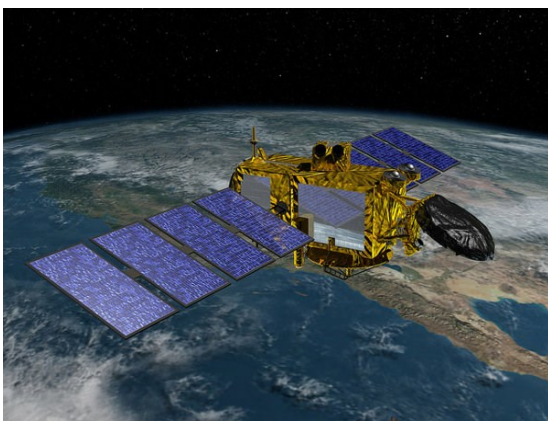


Válogatás az űrkutatás 2016-os eseményeiből

Összeállította: Frey Sándor

Összeállításunkban az Űrvilág internetes hírportál (www.urvilag.hu) anyagaiból válogattunk. Az eredeti cikkek szerzői: Both Előd, Frey Sándor, Szentpéteri László. A válogatásban ezúttal nem szerepel a kínai űrtevékenység, mivel az ahhoz kapcsolódó legfontosabb 2016-os történéseket Szentpéteri László külön cikkben foglalta össze.

2016. január



Jason-3: a sikeres sorozat folytatódik. A francia-amerikai együttműködésben készült oceanográfiai műhold január 17-én Kaliforniából indult egy Falcon-9 hordozórakétával. A SpaceX Falcon-9 v1.1 rakétájának ez volt az utolsó példánya, amely a korábban alkalmazott konstrukcióban készült. A jövőben már csak a megnövelt tolóerejű (Full Thrust)

változatot használják. Ilyen először tavaly december 22-én indult. Az 510 kg-os Jason-3-nak is már tavaly kellett volna elindulnia. Az űreszközt a franciaországi Cannes-ból, a gyártó Thales Alenia Space üzeméből Kaliforniába, a Vandenberg Légitámaszpontonra szállító repülőgép már 2015. június közepén megérkezett. A startot akkor augusztus elejére tervezték. Közbejött azonban a Falcon-9 startbalesete: június 28-án, a Dragon (CRS-7) teherűrhajó floridai startja közben a hordozórakéta felrobbant. Az esemény után természetesen vizsgálatok, s ez idő alatt indítási szünet következett. A SpaceX startjainak sikeres felújítására december 22-éig kellett várni. A Jason-3 volt egyébként az első NASA műhold, amelynek indítását a SpaceX-re bízták.

A Jason-3 műhold elkészülte is késlekedett, miután a tesztelés során technikai problémát (a négy fedélzeti rakétahajtómű egyikében szennyeződést) találtak. A műholdnak enélkül már 2015 júliusában pályára kellett volna állnia. Az óceánok kutatására készült űreszköz a felszín felett 1335 km-re húzódó pályáról működik, ahonnan a vízfelszín magasságát és a hullámmérés mértékét határozza

majd meg. Fő műszere egy radaros altiméter (magasságmérő). Emellett magával visz egy mikrohullámú sugárzásmérőt is. Igen pontos pályameghatározása érdekében a fedélzeten nem csak egy GPS vevő található, hanem egy ugyancsak rádiós elven működő DORIS berendezés, valamint a Földről végzett lézeres távolságméréseket segítő sarokreflektorok is.

A Jason-3 működtetéséért az európai időjárási műholdak „gazdája”, az EUMETSAT szervezet, valamint amerikai partnere, a Nemzeti Óceán- és Légkörkutató Ügynökség (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) felel majd. A műholdplatformra a Francia Űrügynökség (CNES) adott megrendelést, a fedélzeti műszereket és a startot az amerikai NASA finanszírozta. A Jason-3 egy 1992 óta működő műholdsorozat negyedik tagja. Mind a mérési módszer, mint az együttműködési forma jól bevált, a hosszú időt átfogó adatsoroknak pedig óriási az értéke a klíma változásainak kutatásában. A francia-amerikai altiméteres műholdak sorát a TOPEX/Poseidon nyitotta, majd a Jason-1 (2001) és a Jason-2 (2008) következett. A klímakutatás mellett az adatok többek közt a tengeri áramlások, a hurrikánok követésére, a globális El Niño és La Niña időjárási jelenségek vizsgálatára szolgálnak. A meteorológusok és klímakutatók mellett a tengerbiológusok, a katasztrófák elhárításában és a tengeri hajózásban érdekelt szervezetek és vállalatok is hasznát veszik majd a Jason-3 adatainak. Az új műhold a jelenleg működő Jason-2-ével azonos pályáról végzi a méréseit. A legalább fél éven át tartó párhuzamos megfigyeléseik módot adnak a Jason-3 műszereinek pontos kalibrálására, és így a hosszú időtávú egységes adatsor folytonosságának biztosítására.

Jelentősen emelkedik az ESA költségvetése. Az Európai Űrügynökség (ESA) 2016-os költségvetése 5,25 milliárd euró, ami 18,4%-os emelkedés a tavalyihoz képest. A legjelentősebb hozzájárulást idén is az Európai Unió (EU) adja (természetesen a tagállamok, köztük Magyarország pénzéből). Az EU hozzájárulása 2015-höz képest közel 29%-kal 1,35 milliárd euróra nőtt, az ESA tagállamok közvetlen hozzájárulásain kívül ebből fedezheti az ESA az EU-val közös programjai, a Galileo és a Copernicus űrszegmentenseinek finanszírozását. Jelentősen (55%-kal, 512 millió euróra) nőtt Olaszország hozzájárulása az ESA-büdzséhez, ami a Vega hordozórakéta fejlesztésének tudható be. A Vega fejlesztését célzó önkéntes programban eddig is Olaszország vállalta az oroszlánrészt. A Vega kereskedelmi használatba vételével elkezdődik a továbbfejlesztés, a Vega-C formájában, amelyet az új Ariane-6 rakétához is használni fognak. Ezzel Németország és Franciaország után ismét az olaszok lesznek a harmadikok az ESA költségvetését biztosító tagállamok

sorában (a britek 2012-ben emelték meg jelentősen a költségvetésüket, ezért néhány évig ők álltak a dobogó harmadik fokán).

A legjelentősebb hozzájárulást (az EU-t nem számítva, tehát csak a tagállamok közül) Németország (873 millió euró, 9% emelkedés 2015-höz képest) és Franciaország (845 millió euró, 18% növekedés) adja, a britek 325 millió euróval szorultak az olaszok mögött a negyedik helyre. A francia hozzájárulás jelentős emelkedését az Ariane-6 programban való részvételük indokolja. Az EU és a négy nagy hozzájárulásán kívül 1345 millió euró, vagyis kb. 25% az, amit a többi 18 tagállam együttesen vállal. Ez országanként közel 75 millió eurót tesz ki, vagyis Magyarország 5 milliós befizetésével a „többi 18” között is a legkisebbek közé tartozik. Magyarország egyelőre még nem vesz részt az önkéntes programokban, márpedig a többi országnál a kötelező befizetés többszörösét teszi ki az önkéntes programokhoz való hozzájárulásuk.

A költségvetés bevételi oldala mellett érdemes a kiadásokat is szemügyre venni. A Vega és az Ariane-6 fejlesztése kapcsán elmondottak alapján nem meglepő, hogy a legjelentősebb, 72%-os növekedés a hordozórakéták önkéntes programjainál történt. A különböző rakétafejlesztésekre 2016-ban 1,05 milliárd eurót költ az ESA. Az önkéntes programok sorában azonban a rakéták így is csak a második helyre szorulnak a földmegfigyelés mögött, ez a terület 1,6 milliárd euróval az ESA költségvetésének közel 31%-át teszi ki. Ez a stabil finanszírozás részben az EU hozzájárulásának tudható be, ugyanennek köszönhető, hogy a navigációs program tartja 0,6 milliárd euró körüli finanszírozását, és ezzel a harmadik az ESA programjai sorában.

Eutelsat-9B és EDRS-A. Az európai területek kiszolgálására készült távközlési hold egyben az ESA új geostacionárius adatátvitelszó műholdrendszerének első tagja is. Startja Bajkonurból január 29-én történt orosz Proton-M hordozórakétával. Az 5162 kg tömegű Eutelsat-9B gyártója az Airbus Defence and Space cég, tervezett működési élettartama 15 év. Televíziós műsorszórásra, nagy sávszélességű videoátvitelre szánják. A geostacionárius pályán 8° nyugati hosszúság fölé kerül, ahonnan Európa területét fedi le. Regionális nyalábjai Németország, Görögország, Olaszország, az északi és a balti államok, valamint Ukrajna felé irányulnak. A hagyományosnak mondható rádiós berendezéseken túl az Eutelsat-9B fedélzetén repül az ESA lézeres kommunikációs terminálja is. A most kiépíteni kezdett rendszer, az EDRS (European Data Relay System) célja a gyorsabb adatátvitel az alacsony Föld körüli pályákon keringő, jellemzően földmegfigyelő műholdak – a Sentinel sorozat tagjai – és a földi követőállomások között. Geostacionárius, vagyis a Földről meg-

figyelve az égen állni látszó átjátszóállomások segítségével kiküszöbölhető, hogy a földi követőállomások fölött gyorsan elhaladó alacsony pályás holdak csak korlátozott ideig legyenek képesek lesugározni adataikat az adott állomásra. Az EDRS-A rövidítés tehát az Eutelsat-9B fedélzetén repülő műszeregyüttest jelöli. A rendszer következő, C jelzésű tagja 2017-ben kerülhet a világűrbe. A globális lefedettség érdekében további, összesen négy berendezést szánnak a geostacionárius pályára, különböző földrajzi hosszúságok fölé. Az optikai adatátvitel sebessége elérheti az 1,8 Gb/s értéket. Az EDRS jövőbeli felhasználási lehetőségei között említik a Nemzetközi Űrállomással, de akár a levegőben tartózkodó robotrepülőgépekkel való kapcsolattartást is. Ha teljesen kiépül, az EDRS akár naponta 50 terabájt mérési adat lesugárzására lesz alkalmas. Az alacsony pályás földmegfigyelő holdakról lényegében késedelem nélkül érkezhettek az adatok, ami tovább növeli azok felhasználási lehetőségeit például katasztrófhelyzetekben. Európa nem lesz rászorulva a Föld más területein telepített követőállomásokra sem.

2016. február

GPS: egy korszak lezárul. Cape Canaveralról elindult az amerikai navigációs műholdrendszer Block 2F sorozatának utolsó, tizenkettedik tagja. A GPS Block 2F-12 jelű űreszköz egy Atlas-5 hordozórakétával emelkedett a magasba február 5-én. A műhold az Amerikai Légierő által üzemeltetett, világszerte jól ismert és széles körben használt navigációs műholdrendszer, a GPS (Global Positioning System) legújabb tagja. Ez egyben a Boeing cég által gyártott Block 2F műholdsorozat utolsó képviselője is. Az előző 11 műhold közül az első, a Block 2F-1 még 2010 májusában került pályára, míg a legutóbbi, a 2F-11 nemrég, tavaly október utolsó napján. A vége felé felgyorsultak az események: két éven belül indítottak nyolc új GPS holdat! Mindenesetre ez a műholdsorozat éveken át meghatározta a GPS indításokat – sőt, a várható működési élettartamukat figyelembe véve, még további évtizedekig a felhasználók szolgálatában maradhatnak.

A mostani 2F-12 műhold 245 millió dollárba került, és egy korábbi műholdgeneráció egyik tagját, a 2R-6-os jelű GPS holdat cserélik le vele. Ez az F jelű pályasík 1-es pozíciójában kering. A GPS műholdak pályáit úgy alakították ki, hogy a vevőkészülékekkel rendelkező földi felhasználók lényegében minden helyen és minden időben legalább négy, a horizont felett tartózkodó holdra végezhessenek méréseket. A GPS műholdak hat különböző, 55°-os hajlásszögű pályasíkban keringenek a Föld körül, a felszín felett mintegy 20 ezer

km magasságban. A régi, kevésbé korszerű műhold még üzemképes, így átirányítják az adott pályasík egy másik pozíciójába. Hogy helyet csináljanak az újonnan érkező tagnak, a konstelláció eddig még működő legrégebbi tagját, az 1990-ben(!) pályára állított 2A-10-et közvetlenül az új start előtt nyugdíjazták. (A szolgálatból kivont GPS műholdakat a jelenleginél magasabb pályára irányítják, hogy ne legyenek útjában a rendszer jövőbeli frissítésének.)

1978 óta a mostani start volt a 72. GPS műholdindítás. Ebbe a nagy számba természetesen beleértendő a már nem működő űreszközök is. A floridai start idején 30 aktív tagot számlált a rendszer: mind a 11 korábbi 2F, plusz hét 2R-M és tizenkét 2R sorozatú űreszköz sugározza navigációs rádiójeleit. Ezeken felül még 9 olyan GPS műhold kering a „fejünk felett”, amelyek elvileg működőképesek, így szükség esetén bevethetők. Az új űreszközökkel történő gyors ütemű frissítés célja tehát nem elsősorban a kiesett tagok pótlása – a GPS holdak élettartama jellemzően jócskán meghaladja az előzetesen tervezett értéket, így a rendszer bőven rendelkezik tartalékkal –, hanem a modernizálás, például a zavarásra kevésbé érzékeny, illetve az új navigációs jelek sugárzásának kiterjesztése. A GPS modernizálása nem áll meg. Már készül a következő, Block 3 jelű sorozat. Ezeket a műholdakat a Lockheed Martin építi, első képviselőjük előreláthatólag 2017-ben indulhat. A becslések szerint világszerte 4 milliárd GPS eszközt használnak hely- és időmeghatározásra, és ez a szám megduplázódhat az elkövetkező 5 évben.

A változatos Van Allen-övek. A NASA Van Allen-műholdjainak mérései szerint a Föld sugárzási övei sokkal izgalmasabbak annál, amilyenek azt a róluk alkotott hagyományos kép sugallta. Mintegy 1000 km magasan kezdődik a Földet körülvevő két sugárzási öv közül a belső, amelyeket felfedezőjükről Van Allen-öveknek neveznek. A sugárzási övek felfedezése az egyik első, a műholdas méréseknek köszönhető tudományos eredmény volt az 1950-es évek végén. A fánk alakú zónákban nagy az elektronok sűrűsége. A sugárzási övek védik az alacsonyabban keringő űreszközöket, ugyanakkor a beléjük hatoló eszközöknek szembe kell nézniük az erős sugárzás káros hatásával. Ezért fontos a sugárzási övek kiterjedésének és viselkedésének vizsgálata, ami a NASA Van Allen-műholdjainak fő kutatási célja. Az 1950-es évek óta kialakított hagyományos kép szerint a Van Allen-övek két részből állnak, a nagyobb kiterjedésű és változékonyabb külső, illetve a kisebb és stabilabb belső övből, amelyeket részecskékben szegény tartomány választ el egymástól. A Van Allen-műholdak mérései szerint a helyzet ennél bonyolultabb, a sugárzási övek alakja és kiterjedése erősen függ attól, milyen energiájú elektronokat vizsgálunk, a különböző energiájú elektronok elté-

rő eloszlást mutatnak. Megállapították, hogy ha a kis energiájú elektronokat vizsgálják, a klasszikus kép szerinti belső, kisebb kiterjedésű öv kiterjedtebb a külső övnél. A legnagyobb energiákon ezzel szemben a belső öv szinte teljesen eltűnik, vagyis az övek még egy adott pillanatban is eltérő szerkezetet mutatnak, attól függően, mekkora energián végzik a méréseket.



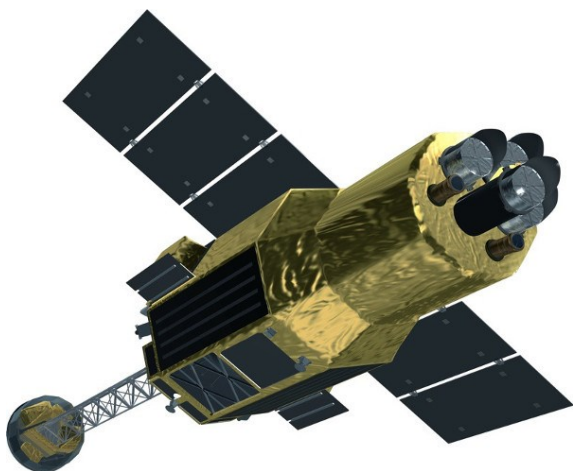
Még bonyolultabb a helyzet geomágneses viharok idején. A gyors napszélnyalábokban vagy a koronakitörések idején érkező, gyorsan mozgó, mágneses anyag beleütközik a Föld magnetoszférájába, oszcillációk lépnek fel, geomágneses vihar alakul ki. Átmenetileg hol nő, hol csökken a sugárzási övekben a nagy energiájú elektronok száma, de egy idő után az övek visszatérnek megszokott állapotukba. Megállapították, hogy a két övet elválasztó zónából a vihar után gyorsan kiürülnek az elektronok, azonban az elválasztó zóna helye az elektronok energiájától függ. Geomágneses viharok idején gyakran előfordul, hogy a külső öv befelé nyomul, teljesen kitöltve az elválasztó zónát, így egyetlen, összefüggő sugárzási öv alakul ki. Kiseb energiákon az elválasztó zóna a Földtől távolabbra kerül, így a belső zóna mérete felülmúlhatja a külsőét.

A Van Allen-műholdak mérései elsősorban azért fontosak, mert korábban csak a rendkívül nagy energiájú (MeV-os) tartományban végeztek méréseket, ezzel szemben a Van Allen-műholdak mérési tartománya sokkal nagyobb az alacsony energiák felé, egészen a néhány ezer elektronvolt energiáig terjed. Emellett a műholdak a korábbiakhoz képest sokkal több, meghatározott energián végzik a méréseiket, vagyis jobb az energia szerinti felbontás. A korábbi műszerekkel egyszerre 5–10 energiaszintet mértek, a Van Allen-műholdak műszerei több százat. Korábban azért nem tudták a sugárzási övek alacsonyabban fekvő, Földhöz közeli részein a kis energiájú elektronok számát megbízhatóan mérni, mert az ott talál-

ható protonok jelentős háttérzajt okoznak. A Van Allen-műholdak érzékenyebb műszereivel a két hatás szétválasztható.

Pályán a Sentinel-3A. Újabb taggal bővült az európai Copernicus program földmegfigyelő műholdjainak sora. Az EU és az ESA programjában a Sentinel-3 sorozat tagjainak feladata az óceánok, tengerek, szárazföldek és a jéggel borított területek vizsgálata. Most ennek a sorozatnak az első darabja állt pályára, Sentinel-3A jelzéssel. A start február 16-án egy Rokot hordozórakéta és Briz-KM végfokozata segítségével történt, az oroszországi Pleszeckből. A műhold alacsony, a felszín felett 815 km-re húzódó, közel a Föld pólusai fölött elhaladó (majdnem 99° -os hajlásszögű) napszinkron pályáról végzi majd méréseit. Amint műszereinek beüzemelésével elkészülnek, a Sentinel-3A szolgálatserűen, a nap 24 órájában, az év 365 napján át a mérések elvégzésétől számított három órán belül bocsátja rendelkezésre adatait. A Copernicus program adatpolitikája értelmében a műholdas mérések szabadon hozzáférhetők lesznek bármilyen felhasználó számára. A műhold fedélzetén egy közepes felbontású, több (összesen 21) hullámhossz-tartományban érzékeny optikai kamera, egy a felszínhőmérséklet mérésére alkalmas infravörös sugárzásmérő, egy mikrohullámú sugárzásmérő, és egy az aperitúraszintézis elvén működő radaros magasságmérő (altiméter) repül. A Sentinel-3A adatait elsősorban a tengerek, óceánok megfigyelésére, időjárás-előrejelző számításokhoz alkalmazzák majd. Emellett a tengerszint változását követik és a tengerfelszín topográfiáját mérik vele, valamint a szárazföldeken a felszínborítás változásainak megfigyelésére tervezik használni. Alkalmas lesz a növényzet állapotának megfigyelésére és tüzek detektálására.

Úton a japán röntgensillagászati műhold. Egy H-2A rakéta indította az Astro-H (Hitomi) műholdat. Mellette „potyautasként” három



kisebb japán űreszköz is Föld körüli pályára került. A start február 17-én történt Tanegashima szigetéről. A Japán Űrügynökség (JAXA) új generációs röntgensillagászati űrtávcsövének tömege 2,7 tonna. A Föld körül 575 km magas, 31° hajlásszögű, kör alakú pályáról végezte volna a méréseit, de mint később kiderült, erre nem sok lehe-

tősege maradt... Az űreszköz március 26-án került bajba. Ennek első jele az volt, hogy elmaradt a tervezett bejelentkezése a földi követőállomásra. Nem sokkal később a műholdakat és a Föld körül keringő tárgyakat követő amerikai műveleti központ (Joint Space Operations Center) adatai azt mutatták, hogy öt nagyobb darab válhatott le a Hitomi testéről, ami komoly anomáliára utalt. A következő két napban még háromszor sikerült rövid időre fogni az űrtávcső rádióadását, majd március 28-án végleg elhallgatott. A vizsgálatok alapján fatális hibák sorozata vezetett a tönkremeneteléhez.

Pedig a röntgensillagászok nagyon sokat vártak az űreszköztől, amelynek megépítésében nemzetközi partnerek is jelentős részt vállaltak. Az egyik ígéretes fedélzeti műszer a lágy röntgentartományban (kb. 10 keV alatti energiatartományban) érzékeny, amerikai vezetéssel készített spektrométer (Soft X-ray Spectrometer, SXS) volt. A startot követően, a fedélzeti műszerek beüzemelése során többek közt a Perseus-galaxishalmaz irányába állították a röntgentávcsövet. A halmaz vizsgálata volt az új japán űrtávcső előzetesen kitűzött egyik fontos célja, ezért a kutatók biztosra akartak menni: még a Hitomi működésének kalibrációs időszakában összesen két és fél napnyi megfigyelést végeztek a célpontra. A választás sikeres és szerencsés volt. A Hitomi első – és mint utóbb kiderült, sajnos egyben az utolsó – nagy felfedezésről beszámoló publikáció a Nature-ben jelent meg júliusban.

A Perseus-halmaz galaxisai közötti teret igen ritka, több tízmillió fokos hőmérsékletű, ezért a röntgentartományban sugárzó gáz tölti ki. A forró galaxisközi gáz térbeli eloszlását, nyomását korábban az amerikai Chandra és az európai XMM-Newton röntgensillagászati űrobszervatóriumokkal feltérképezték. A Hitomi spektrométere most arra adott lehetőséget, hogy a gáz turbulens mozgását, sebességeloszlását is felmérjék, egyes röntgenszínképvonalak eltolódásának megméréseivel. Az ilyen mérésekből lehet következtetni magának a galaxishalmaznak a tömegére, ami nem csak a látható (vagyis elektromágneses sugárzása alapján megfigyelhető), de a túlnyomó többségét alkotó ún. sötét anyagból adódik össze. Az eredmények fontosak általában a galaxishalmazok keletkezésének és „működésének” a megértéshez. A Hitomi röntgenspektrométere – bár az adatok kalibrációja értelemszerűen még nem volt tökéletes – legfeljebb kb. 160 km/s sebességű mozgásokat mutatott ki a halmaz közepe táján a galaxisközi gázban. Ez a sebesség a várakozásokkal ellentétben – legalábbis csillagászati értelemben – meglepően alacsony, ami azt is jelenti, hogy még sok minden tanulni való van a galaxishalmazokról. A halmaz közepén egy nagy elliptikus galaxis (jele NGC 1275, a rádiókatalógusokban: Perseus A) található. A közepén levő szupernagy tömegű fekete lyuk közeléből két átellenes irányban ki-

induló erőteljes plazmakifúvások (jetek) jóval túlnyúlnak a galaxis határain, és jelentős hatással vannak a környező galaxisközi gázra is. A kölcsönhatások lökéshullámokat indítanak a gázban, üregeket formálnak benne. A jelek szerint azonban a galaxisközi anyagban valamilyen fizikai folyamat gyorsan és hatékonyan elnyeli a jetből származó energia számottevő részét – feltehetően kifelé terjedő hanghullámok keletkeznek. Így fordulhat elő, hogy a központi galaxis környéke jóval „nyugalmasabb”, a mért sebességek kisebbek a vártnál.

2016. március

Az egy év befejeződött. Mihail Kornyijenko és Scott Kelly számára, akik március 2-án visszatértek a Nemzetközi Űrállomásról (ISS). Az a bizonyos egy év valójában szűken volt meg, Kelly és Kornyijenko 340 napot töltött a világűrben. Így is ők voltak azok, akik eddig egyhuzamban a legtovább tartózkodtak a már több mint 15 éve folyamatosan lakott ISS fedélzetén. 2015. március 27-én startoltak a kazahsztáni Bajkonurból, az orosz Szojuz TMA-16M űrhajóval. Most a Szojuz TMA-18M visszatérő kabinjában értek földet. Harmadik társuk az orosz Szergej Volkov volt, aki 182 nap után tért haza. Bár a közel egy éven át tartó űrrepülésnél hosszabbakat is teljesítettek már szovjet/orosz űrhajósok a Mir űrállomáson az 1980-as és 90-es években, a mostani különleges volt abból a szempontból, hogy azóta a kutatási módszerek, az űrállomáson végzett kísérletek korszerűbbé váltak, azokon nemzetközi kutatócsoportok dolgoznak. A repülés alkalmával az egyik legfontosabb tudományos kérdés, amire választ vártak a szakemberek, hogy hogyan viselkedik az emberi szervezet a súlytalanságban, a világűrbeli sugárzási környezetben ennyi időn át, s hogyan tűri a magányt. Ez pedig a jövőben tervezett hosszú távú űrutazásoknak, a Mars meglátogatásának az előkészítése szempontjából alapvető fontosságú. A visszatérés után Kelly és Kornyijenko a szokásosnál is tüzetesebb orvosi vizsgálatokon megy keresztül, újbóli alkalmazkodásukat a földi körülményekhez a megszokottnál hosszabb ideig felügyelik majd. A rehabilitációs időszak várhatóan másfél hónapig tart.

Elindult az ExoMars 2016. Az európai és orosz együttműködésben készült űrszonda egy keringő- és egy leszállóegységet vitt a Marshoz. A start a kazahsztáni Bajkonurból, egy orosz Proton-M hordozórakétával történt, március 14-én. Az ExoMars 2016 útjának főbb állomásai a következők. Mintegy 10 óra 40 perccel a felemelkedést követően, a Föld körüli pálya magasságának több lépésben tör-

ténő megemelése után a rakéta Briz-M gyorsítófokozata elvégzi feladatát és az űreszköz – a Marsig együtt repülő, a bolygó körüli pályára szánt Trace Gas Orbiter (TGO) szonda és a Schiaparelli leszállóegység – negyed órával később elválik tőle. Nem sokkal ezután, bő egy óra elteltével kinyílnak a TGO napelemtáblái, két hét múlva pedig a rádiós kommunikációra szolgáló nagynyereségű antenna is. Az utazás a külső bolygósomszédunkig hét hónapot vesz igénybe. A menetrend szerint október 16-án önállósodik a Schiaparelli (más néven Entry, Descent and Landing Demonstrator Module, röviden EDM) egység, hogy három nappal később belépjen a Mars légkörébe és sima leszállást hajtson végre a felszínen.

A TGO egyik fontos feladata a marsi légkörben található (vagy nem található) metán vizsgálata, eredetének felderítése. Fedélzetén négy tudományos műszer-csomag repül. Két, az ultraibolya és az infravörös tartományban működő spektrométer a légkör összetevőit (szén-dioxid, metán, vízgőz, hidrogén-klorid, etán, nitrogén-dioxid, acetilén, etilén, stb.) méri, egy sztereókamera térhatású felvételeket készít a bolygófelszínről, egy detektor pedig a kozmikus sugárzás és a marsi talaj kölcsönhatását, a hidrogéntartalmú ásványok előfordulását vizsgálja. Mint számos más jelentős európai űreszköz, a TGO sem készült magyar részvétel nélkül: a svájci vezetéssel épült, kb. 5 m-es felbontású színes kamera (Color and Stereo Surface Imaging System, CaSSIS) fedélzeti szoftverrendszerét az SGF Kft. szakemberei fejlesztették. A TGO a terveknek megfelelően októberben sikeresen pályára állt a Mars körül, utána megkezdték műszereinek beüzemelését és a végleges pálya kialakítását.

A főleg olasz finanszírozású Schiaparelli leszállóegység elsődleges célja az első sikeres „európai” leszállás demonstrálása lett volna a Marson. Energiával való ellátásában csak az akkumulátoraira hagyatkozhatott, így legfeljebb nyolc napon belül lemerült volna a felszín elérése után. Addig is leszállóhelye környezetének időjárását vizsgálta volna, illetve érkezés közben a légkör rétegeiről gyűjtött adatokat. A Schiaparelli sima leszállása a Meridiani-síkság területére azonban október 19-én kudarcot vallott. A 19. században élt olasz csillagász, Giovanni Schiaparelli nevét viselő kísérleti leszállóegységnek hat perce volt arra, hogy pontosan végrehajtsa a számára megtervezett koreográfiát és leérkezzen a Marsra. A légkörbe lépés után hőpajzsos, ejtőernyős és rakétás fékezési fázisokon túljutva kellett volna talajt érnie, úgy, hogy berendezései nem sérülnek meg. Ehelyett a szonda végül nagy sebességgel a felszínbe csapódott, aminek a nyomát azóta nagy felbontással tanulmányozhatták az amerikai Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) űrszondának a helyszínről készített felvételein is. Az ESA szakembereihez szerencsére rengeteg adat jutott el a Schiaparelli leszállásáról. Nem véletlenül,

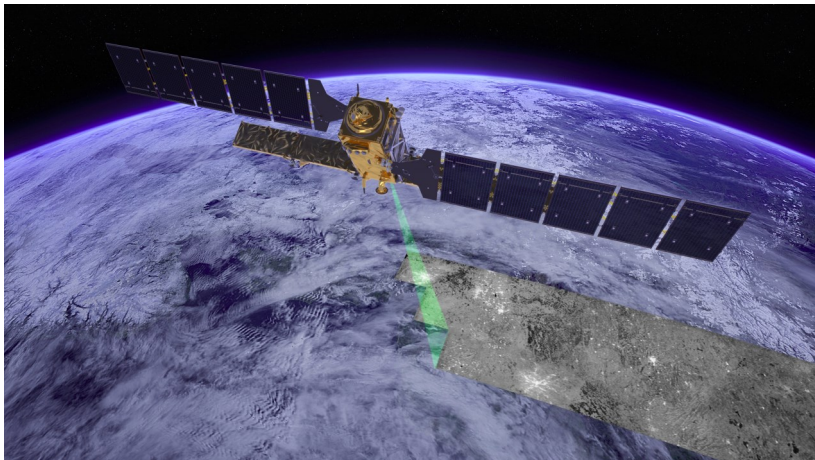
hiszen az űreszköz célja éppen a módszer élesben való tesztelése volt, mielőtt az ExoMars program következő lépésében egy nagyobb, önjáró laboratóriumot juttatnának a Marsra. Az adatok részletes elemzése után körvonalazódott egy elképzelés arról, hogy mi nem működött megfelelően a leszállóegységen.

Először is pár szó arról, hogy mi működött jól. A légkörbe való belépés és a fékezés első szakasza a terveknek megfelelően zajlott, mint ahogy egyébként végül a megérkezés helye is belül volt az előre meghatározott hibaellipszisen. Az ejtőernyő 12 km-es felszín feletti magasságban, 1730 km/h sebességnél rendben kinyílt. A hővédő borítás 7,8 km magasban – ahogy kellett – levált az űreszköz elülső feléről. Bekapcsolt a doppleres elven működő radaros magasságmérő berendezés is, és valós adatokkal szolgált. Ugyanakkor az egység forgási sebességéről is adatot szolgáltatató berendezés (Inertial Measurement Unit, IMU) maximális értéket jelzett röviddel az ejtőernyő kibontását követően. Egyéb mérései rendben levőnek tűntek ugyan, de ez a kb. egy másodpercen át tartó anomália félrevezette a Schiaparelli navigációjáért felelős rendszert. (A leszállóegység természetesen autonóm módon működött, a földi irányítók beavatkozására a nagy távolság és az események gyors lefolyása miatt nem is lett volna lehetőség.) Az eredmény: a rendszer úgy találta, hogy a Schiaparelli „magassága” már negatív, vagyis el kellett érje a Mars felszínét. Ezért utasítást adott minden olyan folyamat beindítására, ami a leszálláskor volt aktuális. Elsősorban levált az ejtőernyő és a hátsó védőborítás, csak nagyon rövid ideig kapcsolódtak be az utolsó lassítási szakaszra tervezett fékezőrakéták. Valójában azonban ekkor még 3,7 km magasan volt a szonda, amely onnantól lényegében fékezés nélkül zuhant le a Marsra.

2016. április

Elindult a Sentinel-1B. Az európai radaros távérzékelő műholdpáros második tagja Kourouból, Francia Guyanából állt pályára, április 25-én. A 2,3 tonnás űreszköz egy orosz gyártmányú Szojuz hordozórakéta és Fregat végfokozat segítségével érte el a 693 km magasan húzódó poláris pályát. A Sentinel-1B tervezett élettartama legalább 7 év. Ikertestvére, a Sentinel-1A majdnem pontosan két éve, 2014. április 3. óta kering a Föld körül. A két műhold pályájának geometriája azonos, csak épp mindig egymással „szemben”, a Föld átellenes oldalai fölött repülve figyelik a felszínt. A Copernicus program Sentinel-1 műholdpárosának fedélzetén egy az apertúraszintézis elvén működő radarberendezés (synthetic aperture radar, SAR) repül. Ez a C-sávban (5,405 GHz-es frekvencián) bocsátja ki a

rádióhullámokat a Föld felé, és a 12 méter hosszú antennájával veszi a felszínről visszaverődött jeleket. A két műholdat használó konfiguráció előnye, hogy egy-egy adott területről legfeljebb 6 napos visszatérési idővel végezhetnek radarméréseket, míg egyedül a Sentinel-1A-val ez kétszer ilyen hosszú, 12 nap volt (ez a szám az Egyenlítőnél érvényes, magasabb szélességeknél természetesen rövidebb lehet a visszatérési idő). A műholdak négyféle üzemmódban, különböző szélességű sávokban és más-más felbontással képesek felmérni a felszínt.



A radaros Sentinel-1 műholdak adatait számos területen, a hétköznapi életet és a gazdaságot segítő, valamint tudományos célú alkalmazásokra tudják hasznosítani. Ezek közül érdemes megemlíteni például a szárazföldek felszínborításának, a növényzetnek a vizsgálatát, a tengeri jég és az olajszenyeződések követését, a hullámzás és a tengeráramlások vizsgálatát. A technika nagy előnye, hogy az időjárástól (borultságtól) és a megvilágítástól (napszaktól) függetlenül is lehet használni, ellentétben az optikai távérzékelő műholdak felvételeivel. A SAR technikát nem csak képalkotásra, hanem – az adott területről több eltérő időpontban gyűjtött adatok elemzésével, műholdradar-interferometriás eljárással – a felszín- és építménymozgások pontos kimutatására is lehet alkalmazni. Természeti katasztrófák (például földrengések, vulkánkitörések, földcsuszamlások) után meg lehet állapítani a felszín deformációk, árvizek esetén pedig az elöntés mértékét és térbeli eloszlását. A két Sentinel-1 műhold – a most felbocsátott B és a két éve működő A jelű – a Thales Alenia Space fővállalkozásában készült, számos európai űripari beszállító közreműködésével. A műholdak lelkét, a SAR berendezést a német Airbus Defence and Space vezetésével gyártották.

A Sentinel-1B-t pályára állító rakéta egyik „potyautasa” volt a francia CNES vezetésével készített MicroSCOPE (Micro-Satellite à traînée Compensée pour l'Observation du Principe d'Equivalence) műhold. Ez az ekvivalenciaelvet vizsgálja, ami az általános relativitáselmélet egyik alapja. A 2 évesre tervezett működési idő alatt remélik, hogy a Földön végzett eddigi legjobb méréseknél százszor pontosabban (10^{-15} nagyságrendű relatív pontossággal) ki tudják mutatni a súlyos és a tehetetlen tömeg egyenértékűségét – vagy épp apró eltérést, amit egyes fizikai elméletek jósolnak. A mérés elve, hogy a műhold belsejében két különböző anyagból készült próbatest viselkedését vizsgálják, miközben azok a lehető legtökéletesebb tehetetlenségi pályán mozognak. (Eötvös Loránd torziós ingájával a maga korában minden addigit meghaladó, 10^{-8} -os pontossággal igazolta az ekvivalenciaelvet.) Emellett három 1 egységes (10 cm-es élhosszúságú kocka alakú) nanoműhold, CubeSat került pályára. Ezeket európai (pontosabban dániai, olaszországi és belgiumi) egyetemi csoportok készítették, a lehetőséget az ESA Fly Your Satellite! (magyarul: repítsd a műholdadat!) pályázatán elnyerve.

Vosztocsnij: az első start. Az ország távol-keleti területén épülő új orosz űrrepülőtérrel elindultak az első műholdak. A többes szám azért indokolt, mert a vadonatúj starthelyről felemelkedő Szojuz-2.1a hordozórakéta orrkúpja alatt egyszerre három orosz űreszköz foglalt helyet. Az indítás április 28-án történt. A pályára állított műholdak egyike az Aiszt-2D (Aist-2D), egy hiperspektrális optikai távérzékelési berendezést és egy P-sávú radaros műszert kipróbáló kísérleti űreszköz. A másik a moszkvai Lomonoszov Egyetem nagyenergiájú kozmikus sugarak és a gamma-kitörések kutatására épített, az egyetem névadójáról elnevezett műhold. A harmadik a Szam-Szat-218 (SamSat-218) kísérleti nanoműhold (CubeSat). A nevét alkotó betűszó első fele arra utal, hogy Szamara városában, a repüléssel és űrkutatással foglalkozó állami egyetemen készült – ahogyan egyébként az Aiszt-2D is.

A 2011-ben építeni kezdett, a tervezettnél lassabban elkészülő szibériai űrrepülőtér (északi szélessége $51^{\circ} 53'$, keleti hosszúsága $128^{\circ} 20'$) egyik fő célja a Kazahsztán területén fekvő Bajkonur használatától való függőség csökkentése. A még a szovjet időkben használatba vett Bajkonurt Oroszország 2050-ig bérli a kazahoktól. Az Amur vidékén épülő Vosztocsnij a kínai határtól csupán mintegy 100 km-re fekszik. A 3 milliárd amerikai dollárnak megfelelő költségvetéssel készülő űrbázis jelenleg Oroszország egyik legambiciózusabb építési projektje. Előrehaladását azonban az elmúlt években korrupciós botrányok, az építómunkások sztrájkjai hátráltatták. A munkálatok vezetői közül többen is sikkasztás vádjával kerültek

rács mögé. Az Interfax hírügynökség áprilisi jelentése szerint eddig 21 bűncselekmény ügyében indult eljárás Vosztocsnij építésével összefüggésben. A mintegy 700 km²-t elfoglaló komplexum területén épül a jelenleg Bajkonurból induló Proton nehézrakétákat felváltó Angara hordozórakéták starthelye. A mostani tervek szerint 2021-ig kell várni az Angara első indításáig Vosztocsnijból. (A megelőző tesztrepülések helyszíne az észak-oroszországi Pleszeck lesz.) Bajkonurból egyáltalán nem tervezik az Angara rakéták indítását. A személyzetes űrrepülések a Roszkoszmosz tájékoztatása szerint 2023-ban kezdődhetnek meg az új szibériai bázisról.

Kész az indiai navigációs műholdrendszér.

Pályára állt a regionális lefedettséget biztosító IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System, vagy ahogy újabban röviden nevezik: Navic)



hetedik, egyelőre utolsó műholdja is. Az új űreszköz beüzemelése után teljesen kiépítettnek tekinthető a rendszer. Az IRNSS-1G jelzésű hold a megszokott PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) rakétával állt pályára, a Satish Dhawan Űrközpontból, az India keleti partjai közelében fekvő Sriharikota szigetéről. A start április 28-án volt. A 210 millió amerikai dollárnak megfelelő összegből létrehozott Navic az indiai szubkontinens területén, illetve annak szárazföldi és tengeri környezetében (mintegy 1500 km-es távolságig) biztosít műholdas helymeghatározó szolgáltatást, méghozzá függetlenül más országok globális lefedettségű navigációs műholdrendszereitől – az amerikai GPS-ről, az orosz GLONASSZ-tól, a kínai Beidou-tól és az európai Galileótól. Az IRNSS holdjait 2013 júliusában kezdték pályára állítani. Az 1425 kg tömegű IRNSS-1G elnyúlt átmeneti pályára került, ahonnan rövidesen eléri a 36 ezer km magas geostacionárius pályát. Itt keringési ideje szinkronban van, megegyezik a Föld forgási idejével, pályahajlása az Egyenlítőhöz képest csupán 5°. A konstellációban ezen kívül még két ilyen jellegű pályán működő hold van. Másik négy indiai navigációs hold ugyancsak geoszinkron, de nagyobb, kb. 29°-os hajlásszögű pályákon kering.

2016. május

RADCUBE és CROSS. Ezeket a betűszavakat érdemes lesz megjegyeznie annak, aki a következő néhány évben követni szeretné a hazai űrkutatás fejleményeit. Május 19-én sajtótájékoztatót mutatták be Budapesten, a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) székházában az MTA Energiatudományi Kutatóközpont (EK) szakmai vezetésével most induló projektet, amely megnyithatja az utat egy minden eddiginél pontosabb űridőjárás-előrejelző rendszer kiépítése felé. Az ESA támogatását nemrég elnyert projektben a műholdplatform fejlesztőjeként részt vesz a C3S Elektronikai Fejlesztő Kft., az első magyar műhold, a Masat-1 készítői által létrehozott űripari vállalkozás.

A RADCUBE annak a 3U (tehát három egymás mellé helyezett, 10 cm élhosszúságú kockának megfelelő egységből álló) kis műholdnak (CubeSatnak) a neve, amely az MTA EK által fejlesztendő, RadMag nevű, a kozmikus sugárzás mérésére alkalmas műszert viszi magával. A műszer és a műholdplatform elkészítésére rendelkezésre állnak a források, az űreszköz felbocsátását 2018 végére vagy 2019 elejére várhatjuk (ennek a pontos részletei még nem ismertek). A CROSS rendszer (Cosmic Radiation mOnitoring Satellite System) pedig egy hosszabb távra szóló terv. Ennek keretében a Föld körül különböző pályákon keringő, hasonló műszerezettségű holdak konstellációja olyan mérési adatokat szolgáltatna, amelyekkel az eddiginél jóval pontosabban és hatékonyabban lenne biztosítható az űrbe feljuttatott eszközök és személyek biztonsága, az űridőjárás-előrejelző számítások végzése.

Galileo 13 és 14. Terven felül két új európai navigációs űreszköz állt pályára Kourouból. A legújabb két Galileo műhold sorszáma a 13-as és 14-es. A konstelláció tagjai közé beleszámítják a rendszer kipróbálási fázisában (In-Orbit Validation, IOV) 2011-től kezdve indított négy, illetve az azóta pályára állított többi, a teljes kiépítettséget (Full Operational Capability, FOC) megcélzó űreszközt. Ha teljesen elkészül a Galileo, három pályasíkban 30 műhold kering majd (pályasíkonként 2-2 tartalék). Ezek közepes (23 és félezer km-es) magasságú magasságú, kb. 55°-os hajlásszögű pályákról, bolygónk körül egyenletesen elosztva sugározzák majd rádiójeleiket, amelyek segítségével a vevőberendezések tulajdonosai pontos hely-, sebesség- és időmeghatározást végezhetnek. A Galileo feladata hasonló a jól ismert amerikai GPS, valamint az orosz GLONASSZ és a kínai Beidou műholdrendszerekéhez, de az európai rendszer egyedülálló módon nem katonai irányítás alatt, hanem az EU és az ESA közös vállalkozásában készül. A 2016-ra vonatkozó tervekben eredetileg

nem szerepelt a mostani kettős műholdindítás. A német OHB cég fővállalkozásában épülő, a brit Surrey Satellite Technology cég navigációs berendezéseivel felszerelt űreszközök azonban jó ütemben készültek és tesztelésük is megfelelően haladt előre, így kínálkozott az alkalom, hogy egy kicsit felgyorsítsák a Galileo – amúgy korábban hosszú éveket késett – kiépítését. A két műhold egy orosz gyártmányú Szojuz-2.1b hordozórakéta és egy Fregat végfokozat segítségével indult május 24-én.

BEAM: felfújva!

A Nemzetközi Űrállomás 2011 óta most először új modullal egészült ki, még ha csak egy kísérletivel is. Még hozzá nem is akármilyenl: a Bigelow Expandable Activity Module (röviden BEAM) összezsugorolt állapot-



ban jutott a világűrbe az április 8-án indított Dragon CRS-8 teherruhajó külső rakodóterében. Innen az ISS robotkarja segítségével 16-án átmozgatták a dokkolóhelyére, a Tranquility modulra. Több mint egy hónapon át ott várakozott, amíg meg nem kezdték a „felfújását”, amitől a teljes méretének elérését várták. Érdeemes figyelembe venni, hogy a BEAM már tavaly óta szorosán összezsugorolva várta a majdani startot, ami már előzetesen némi aggodalomra adott okot: vajon sikerül-e gond nélkül „megnöveszteni”, ha eljön az ideje. Nos, nem teljesen sikerült. A felfújásra nagyrészt automatikus eljárással, az ISS-en dolgozó amerikai űrhajósok közül Jeff Williams felügyeletével került sor. Ezt nem úgy kell elképzelni, mint egy léggömb felfújását. Valójában elsőként nem a modul belsejébe, hanem a modul falát alkotó rétegek közé kezdtek óvatosan levegőt eresztetni. A BEAM belsejének nyomás alá helyezése csak ezután következhet. A május 26-án megkezdett folyamat során először egy szelepet nyitottak ki rövid időtartamokra, amelyen keresztül az űrállomás levegőjének egy része átáramolhatott a modulba. A szerkezet azonban nem növekedett olyan ütemben, mint ahogy várták. Bár a felfújódás folyamatának alakulását nem lehetett pontosan előre jelezni, hiszen ilyen típusú eszközzel először végeztek kísérletet az ISS-en, a növekedés túlságosan lassúnak bizonyult.

A sikertelen kísérletet a földi szakértők elemezték, és úgy döntöttek, hogy 28-án újra próbálkoznak. Valószínűleg csak a burkolatot alkotó rétegek tapadtak össze a kelleténél jobban az összenyo-

mott állapotban való hosszú tárolás alatt. Ezt a második kísérletet már siker koronázta. A kezdeti, mintegy hét órán át tartó óvatos nyomásnövelés után a végén a nyolc levegőtartály segítségével negyed órán belül sikerült a két nappal azelőtt „megmozgatott” BEAM teljes méretének elérése. A BEAM szállítási mérete egy 2,4 m átmérőjű, 1,7 m hosszú henger volt. A felfújást követően átmérője 3,2 méterre, hossza 3,7 méterre növekedett. Belső hasznos térfogata kb. 16 köbméter, mint egy családi sátoré. A következő napok azzal telnek, hogy ellenőrzik, nem szökik-e véletlenül valahol a levegő az ISS új, könnyűszerkezetes moduljából. Csak ezután léphetnek át az űrhajósok a BEAM belsejébe, hogy mérőműszereket helyezzenek el benne. Ezekkel az érzékelőkkel többek közt a mikrometeorit-becsapódásokat figyelik, a hőmérsékletet, a nyomást és a sugárzást mérik. Valójában mind a becsapódásokkal szembeni ellenállóság, mind a sugárvédelem szempontjából jobb eredményeket várnak a többrétegű, műanyag alapú, rugalmas borítással rendelkező BEAM-tól, mint a hagyományos, merev fém külső falakkal épített moduloktól. A BEAM a tervek szerint 2 évig marad az ISS-hez csatlakoztatva. Utána leeresztik, s a robotkarral eltávolítják az ISS-től. A végső sorsa a légkörben való megsemmisülés lesz. Mivel csak egy kísérleti modulról van szó, az űrhajósok nem veszik majd napi használatba, nem is tárolnak benne semmit, viszont 2-3 havonta meglátogatják.

A Bigelow Aerospace tervei között egy a BEAM-nél 20-szor nagyobb önálló „kereskedelmi” űrállomás építése szerepel, amely talán 2020 körül repülhet. Fedélzetén profi űrhajósok, kutatók mellett űrturisták is megfordulnának. Nem szabad elfelejteni, hogy a Bigelow Aerospace nem újonc a területen. Eddigi két kisebb önálló kísérleti modulja, a 2006-ban indított Genesis-1 és a 2007-es Genesis-2 jelenleg is a Föld körül kering alacsony pályákon, s a belső nyomásukat azóta is megfelelően tartják.

2016. június

Két innovatív műhold egy Falcon-9-cel. A SpaceX rakétája június 15-én egyszerre két távközlési műholdat juttatott geostacionárius átmeneti pályára. Máskor általában csak egyet szokott. A kettős startot ezúttal az tette lehetővé, hogy a Boeing által gyártott két űreszköz (Eutelsat-117 West B és ABS-2A) hagyományos kémiai hajtóműveket nem, csak ionhajtóműveket használ. Így megspórolhatták az üzemanyagtartályokat és a jelentős tömegű hajtóanyagot. A műholdak tömege így egyenként 2 tonna körüli volt, a kettő együtt sem haladta meg a Falcon-9 rakéta kapacitását. A nagy sebességre felgyorsított xenon ionok kilövellésén alapuló, a hagyományosnál lé-

nyegesen nagyobb hatásfokú meghajtásnak azonban hátránya is van: az így kifejthető kis tolóerő miatt a manőverezés lassan halad. Míg a kémiai hajtóművekkel felszerelt távközlési holdak néhány hét leforgása alatt elérik a kezdeti elnyúlt átmeneti pályáról a 36 ezer km magas geostacionárius körpályát, addig ez a most felbocsátott két űreszköz számára legalább fél évet vesz igénybe. A két üzemeltetőnek azonban még így is megérte az üzlet, mert az eleve kedvező árú Falcon–9 start költségét még meg is tudták osztani egymás közt. Értesülések szerint műholdanként 30 millió dollárt fizettek a rakétát kínáló SpaceX vállalatnak. Hasonló innovatív ionhajtóműves távközlési műholdakkal, ugyanennek a két üzemeltetőnek a megrendelésére a Falcon–9 már tavaly márciusban is végrehajtott egy indítást.

Az ABS–2A, ahogy a nevében a rövidítés utal rá, a Bermudán bejegyzett Asia Broadcast Satellite vállalat tulajdona. Fedélzetén 48 Ku-sávú transzpondert helyeztek el. Televíziós műsorokat sugároz és mobil kommunikációs szolgáltatásokat nyújt majd. Állomáshelye a geostacionárius pályán 75° keleti hosszúságnál lesz, ahol a 2014-ben indított ABS–2-höz csatlakozik. Lefedettségi területe Dél- és Délkelet-Ázsia, Oroszország, Afrika északi és középső része és a Közép-Kelet. Az Eutelsat–117 West B műholdat 2012-ben még a Satmex rendelte meg, de a mexikói távközlési céget időközben (2014-ben) felvásárolta a párizsi székhelyű Eutelsat. A műhold kijelölt geostacionárius állomáshelye $116,8^\circ$ nyugati hosszúság, ahogy erre az elnevezése is utal. Latin-amerikai felhasználók számára, videós adatátviteli szolgáltatásokra szánják. Lefedettségi területe az Egyesült Államok déli részétől egészen Patagóniáig terjed. A hagyományos távközlési felhasználás mellett az űreszköz része lesz az amerikai WAAS (Wide Area Augmentation System) rendszernek. Ezek a holdak a GPS helymeghatározó műholdrendszerrel végzett mérések pontosságát és megbízhatóságát javító, kiegészítő jeleket továbbítanak, földi állomáshálózaton végzett mérési adatokra támaszkodva. A WAAS legfontosabb használója a légi közlekedési szektor. A műholdas navigáció, kiegészítve a WAAS – ugyancsak műholdak közvetítésével nyújtott – adataival segíti a repülőgépek leszállását kedvezőtlen időjárás esetén is, és az amerikai légi irányítás számára lehetővé teszi a légtér zsúfoltságának csökkentését, kisebb követési távolságok és rövidebb repülési útvonalak kijelölését.

Húsz műhold egy csapásra. Az indiai PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) rakéta hazai és külföldi műholdak seregét állította alacsony poláris pályákra június 22-én. A fő hasznos teher az indiai Cartosat–2C távérzékelő műhold volt. Az indiai hadsereg megrendelésére készült űreszköz nagyfelbontású felvételeket készít majd boly-

gónk felszínéről. Ez lesz a „legélesebb szemű” műhold, amely valaha Indiából indult. Felszíni felbontása a 60 cm-t is eléri. Maga az űreszköz felépítésében hasonlít a 2008-ban és 2010-ben indított, polgári üzemeltetésű elődeihez, de alacsonyabb pályára kerül, így finomabb felbontásban figyelhetik meg vele a stratégiailag fontosnak tartott létesítményeket, világszerte. Adatait ugyanúgy polgári célokra is alkalmazzák majd. Starttömege 727 kg, a színes és fekete-fehér képek készítését legalább öt éves időtávon várják tőle. Miután a Cartosat-2C önálló pályára állt, sorban következett még 19 kisebb műhold. Ezek közül 13 az Egyesült Államokból érkezett. Egyikük a Terra Bella nevű (korábban Skybox Imaging néven ismert), a Google által két éve felvásárolt cég második generációs földmegfigyelő holdjainak az egyike (SkySat-C1). A 110 kg-os, a Space Systems/Loral által épített űreszköz méter alatti felbontású felvételek és HD videók készítésére alkalmas, miközben elrepül az adott célterületek fölött. A Terra Bella nem kevesebb mint 12 másik hasonló műholdat tervez pályára küldeni. A fennmaradó tucatnyi Dove nanoműhold (Flock-2p) a Planet Labs cég szolgálatába áll. A Föld folyamatos megfigyelésére készült, kenyérpíró méretű holdakból álló konstellációba 2013 óta már több mint 100 darabot indítottak. Eddig elsősorban a Nemzetközi Űrállomásra tartó teherűrhajókat használták a Föld körüli pálya eléréséhez.

A PSLV rakétával indított két kanadai műhold egyike, az M3M-Sat már két éve várakozik a lehetőségre. Eredetileg 2014 közepén egy Szojuz rakétával szerették volna indítani, de a Krim elfoglalása után a kanadai kormány Oroszország elleni szankcióinak részeként a megállapodást felbontották. A polgári és katonai együttműködésben épült M3MSat fedélzeti elektronikai berendezésekkel kapcsolatos kísérleteket végez. A másik kanadai műhold, a GHGSat-D mérete egy mikrohullámú sütőéhez hasonlítható. Egy majdani, az üveg-házhatású gázok kibocsátását monitorozó rendszer első képviselője.

Az indiai rakéta mostani rakományából hátralevő négy műhold közül a BIROS Németországban készült, infravörös érzékelőjével az erdőtüzek megfigyelésére tervezték. A 2012-ben indított, ugyancsak német TET-1 holddal fog kötelékben repülni. (A BIROS-ból egyébként már a pályán egy BeeSat-4 jelű, a műholdak közötti kommunikációs kapcsolattartásra szolgáló kísérleti CubeSat is önállósul. Ha ezt is hozzáadnánk, már 21 műholdról beszélhetnénk, amelyek a PSLV rakétával kerültek a világűrbe. De mivel nem közvetlenül a hordozóeszköz állítja pályára, az ilyeneket nem szokás beleszámolni az összesítésbe.) A LAPAN-A3 jelű földmegfigyelő mikroműhold Indonézia megrendelésére indult. Végül két apró CubeSat (SathyabamaSat és Swayam) indiai egyetemi hallgatók munkája. A pályára emelt hasznos teher összesen közel 1,3 tonna volt. A műholdak kb.

500 km magas poláris napszinkron pályára jutottak. Az indiaiak sikeresek a külföldi megbízások teljesítésében, a PSLV rakétákkal előzőleg már közel 60 űreszközt állítottak pályára más országbeli szervezetek vagy cégek megrendelése nyomán.

2016. július

Megérkezett a Juno a Jupiterhez.

A NASA 2011-ben indított űrszondája július 5-én sikeresen lefékezett és pályára állt a Naprendszer legnagyobb bolygójánál. Kevés híján öt éven át tartó, mintegy 2,8 milliárd km-es utazás után a Juno fő hajtóműve 35 percig fékezett. A manőverek automatikus üzemmódban történtek. A Juno eddig útja során 2013-ban a Föld mellé



visszatérve gravitációs lendítő manővert hajtott végre. A Jupiter mellett, a Naptól ekkora távolságban még sohasem működött űrszonda napelemes energiatermeléssel. A Juno az eredeti tervek szerint az elkövetkező 20 hónapban 37-szer kerülte volna meg elnyúlt pályán a Jupitert. A bolygót minden eddiginél jobban, a felhőzet tetjétől számított 5000 km-en belül is megközelíti. Műszerei, elektronikus berendezései ekkor igen erős dózisú kozmikus sugárzásnak lesznek kitéve. Az űreszköz végül a Jupiter sűrű légkörében végzi, hogy véletlenül se maradjon a bolygó holdrendszerében, nehogy akaratlanul is beszennyezzenek vele egy olyan égitestet, ahol jelenlegi ismereteink szerint nem zárható ki az élet valamilyen formájának múltbeli (vagy akár jelenlegi) előfordulása.

A Juno kezdetben 35,5 napos keringési idejű pályára került a gázóriás körül. A pálya magasságát október 19-én tervezték csökkenteni úgy, hogy a keringési idő 14 naposra változzon, a kutatási programhoz ideális feltételeket teremtvé. Erre azonban a fő hajtóművel adódott műszaki gondok miatt nem kerülhetett sor. Végül az irányítók 2017 elején úgy határoztak, hogy marad a Juno számára az elnyúlt pálya. A tudományos megfigyeléseket így is el tudják végezni. A leghasznosabb, bolygóközelben töltött megfigyelési idő rövidebb lesz, emiatt az adatok lassabban gyűlnek. Cserébe – mivel a

szonda több időt tölt a Jupiter erős sugárzási övezetétől távol – meg lehet, hogy a Juno élettartama hosszabb lesz a vártnál. A fedélzeten kilenc különböző műszeregyüttes összesen 29 érzékelője állt munkába. A Juno fő célja a Jupiter légkörének, belső szerkezetének, magjának, mágneses terének vizsgálata, a bolygó fejlődéstörténetének tanulmányozása. A korábban a Jupiter rendszere mellett elrepülő vagy ott dolgozó űreszközök inkább a holdak részletes kutatására koncentráltak.

2016. augusztus

Egy start, két kém. Nemrég még titkolták, most a második műholdpáros is elindult az amerikai GSSAP (Geosynchronous Space Situational Awareness Program) rendszer kiépítésének folytatásaként. A geostacionárius pálya környékén kutakodnak. A GSSAP négy tervezett műholdja közül az első kettő alig több mint két évvel ezelőtt, 2014 júliusában állt pályára a floridai Cape Canaveralról, egy Delta-4 hordozórakétával.

A második műholdpáros ugyaninnen, ugyanilyen típusú rakétával startolt 2016. augusztus 19-én. Az Amerikai Légierő műholdjai az 1 napos keringési idejű, közel 36 ezer km magasan, az Egyenlítő síkja közelében húzódó geostacionárius pálya környezetébe kerülnek. Pályájukon az egyik kicsit beljebb lesz és így gyorsabban kering, a másik valamivel távolabbra jut és lemarad a geostacionárius holdak mögött, de többféle konfigurációt is kialakíthatnak működésük során – ahogy ez a 2014-ben felbocsátott első két társukkal is megesett. Így „körbejárnak” abban a gazdaságilag és stratégiaileg is fontos régióban a Föld körüli térségben, ahol nem csak polgári távközlési és meteorológiai holdak, de katonai célú fegyverzet-ellenőrző és kommunikációs, valamint kémkedésre használt űreszközök is dolgoznak szép számmal. Figyelnek, hogy nem áll-e fenn ütközésveszély a műholdak között, illetve nem próbálnak-e illetéktelen műholdak amerikaiak közelébe jutni.

A GSSAP rendszer most felbocsátott 3. és 4. műholdja lesz feltehetően egyelőre az utolsó, további űreszközök készítéséről nem szólnak a hírek, bár nem is zárható ki, hogy később tovább bővítik vagy felfrissítik a konstellációt. Ami a műholdak műszaki paramétereit illeti, azok természetesen nem nyilvánosak. Annyit lehet tudni, hogy az Orbital ATK cégtől rendelték meg ezeket a katonai műholdakat, amelyeknek sem a méreteiről, sem a tömegéről, de a tervezett élettartamukról és a bekerülési költségükről sem lehet biztosat tudni. A GSSAP műholdjaitól származó információk kiegészítik a földfelszínről és alacsony pályás műholdokról végzett megfigyeléseket,

amelyek az űreszközök, rakétafokozatok és nagyobb űrszemét-darabok pontos pályakövetését célozzák.

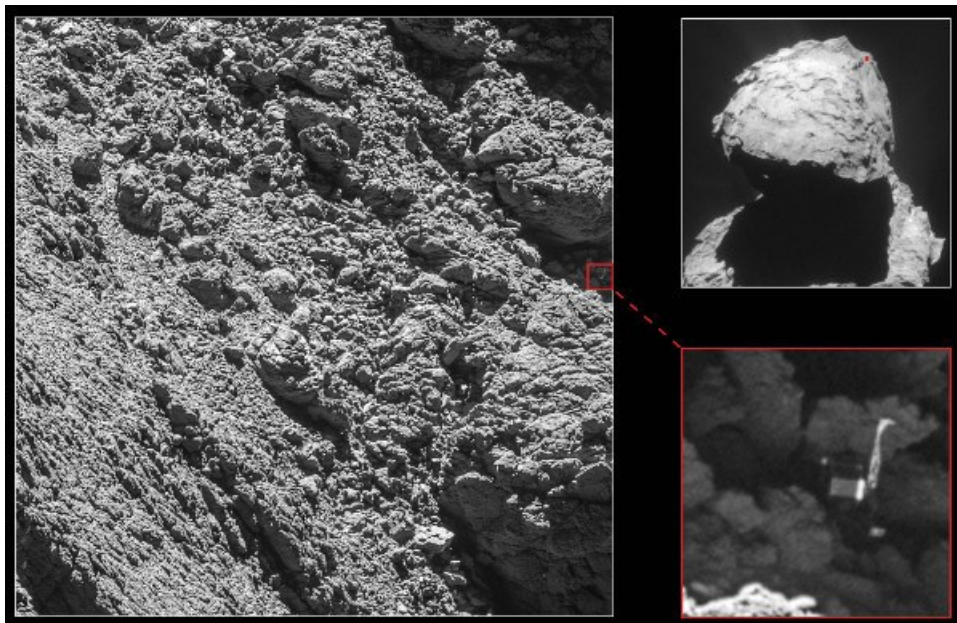
2016. szeptember

Felrobbant egy Falcon-9 rakéta. Az Amos-6 műhold tervezett startja előtt végzett statikus teszt alatt történt a baleset, amiben megsemmisült az űreszköz is. A robbanás szeptember 1-jén a floridai Cape Canaveral 40-es indítóállásában történt, amelyet a SpaceX használ a Falcon-9 rakétái startjához. Ezek voltak a Falcon-9-nél az indítások előtt megszokott statikus rakétatesztek előtti utolsó percek. Ilyenkor rövid időre begyűjtják az első fokozat kilenc Merlin-1D hajtóművét, hogy ellenőrizzék, minden rendben működik-e majd a végső visszaszámláláskor is. Most nem működött minden rendben... Idén világszerte ez volt a második starttal összefüggő baleset – amely nem is az indítás alatt, hanem már előtte bekövetkezett. (Az előző napon, augusztus 31-én a kínai Hosszú Menetelés-4C rakétával történt sikertelen indítás.)

A Falcon-9 rakéta orrkúpja alatt volt már az izraeli Spacecom vállalat Amos-6 műholdja. A közel 200 millió dolláros űreszköznek geostacionárius pályára kellett volna állnia, ahonnan feladata televíziós műsorszórás és szélessávú internetes adatátvitel lett volna. A statikus teszt megkezdése előtt 8 perccel, a hajtóanyaggal való feltöltés közben robbanás történt, ami szétvetette a rakétát, a műholdat, és jelentős sérüléseket okozott a startállásban is. A SpaceX szakértői az elkövetkező hónapokban hosszasan vizsgálták a baleset körülményeit. Az eredmény szerint a második rakétafokozatban az üzemanyag megfelelő nyomását biztosító hélium tartálya robbant fel, a problémát egy elvetemedett alátétre vezették vissza. A baleset után megingott a Falcon-9 rakétába vetett bizalom. Pedig számos kereskedelmi megrendelés mellett például a NASA megbízásából a Nemzetközi Űrállomást ellátó Dragon teherűrhajókat, sőt rövidesen akár embereket szállító űrhajókat is kellene pályára állítani ezzel a típussal. Először 2015 júniusában járt szerencsétlenül egy Falcon-9, amikor a Dragon CRS-7 teherűrhajót kellett volna pályára állítania. Azóta a SpaceX sikeresen felújította a repüléseket: tavaly december óta 9 alkalommal használták gond nélkül. A baleset miatt a már lekötött indítások csúszást szenvedtek, a Falcon-9 startjait végül csak 2017 januárjában kezdték újra.

Megvan a Philae – a Rosetta vége. Kevesebb mint egy hónappal a program vége előtt a Rosetta szonda képein sikerült felfedezni az eddig ismeretlen helyen leszállt Philae egységet is. A 67P/Csurjumov–Geraszimenko-üstökös magja körül keringő európai Rosetta szonda szeptember utolsó napján az üstökösra „leszállva” végezte be két éve, 2014 augusztusa óta tartó megfigyelési programját. Leszállóegysége, a Philae 2014 novemberében érte el az üstökösra felszínét – igaz, hogy kalandos körülmények között, nem az előzetesen tervezett helyen landolva.

A leérkezés körülményei miatt a Philae csak három napig tudott működni, amíg az akkumulátorainak töltése tartott, mivel a napelemek nem érte elegendő napfény. Később, 2015 nyarán még sikerült a Rosetta közvetítésével fogni a leszállóegység rádiójeleit. A pontos helyét azonban akkor sem tudták, hiszen a kb. 1 m-es kis szerkezet felfedezéséhez nem volt elegendően finom a Rosetta kamerájának felszíni felbontása. Ez változott most meg, hiszen a program vége felé közeledve az űrszonda egyre közelebb és közelebb kerül az üstökösrahoz. Így a képek felbontása is javult, 5 cm/pixel is elérhetővé vált. Szeptember 2-án a próbálkozásokat siker koronázta: az OSIRIS kamera a korábbi gyengébb felbontású képeken azonosított egyik lehetséges „Philae-jelölről” egyértelműen bebizonyította, hogy az tényleg a leszállóegység.



A kinagyított részleten jól látszik az űreszköz teste és kivehető a landolásra készült három lába közül kettő. A Philae helyzete nyilvánvalóvá teszi, miért volt nehéz vele a kommunikáció és miért nem

volt elégséges a napelemek teljesítménye. Az egységgel korábban végzett mérések helyes értelmezése miatt is fontos, hogy a kutatók pontosan lássák, hogyan helyezkedik el a Philae az üstökösmag felszínén. Korábban a rádiós adatok alapján néhányszor tíz méteres pontossággal sikerült csak megbecsülni a Philae végső landolási helyét. A mostani sikert hosszadalmas, szinte hiábavalónak tűnő keresés végére érték el, nem sokkal azelőtt, mielőtt – a Rosetta programjának végeztével – örökre lehetetlenné vált volna a leszállóegység megtalálása.

Ahogy a 67P üstököös és vele együtt a Rosetta távolodóban van a Naptól, egyre kevesebb energiát termelnek a napelemek. A fedélzeti tudományos műszerek és alrendszerek működtetése rövid időn belül már lehetetlen lenne. Így az üreszköz vége elkerülhetetlenné vált. Az egyszerű kikapcsolás helyett döntöttek a meglepő manőverről, hogy az üreszközt „leteszik” az üstökösmag felszínére. A maghoz igen közel kerülve, az utolsó órákban így még olyan tudományos mérésekre is lehetőség adódott, amilyenekben korábban nem is reménykedhettek. A Rosetta leérkezését előzetesen szeptember 30-án, magyar idő szerint 12:40 körülre terveztek, plusz-mínusz 20 perces bizonytalansággal. A pontos időpont végül 13:19 lett (ez az információ a Földre érkezésére vonatkozik, a távolság miatt az események mintegy 40 perccel korábban történtek az üstökösnél).

Energetikai szempontból a találkozás sima leszállásnak minősülhetne, hiszen egy sétáló ember sebességével, kevesebb mint 1 m/s-mal érkezett meg a szonda a felszínre. Viszont eredetileg egyáltalán nem arra tervezték, hogy valaha is épségben leszálljon. Így például a nagy napelemtáblái semmiképpen sem bírták ki még ezt a kis sebességgel történő ütközést sem. Így nem csak az energiatermelés válik lehetetlenné, de az adatokat a Földre továbbító nagynyereségű antenna sem mutat már a Föld felé, így kommunikációra sincs többé lehetőség. A rendszereket tehát úgy programozták, hogy kapcsoljanak ki a leérkezéskor. A Rosetta mostantól az üstököös felszínén, némán folytatja útját a Naprendszerben. Ahogy a 2014 novemberében lejuttatott Philae leszállóegysége is teszi már egy jó ideje. A Rosetta üstököösbe vezetésével az ESA rendkívül sikeres programja fejeződött be. Külön öröm, hogy a sikerből magyar űrkutatók is jócskán kivették a részüket. Mind a Rosetta anyaszonda, de főleg a Philae egység készítésében alapvető szerepet játszottak magyar mérnökök és kutatók.

Úton az OSIRIS-REx. Elindult a Bennu kisbolygó felé az „űrporiszívó”, hogy 2023-ra anyagmintát hozzon belőle földi laboratóriumi vizsgálatokhoz. A NASA OSIRIS-REx (Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, Security, Regolith Explorer)

űrszondája egy Atlas-5 rakéta segítségével indult a floridai Cape Canaveral 41-es startállásáról, szeptember 9-én. A Bennu mintához elődei között említendő az amerikai Stardust, amely a Wild-2 üstökös környezetéből vett mintát és juttatta el a Földre, valamint a japán Hayabusa, amely az Itokawa kisbolygó felszíni anyagából szerzett részecskéket. Velük ellentétben az OSIRIS-REx-szel a terv, hogy ne csak néhány szemcsényi, de legalább 60 g-nyi, vagy akár 2 kg-nyi mintával térjen vissza. Ha mindez sikerül, akkor a Holdról az Apollo űrhajósai által begyűjtött kőzetminták óta ez lesz a legnagyobb mennyiség, amit idegen égitestekről űreszközzel szereztek, földi laboratóriumi vizsgálatok céljára. (Még az OSIRIS-REx repülése alatt, 2020-ban kell visszatérnie a második japán kisbolygómintagyűjtő szonda, a Hayabusa-2 kapszulájának, benne „csak” egy grammnyi anyaggal.) Az OSIRIS-Rex egy újfajta mintavevő berendezést próbál ki, amit igen leegyszerűsítve úgy írhatnánk le: egy robotkar végére szerelt porszívó.



Az űrszonda 2018 augusztusában érkezik a Bennu, a Nap körül a Föld pályájához közel keringő kisbolygó mellé. A közelében tartózkodva felméri a felszínét, megméri a gravitációs terét. Adataiból meghatározzák a legnagyobb kiterjedésében 510 méteres kis égitest tömegét, belső szerkezetét. A Bennu méreteit korábban földi radaros megfigyelések alapján becsülték meg. Valószínűleg felépítése amolyan laza törmelékhalom lehet, ami azt is jelenti, hogy tömege kicsi és így tömegvonzása minimális. Nehéz lenne egy űrszondával leszállni a felszínére, de ez nem is cél. A minta begyűjtéséhez annyi idő is elég lesz, amíg a lassan közeledő OSIRIS-Rex robotkarjával megérinti a felszínt, aztán vissza is pattan a világűrbe.

A legfontosabb események kb. 5 másodperc alatt zajlanak le, miután a szonda már két éven át vizsgálta közlrol a célpontját és a kutatók gondosan kiválasztották a mintavétel helyét. A 3,4 m hosszú kar végén egy olyan, kör alakú fej található, amely nitrogén gázt szabadít fel, amikor eléri a kisbolygót. Ettől a felszín anyagát felveri, a kb. 2 cm-nél kisebb méretű darabkákat pedig eltárolja. A kisbolygótól biztonságos távolságba jutva az űreszköz testét megpörgetik, és ennek segítségével megméri a begyűjtött anyag tömegét. A nitrogén mennyisége elegendő lesz akár három mintavételi próbálkozásra

is, ha nem minden alakul elsőre a tervek szerint. A mintavétel után a szonda nem indul azonnal vissza a Föld felé. Megvárja, amíg a Benu és a Föld helyzete ehhez a legkedvezőbb lesz, 2021 márciusában. Addig is további mérési adatokat gyűjt a kisbolygóról. Az anyagmintát tartalmazó kapszula végül 2023 szeptemberében landol Utah állam területén.

A Benu a Naprendszer keletkezésének korai időszakából származó, ősi anyagot őriz. A felszínét borító, szerves vegyületekben gazdag rétegből vett minta tanulmányozása révén a kutatók remélik, hogy közelebb jutnak a bolygórendszer keletkezésének, sőt talán az élethez szükséges „építőkövek” Földre kerülésének a megértéséhez is. Ahogy a holdközveteket, úgy a Benu kisbolygóról származó mintákat is hosszú évtizedeken át, egyre fejlettebb módszerekkel és műszerekkel vizsgálhatják majd a tudósok.

A Benu egy földközeli kisbolygó, Nap körüli pályája időnként keresztezi a mi bolygónkét. Hat évenként viszonylag közel kerül hozzánk. A közeljövőben nem jelent ugyan veszélyt a Földre, de a – szükségképpen bizonytalan – pályaszámítások szerint valamikor leghamarabb a következő évszázad vége felé akár veszélyes közelségbe is kerülhet. Ezért kitűnő kutatási célpont ahhoz, hogy többet tudjunk meg mozgásáról, különösen a nem gravitációs eredetű pályaváltoztató hatások mértékéről. Ezzel a tudással felvértezve a következő generációk szükség esetén akár meg is menthetik a Földet egy katasztrofális kisbolygó-becsapódástól – legyen az a Bennu vagy egy más hasonló égitesté.

Közel 9000 műhold a következő tíz évben. Az Euroconsult immár 19. alkalommal adta ki a következő évtized várható műholdas trendjeit bemutató elemzését. A *Satellites to be Built and Launched (over the next ten years)*, azaz „Megépítendő és indítandó műholdak (a következő tíz évben)” című elemzésben megállapítják, hogy az 50 kg feletti kategóriában évente átlagosan 145 műhold indítása várható 2025-ig, ezek összértéke eléri a 250 milliárd dollárt. Amennyiben a fentiekhez hozzávesszük az 50 kg-nál kisebb holdakat, valamint a két tervezett mega-konstellációt (OneWeb és SpaceX), akkor a teljes darabszám megközelíti a 9000-et! Az előző tíz évben az 50 kg starttömeg alatti kategóriában „mindössze” 1480 darab műhold indult, ebből egy (!) volt magyar... A jelentős ugrást okozó 7550 űreszköz összárát tekintve ugyanakkor a 270 milliárd dolláros teljes (tehát 9000 darabra kalkulált) műholdas piacnak mindössze 8%-át jelenti.

A műholdas piacnak még mindig igen jelentős szelete – több mint kétharmada, kb. 193 milliárd dollár értékkel – a kormányzati szektor. A különféle állami megvalósítású polgári és katonai holdak

teljes száma a következő tíz évben eléri majd a 880-at és ez 60(!) ország kormányzatai között oszlik meg. Az ugyanakkor szinte természetes, hogy ennek a kormányzati műholdpiacnak a jelentős része – kb. 85%-a – mindössze tíz országban koncentrálódik, ezek a politikai és katonai nagy- illetve középhatalmak: az Egyesült Államok, Oroszország, Kína, Japán, India és az öt vezető európai ország. A maradék ötven ország ugyanakkor az előző tíz évhez képest a következő tíz évben meg fogja duplázni a pályára küldött műholdak számát, ami így 2025-re (várhatóan) eléri a 200-at. (Ezek mintegy felét – hazai kapacitások híján – más országok gyártják és szállítják.)

Az Euroconsult várakozása szerint a következő 10 évben 40 magáncég 560 műholdja kerül pályára. Ezek nagy része egyszerűen csak kieső kapacitásokat, illetve hamarosan leálló műholdakat fog pótolni. A kereskedelmi műholdak közel kétharmada (300 darab) geostacionárius pályára kerül, ezek 30 távközlési és műsorszóró cég tulajdonát képezik majd. A nem-geostacionárius pályára kerülő 11 (tipikusan távközlési, vagy távérzékelési) kereskedelmi konstelláció pedig évi mintegy 1,6 milliárd dolláros értéket fog képviselni.

2016. október

Jövőre eggyel kevesebb orosz az ISS-en. 2017 márciusától legalább egy éven át tart a költségcsökkentési célú intézkedés hatálya. A Roszkosmosz azután szeretné csak visszaállítani a jelenlegi létszámot, hogy várhatóan 2018 elején üzembe áll az új orosz tudományos kísérleti modul (Nauka, avagy Multipurpose Laboratory Module, MLM) az ISS-en. Az indoklás szerint addig is, amíg főleg az ISS orosz szegmensének fenntartásáról kell gondoskodni, elég egyszerre két orosz űrhajósnak a fedélzeten tartózkodni, nincs szükség a mostani három főre. A Nauka modul startját egy Proton rakétával tervezik, de már többször elhalasztották. Legutóbb 2013-ban kellett volna repülnie, de az Enyergija cég szakemberei hibákat találtak a meghajtórendszerében. A szerkezetet visszaszállították a gyártó Hrunyicsev vállalatához. A most érvényes menetrend szerint 2017 végén vagy 2018 elején állíthatják pályára az autóbusz méretű laboratóriumi modult. Mielőtt hozzákapcsolnák az ISS-hez, a jelenleg a Nauka majdani helyén, a Zvezda kiszolgálómodulhoz csatlakozó Pirsz zsilipegységet leválasztják.

Ha fent lesz a Nauka, a következőkben egy új csomóponti modul és egy napelemes energiatermelő egység repülhet Oroszországból az ISS-hez. A Roszkosmosz és az Enyergija szakértői azt fontolgatják, hogy később a legújabb modulok önálló életre kelhetnek, függetlenül az ISS-től. Jelenleg a nemzetközi bázis működtetésére

2024-ig szól a megállapodás. Ezek képezhetnék egy új, orosz vezetéssel működő űrállomás magját.

Az ISS állandó személyzete normális körülmények közt 6 főből áll. Ez alól kivétel, amikor épp a személyzetcsere zajlik, s a váltás régebbi három tagja már visszatért a Földre, az utánuk következő trió pedig még nem indult el. Az oroszokon kívül a személyzet tagjai amerikai, európai, japán és kanadai űrhajósok közül kerülnek ki. Ha lecsökken az orosz személyzet létszáma, spórolni tudnak a Progressz teherűrhajókkal is: évente négy helyett csak háromra lenne szükség. A Roszkoszmosz a Szojuz űrhajókban felszabaduló helyeket – jövőre legalább kettőt – a partner űrügynökségek számára ajánlja fel, de erről a NASA-val egyelőre még nem folytattak tárgyalásokat. 2018-tól, amikor a remények szerint beindulnak az amerikai magánfejlesztésű emberes űrhajók rendszeres repülései, a NASA az amerikai szegmensben a mostani 3 helyett 4 űrhajós foglalkoztatását tervezi. Így ha az oroszok visszaállnak majd a 3 főre, az ISS teljes állandó személyzete 7 főre bővíülhet.

Még két év a Gale-kráterben. A NASA több sikeres tudományos küldetését újabb két évvel, 2018. szeptember 30-ig meghosszabbította. Ezek közé tartozik az immár négy éve a Mars Gale-kráterében, az Aeolis-hegy lábánál dolgozó Curiosity, amelyik leszállása óta már közel 12 kilométert tett meg a bolygó felszínén. A réteges szerkezetű, mintegy 5 km magas hegy lábánál a Curiosity elsősorban az ősi Mars vízben gazdag környezetének a nyomait, maradványait keresi. Következő célpontja a hegy oldalában húzódó, jelenlegi tartózkodási helyétől két és fél kilométerre lévő, a hematit nevű



vas-oxid ásvánnyal borított hegygerinc (Hematite Unit), valamint a mögötte elterülő, agyagásványokkal borított vidék (Clay Unit). A marsjáró 2012. augusztusi leszállása óta már több mint 180 000 felvételt készített és küldött a Földre. Rendszeresen készít önarcképeket is, amelyek alapján az irányítóközpont mérnökei pontos információt nyerhetnek a szerkezet műszaki állapotáról, például a kerekek erős kopásáról. Eddig 18 alkalommal gyűjtött anyagmintát, ezek közül 14 alkalommal fűrőjével a kőzetek belsejéből is mintát vett, amelyeket a laboratóriumában elemzett. A legújabb önarcképe szeptember közepén, a Murray-tanúhegyek lábánál készült, ahol ugyancsak megfúrta a 180 méter vastag Murray-formációt alkotó kőzetet.

A Curiosity e réteg vastagságának már a feléig felkapaszkodott, eközben főként agyagpalát talált, amely az ősi tómederben összegyűlt és lerakódott sárból képződött. Ez az eredmény azt bizonyítja, hogy a krátert egykor kitöltő tó nem átmeneti jelenség volt, hanem hosszú időn keresztül létezett. A most kezdődött, újabb kétéves kutatási időszak első évében a kutatók terve szerint a Murray-formáció felső részét fogják tüzetesebben megvizsgálni. A küldetés esetleges folytatásáról, újabb két évvel történő meghosszabbításáról a kutatók által benyújtandó terv alapján, 2018 nyarán dönt a NASA.

Megérkezett minden adat a Plútóról. A törpebolygó mellett tavaly júliusban elrepült New Horizons szonda mostanra küldte el az utolsó biteket is a Földre. A Naprendszer külső vidékén kifelé tartó amerikai űrszonda elsődleges programja ezzel hivatalosan is véget ért. A New Horizons 2015. július 14-én repült el a Plútó és holdjai közelében, szenzációs tudományos eredményeket szolgáltatva. Az összes, több mint 50 gigabit mennyiségű adat eljuttatása a Földre azért tartott egy évnél is tovább, mert csak alacsony adatátviteli sebesség volt elérhető a nagy távolság miatt. Az átlagos érték mindössze 2000 bit/s volt, de a lesugárzás sem mehetett folyamatosan, hiszen a NASA követőállomás-hálózatának földi antennái sem mindig voltak elérhetők a New Horizons adatai számára, másrészt az űreszközzel végzett manőverek idejére is leállt a kapcsolat.

A hosszú várakozás a terv része volt, a kutatók tisztában voltak vele, hogy a New Horizons fedélzetén tárolt adatokat teljes egészében csak később kaphatják meg. Csak a rend kedvéért, az utolsó bitek október 25-én, magyar idő szerint 11:48-kor jutottak el az irányítóközpontba, a Johns Hopkins Egyetem Alkalmazott Fizikai Laboratóriumába (Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, JHU APL), a Maryland állambeli Laurel városába, méghozzá a NASA követőállomás-hálózatának (Deep Space Network, DSN) ausztráliai, Canberra melletti antennája közvetítésével. A Ralph mű-

szer LEISA infravörös spektrális kamerájának adatai öt órán és nyolc percen át utaztak a fény sebességével a New Horizons jelenlegi, mintegy 5,5 milliárd km-es távolságából.

Az irányítók először ellenőrzik, hogy minden beérkezett adat rendben van-e, azután törlik a New Horizons fedélzetén levő két adattároló egység tartalmát. Ezzel már a szonda programjának meghosszabbítására készülnek, hiszen a Kuiper-öv 2014 MU₆₉ jelzésű, néhányszor tíz km-es átmérőjűre becsült objektuma mellett 2019 első napján repül majd el az űreszköz, 3000 km távolságban. A NASA illetékesei már elfogadták a New Horizons küldetésének meghosszabbítását 2021-ig, amikorra várhatóan a 2014 MU₆₉ adatai is maradéktalanul eljutnak a Földre. Ami a Plútónál végzett méréseket illeti, azok feldolgoása és értelmezése még évekig eltart.

2016. november

Pályán a WorldView-4. Sikeresen pályára állt a DigitalGlobe legújabb, 30 cm felbontású földmegfigyelő holdja. A legújabb VHR (nagyon nagy felbontású) műhold az Egyesült Államok nyugati partján lévő Vandenberg Légitámaszpontból egy Atlas-5 rakétával indult, november 11-én. A fő rakomány mellett az Atlas még hét kis amerikai CubeSatot is pályára állított. A WorldView-4 műhold tervezett keringési magassága 617–681 km, az ehhez tartozó keringési idő pedig 97 perc. Maga a pálya egy olyan napszinkron pálya, mely biztosítja, hogy a WorldView-4 három naponként térjen vissza a Föld azonos pontja fölé. A WorldView-4-et (korábbi nevén GeoEye-2-t) a DigitalGlobe megrendelésére a Lockheed Martin készítette, a cég LM-900 jelű műholdbuszán. A mesterséges hold starttömege 2087 kg, hossza 10 cm híján 8 m, míg legnagyobb átmérője 5,3 m. Tervezett



élettartama legalább 10 év. A pánkromatikus (fekete-fehér) kamera felbontása 31 cm, míg a multispektrális (színes) kamera felbontása 124 cm. Az első hullámhossz-tartománya 450–800 nm, míg a másodiké 655–920 nm. Maga a kamera egyébként egy 110 cm átmérőjű szerkezet. A WorldView-4 elődje, a WorldView-3 még 2014 augusztusában indult, szintén Vandenbergből. A holdak egyenként és naponta akár 680 000 négyzetkilométer felszín képesek felvételezni.

Az előző oldalon lévő képen a WorldView-4 startja látható a Vandenberg Légitámaszpontonról – szokatlan nézőpontból, a már régebb óta pályán levő társa, a World-View-2 bravúrosan időzített felvételén. A WorldView-2 még 2009-ben egy Delta-2 rakétával indult, ugyanerről a kaliforniai starthelyről. A kép a bázishoz képest északkeleti irányból, 637 km távolságból készült, a kamera látóiránya 38°-os szöget zárt be a függőlegessel.

Galileo – négyszer. Egyetlen Ariane-5 rakétával egyszerre négy európai Galileo navigációs műholdat állítottak közepes magasságú Föld körüli pályára. A mostani volt az első alkalom, hogy egy start alkalmával négy Galileo hold indult. Korábban az Európai Bizottság és az ESA közös műholdas navigációs rendszerének tagjait kettesével, orosz gyártmányú Szojuz rakétákkal indították. Ami a műholdakon kívül még változatlan maradt: a francia guyanai Kourou űrközpont, ahonnan eddig a Szojuzok, most pedig az Ariane-5 is a magasba emelkedett. A start dátuma november 17-e volt. Az új műholdnégyes 18 eleműre bővíti a Galileo pályán levő holdjainak számát. Mindegyik Galileo hold 717 kg starttömegű. „Beceneveik” Antonianna, Lisa, Kimberley és Tijmen, az európai országokban korábban rendezett gyermekrajzversenyek győztesei után. Aki még emlékszik a közel öt éve rendezett a magyarországi fordulóra, annak feltűnhet, hogy Lisa éppen a „magyar műhold” neve.

Pályára állt a GOES-R. A legújabb generációs amerikai geostacionárius meteorológiai műholdak első képviselője a floridai Cape Canaveralról egy Atlas-5 rakétával indult, november 20-án. A GOES-R a NASA és a NOAA – vagyis az űrkutatásért, valamint az időjárás-előrejelzésekért felelős amerikai kormányzati ügynökségek – együttműködésében készült. Remélt működési élettartama 20 év. A GOES sorozatban a betűjelek a megépített (vagy például a GOES-Q esetén a meg sem épített, csak tervezett) műholdak sorrendjét jelölik. Ha sikeresen pályára áll és működésbe lép a műhold, megkapja a sorszámát is. A GOES-R esetében ez a 16-os lesz.

A GOES-R-től az eddiginél is pontosabb időjárási előrejelzéseket, az extrém időjárási események (például hurrikánok) jobb nyomon követését várják a szakemberek. Az adatokat a klímakutatáshoz és az űridőjárás megfigyelésére is alkalmazzák. A most felbocsátott űreszköz csak a kezdet, a jelenleg a Föld körül működő amerikai geostacionárius meteorológiai műholdak rendszerének frissítését, a régebbi holdak kiváltását is ilyen modern eszközökkel fogják végrehajtani a jövőben. Az elkövetkező 8 évben még három hasonló startra kerül sor. A NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) bő négy évtizede alkalmaz geostacionárius pályán működő időjárási műholdakat: a GOES-A (GOES-1) 1975-ben indult. Az új generációs GOES-R, -S, -T és -U műholdak a 2030-as évekig biztosíthatják az igényeket, a program 11 milliárd dollárba kerül.

A GOES-R fedélzetén hat műszer végez majd méréseket, a Földet és a Napot figyelve. A legfontosabb ezek közül az ABI (Advanced Baseline Imager). Ez nem kevesebb mint 16 különböző színben érzékeny (a jelenleg szolgálatban levő műholdakon ez a szám még csak 5), ami megkönnyíti az időjárási jelenségek elkülönítését. A műszer felbontásában négyszeres a javulás, vagyis a felhőmintázatokat ennyivel élesebben tudja felmérni. A legjelentősebb javulás mégis a működésének sebességében lesz: a felé eső féltekét az északitól a déli pólusig csupán 5 perc alatt képes teljesen feltérképezni, a jelenlegi 27 perc helyett. Így az ABI a felhőzet mozgását számos látható és infravörös hullámsávban rendkívül jó időfelbontással tudja követni. Adataiból a levegő páratartalmára, a szárazföld és a tengerfelszín hőmérsékletére, a csapadék mennyiségére következtethetnek. Lehetőség lesz „ráközelíteni” egyes fontos zónákra, ahonnan akár fél perces időközönként jöhetnek az adatok (a javulás érzékeltetésére: a jelenlegi műholdaknál ez a legjobb időbeli felbontás 5 perces).

A műholdon repül az első geostacionárius villámtérképező berendezés is (Geostationary Lightning Mapper, GLM). A zivataros területek azonosítása céljából a felhők közötti, valamint a felhők és a felszín közötti villámtevékenységet detektálja nagysebességű kamerájával, Amerika szárazföldjei és a környező óceáni területek felett. Ez utóbbi szolgáltatás igen hasznos lesz a hajózás és a légi közlekedés számára.

A GOES-R több, mint egy földmegfigyelő műhold. A naptevékenységet és a Föld környezetében található nagyenergiájú töltött részecskéket, az űridőjárást is kutatja. Ennek egyre nagyobb a jelentősége, ahogy a társadalom és a gazdaság működése, a navigáció és a távközlés egyre inkább függ a műholdas szolgáltatásoktól.

2016. december

Elveszett a Progressz MSZ-04. Sikertelen volt a legújabb orosz teherűrhajó Bajkonurból december 1-jén végrehajtott indítása az ISS-hez. Az automata teherűrhajón üzemanyag, élelmiszer, ivóvíz, felszerelési tárgyak, kísérleti berendezések, és két új orosz Orlan űrsétaszekafander volt. A háromfokozatú rakétáról mintegy két perccel a start után rendben levált a négy kiürült oldalsó segédtrakéta. Később a Progressz teherűrhajót a légköri emelkedés alatt védő orrkúp is levált, ahogyan a feladatát elvégző központi rakétafokozat is. A harmadik fokozatot alkotó RD-0110 hajtómű beindulása után viszont a földi irányítók rövidesen elvesztették a stabil kapcsolatot a hordozóeszközzel és a teherűrhajóval. A későbbi vizsgálatok megerősítették, hogy a Szojuz-U típusú rakéta harmadik fokozata nem működött megfelelően. Az űreszköz nem érte el a Föld körüli pályát, Oroszország déli része fölött mintegy 190 km magasságban repülve belépett a sűrű légkörbe és megsemmisült. Darabjainak legnagyobb része nem érte el a felszínt. A baleset nem veszélyeztette az ISS űrhajósainak ellátását, akik ilyen esetre megfelelő tartalékokkal rendelkeznek a fedélzeten.



Az első siklórepülés.

A Virgin Galactic másodikként megépített SpaceShipTwo gépe sikeresen végrehajtotta első önálló tesztrepülését, egyelőre meghajtás nélkül. Mint emlékeztetés, a SpaceShipTwo első példánya (VSS Enterprise) 2014 októberében próbarepülés

alkalmával balesetet szenvedett, a két pilóta egyike pedig életét vesztette. A majdan űrúgrásokat kínáló Virgin Galactic vállalat így új gép építésébe kezdett, amelyet az év elején mutattak be a nagyközönségnek. A mostani siklórepüléssel próbát követően új szakaszába léphet a program, megint egy kicsit közelebb kerülve a naphoz, amikor megindulhatnak a kereskedelmi alapon szervezett űrúgrások 100 km-es magasság fölé. Érdekes felidézni, hogy az első – a 2014-es balesetben megsemmisült – SpaceShipTwo ugyanezt a siklórepüléses próbát több mint hat éve, 2010 októberében teljesítette.

A SpaceShipTwo második, VSS Unity nevű példánya december 3-án emelkedett a magasba a kaliforniai Mojave-sivatagból (Mojave Air and Space Port), a WhiteKnightTwo hordozó repülőgépre szerelve. A megfelelő magasságot elérve, az indulás után mintegy 50 perccel

most első alkalommal önállósodott a levegőben, majd egyelőre rakétameghajtás alkalmazása nélkül, tíz percig tartó siklórepülésben leereszkedett és rendben landolt a kiindulási repülőtéren. Az első sikeres teszt után még számos (a várakozások szerint 8–15) hasonló következik, mielőtt a rakétás meghajtást is elkezdik kipróbálni. Annak idején a VSS Enterprise a negyedik ilyen tesztrepülés során szenvedett balesetet.

John Glenn (1921–2016). Eltávozott az első amerikai, aki a világűrben megkerülte a Földet. Az első amerikai űrhajóscsapat, az „eredeti hetek” utolsó képviselője volt. Mielőtt a NASA kötelékébe lépett, a tengerészgyalogságnál szolgált pilótaként. Harcolt a II. világháborúban és a koreai háborúban is, ahol kitüntették hősiességéért. A Mercury program hét kiválasztott űrhajósának egyikeként 1959-ben kezdte meg a felkészülést az űrrepülésre. Az amerikaiak közül harmadikként jutott el a világűrbe, és ő volt az első, aki nem szuborbitális repülést hajtott végre, hanem 1962 februárjában a Friendship-7 (Mercury-Atlas-6) fedélzetén megkerülte a Földet. Nemzeti hős lett, ami miatt akkor nem volt esélye újból repülni. Mint jóval később kiderült, mégsem ez volt az utolsó űrutazása. 1998-ban a Discovery űrrepülőgép (STS-95) programjában ugyancsak részt vett. Akkor 77 éves volt, így azóta is – és valószínűleg még egy jó darabig – ő a legidősebb ember, aki a világűrben járt. John Glenn 1964-ben búcsút mondott a NASA-nak, majd nem sokkal később politikai pályára lépett. Nem kevesebb mint 24 éven át volt szülőhelye, Ohio állam szenátora, a Demokrata Párt színeiben. A kilenc napos űrrepülőgépes úton is szenátorként vett részt 1998-ban. A legutóbbi időkben Glenn az emberes Mars-utazás gondolatának aktív népszerűsítője volt.