP tevékenysége igen sokszínű, többek között foglalkozik tudományos műszerekkel, űreszköz-részegységek készítésével, platformokkal, földi infrastruktúrával is. Több komoly feladat és sikeresen teljesített misszió áll a szervezet mögött.

Az ESA magyarországi Technológia Transzfer Irodájának bemutatására Tandí Zsuzsanna, az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont innovációs titkára, az ESA TTO magyarországi iroda vezetője vállalkozott. Tandí Zsuzsanna mind itthon, mind Genfben azt a feladatot látja el, hogy a kutatóközpontban folyó munka eredményeit továbbítsa az ipari szektor számára. Magyarország teljes jogú ESA tagságát követően csatlakoztunk az ESA technológia transzfer programhoz, melynek célja, hogy különböző űrtechnológiai fejlesztéseket földi használatra, vagy az ipar számára emeljenek át, illetve bemutassák azokat a magyar gazdasági szereplőknek. Kiemelte, hogy a tevékenységük a technológia átadói, illetve átvevői számára is ingyenes, teljes mértékben elérhető és segítő feladatot lát el.

Copernicus magyar módra címmel Bárczy Pál, professzor emeritus (Magyar Űripari Klaszter) tartott előadást. Először bemutatta a miskolci HUNPSACE Magyar Űripari Klaszter fejlődését, munkásságát. Tevékenységeik közé tartozik többek közt a műholdalkatrészek, részegységek gyártása, illetve képfeldolgozás is. Másodjára a Copernicus program bemutatása következett, mely egy Európai Unió projekt, bolygónk megfigyelését tűzte ki céljául. A program megvalósításában több részfeladatot is a Magyar Űripari Klaszter tagjai végeztek el.

A nap utolsó előadását három fiatal szakember tartotta meg: elsőként Szendrei Dániel gépészmérnök, aki a MANT Űrtáborának folytatásaként létrejött nyári Űrakadémia tavalyi projektjét, az Űrpaprikát ismertette meg a résztvevőkkel. Majd Or-

dasi András és Pusztai Péter *Egy CubeSat küldetés* címmel tartották meg rövid bemutatójukat. Szendrei Dániel előadását az Űrakadémia ismertetésével indította, majd rátért a tavalyi találkozó projektjére, az Űrpaprikára. Az Űrpaprika azt az ötletet dolgozza ki részletesen, hogy amennyiben képesek lennénk például paprikát termesztetni egy hosszas űrutazás során, úgy megoldható lenne többek közt az a probléma, hogy a gyógyszerek hatóanyag-tartalma igen gyorsan elvész az űrbéli körülmények között. Erre kínál megoldást az Űrpaprika, mely nem csak vitaminokban gazdag, de még magyar is. Ordasi András és Pusztai Péter az idei Űrakadémia-projekt bemutatásával folytatta az előadást, mely egy kis műhold (CubeSat) ötletének kidolgozása volt. Az űrakadémiai CubeSat a Holdra indulna Föld körüli pályáról, és égi kísérőnk felszínét figyelné meg. Kidolgozásának részeként bemutatták többek közt az optikai rendszer fejlesztését, az űreszköz kommunikációját, hővédelmét, pozicionálását és tesztelését is.

A nap zárásaként újra Almár Iván, a MANT örökös tiszteletbeli elnöke kapott szót, aki megköszönte az előadók munkáját, a szép számban megjelent résztvevők figyelmét.

(Kardos Vivien, Űrvilág)

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó.....	3
Válogatás az űrkutatás 2017-es eseményeiből.....	4
Sokkoló fizika, avagy mit tudunk a lökéshullámról? – <i>Kis Árpád, Lemperger István, Barta Veronika, Berényi Kitti, Szalai Sándor, Novák Attila, Kuslits Lukács, Wesztergom Viktor</i>	41
HGR.01: Holdrengések Geoinformatikai Rendszere – <i>Lázár Lajos, Kiszely Márta, Földváry Lóránt</i>	49
K2: Újabb eredmények az exobolygó-kutatásban – <i>Futó Péter</i>	61
Nemzetközi lehetőség magyar fejlesztők előtt – <i>Ötvös Edina</i> ...	69
A Magyar Asztronautikai Társaság 2017. évi tevékenysége – beszámolók.....	74
H-SPACE, harmadszor	74
Magyar Űrkutatási Fórum 2017, Sopron	76
Takarítás a világűrben – diákpályázatunk nyertese	77
Közgyűlési beszámoló	78
Űrtábori élménybeszámoló	80
(Legalább még) egy CubeSat küldetés – beszámoló a MANT Űrakadémiáról	81
Űrkutatás Napja 2017.....	83



A nyári MANT Űrtábor (2017. július 9–15.) résztvevői a bakonybéli Pannon Csillagda bejárata előtt. (Fotó: Székely Anna Krisztina)



Érdeklődők a MANT standja előtt a Tudományok Fővárosa rendezvényen (2017. szeptember 23.), a budapesti Várkert Bazárban. (Fotó: Trupka Zoltán)

A hátsó borítón a MANT 2017. évi diákpályázatának díjazottjai a Felfedezők Napja rendezvényen (2017. április 29.), a budapesti Millenáris D csarnokának nagyszínpadán. (Fotó: Trupka Zoltán)

