

Válogatás az űrkutatás 2012-es eseményeiből

Összeállította: Dr. Frey Sándor

Összeállításunkban elsősorban az *Űrvilág* internetes hírportál (www.urvilag.hu) anyagaiból válogattunk. Az eredeti hírek, beszámolók, összefoglalók szerzői: *Frey Sándor, Németh Péter, Pálfalvi József, Takács Endre*. A felhasznált képek túlnyomó része NASA, ESA és JAXA fotó.

2012. január

Műholdindítás Kínából – magyar vonatkozással. A kínai Hosszú Menetelés-4B hordozó-rakéta január 9-én emelkedett a magasba Tajjüanból. Kína, és egyben a világ első 2012-es startja során a rakéta fő terhe a **Cöjüan-3** (Ziyuan-3) távérzékelő műhold volt. A nagy (2,5 méteres) felszíni felbontású képek készítésére alkalmas űreszközt polgári alkalmazásokra, a természeti erőforrások feltérképezésére, mezőgazdasági távérzékelésre, a vízgazdálkodás segítésére, várostervezéshez, katasztrófák megelőzésére használják majd. Három kamerája közül egy-egy a menetirányhoz képest előre illetve hátra, egy pedig lefelé néz. A fedélzeten egy infravörös spektrométert is elhelyeztek. A 2,6 tonnás műhold kb. 500 km magas poláris napszinkron pályára került.

Ugyancsak a kínai rakétán utazott, és hasonlóképpen poláris pályára került az alig 28 kg-os **VesselSat-2**. Feladata az amerikai ORBCOMM cég számára a tengeri hajóforgalom követése, a fedélzeten elhelyezett AIS (*Automatic Identification System*) rádiós vevőberendezések segítségével. A luxemburgi LuxSpace cég által épített űreszköz egyik beszállítója a magyar *BHE Bonn Hungary Elektronikai Kft.* A budapesti űripari cég az adatsatorna legfontosabb láncszemét, a fedélzeti digitális modulátort készítette, ahogyan a tavaly felbocsátott VesselSat-1 esetében is. Ez utóbbi műhold egyébként, amely egy indiai PSLV rakétával startolt 2011 októberében, már szolgálatba állt és kitűnően működik.

Az egyenlítői pályán keringő VesselSat-1 és a most felbocsátott, erre merőleges síkban keringő VesselSat-2 az ORBCOMM most épülő új, 18 műholdból álló ún. második generációs rendszerét (OG2) egészíti majd ki. Ez utóbbiaknak a pályára állítása hamarosan elkezdődhet, méghozzá a SpaceX vállalat Falcon-9 rakétájával. Az új ORBCOMM távközlési holdak – mintegy „mellékesen” – AIS vevőberendezésekkel is fel lesznek szerelve. A két VesselSat holddal kiegészítve jó globális lefedettséget adnak majd a világtengerek hajóforgalmának folyamatos követéséhez.

Fobosz-Grunt: vége, leasett. Visszatértek a bolygónk környezetét elhagyni nem tudó orosz űrszonda darabjai – már amelyek átvészelték a sűrű légkörben való fékeződést. A Fobosz-Grunt szonda roncsai – fokozott médiafigyelem és aggodalom után – végül január 15-én a Csendes-óceán fölött érték felszint, a szakemberek jóslatainak megfelelően semmilyen kárt nem okozva. A közelgő esemény hírét óhatatlanul is felkapta a sajtó. Valójában a becsapódás helyét képtelenség volt pontosan előre jelezni. A légköri fékeződés folyamata ugyanis nagyban függ a felsőlégkör pillanatnyi kiterjedésétől, amit a naptevékenység előre megjósolhatatlan változásai befolyásolnak. Az sem ismert, hogy az űreszköz milyen helyzetben bukdácsol, mekkora az éppen rá ható légellenállás. Egy dolog volt biztos: valahol 51,4° északi és 51,4° déli szélesség között kellett bekövetkezzen az esemény. Mivel a légkörbe lépés előtt a műholdak szűk másfél óra alatt végeznek egy teljes keringést a Föld körül, csak háromnegyed órás előrejelzési bizonytalanság is épp azt jelentené, hogy a bolygó átellenes pontján zuhanna le az űreszköz. Az időbeli bizonytalanság tehát nagy térbeli pontatlanságot okoz, ami az előrejelzéseket illeti.

Az előzetes modellszámítások szerint a 13,5 tonnás Fobosz-Grunt üzemanyaga nem, csak kb. 200 kg-nyi darabjai érték el a felszínt. A nagyjából 20-30 darab több száz km-es hosszú és több tíz km széles sávban szóródott szét. A megmaradt nagy mennyiségű (kb. 7,5 tonna) hajtóanyag tartályai szerencsére viszonylag alacsony olvadáspontú fémből, alumíniumból készültek. Így a fékeződés során keletkező hő miatt már mintegy 100 km magasban kilyukadhattak, a mérgező üzemanyag nem jutott le a felszínig.

A Fobosz-Grunt szonda programja nagy reményekkel indult, de szomorúan végződött. A Mars Phobos holdjának kutatására, onnan felszíni anyagminta visszahozatalára szánt orosz űrszonda, rajta a kínaiak első Mars körüli keringésre tervezett űreszközével, 2011. november elején hiába startolt Bajkonurból. Nem sikerült elhagynia a Föld körüli pályát, mivel nem indult be az erre szolgáló hajtómű. A Fobosz-Grunt lényegében némán keringett a Föld körül, kezdetben nagyjából 300 km magasságban, majd pályamagassága fokozatosan csökkent, amíg az űreszköz meg nem semmisült a légkörben.

Magyar kísérlet az űrállomáson. Vége felé közeledik a magyar pszichológusok kutatómunkája a Nemzetközi Űrállomáson (ISS). Január 3-án végezte el André Kuipers holland asztromonauta a *NeuroSpat* kísérlet egyik utolsó mérését. Kuipers volt az előzetesen leegyeztetett utolsó kísérleti alanya a kutatásnak, noha a nemzetközi kutatógárda reménykedik még egy ajándék alanyban.

A 2006-ban indult kísérletsorozat két fő kérdéssel vágott neki a szokásos földi vizsgálatokhoz képest összehasonlíthatatlanul több szervezést igénylő kutatáshoz. Egyrészt arra a kérdésre szerettek volna választ kapni, hogy a földi gravitáció által biztosított téri vonatkoztatási rendszer hiányában az asztronauták milyen más vonatkoztatási pontokra hagyatkoznak. Egy számítógépes téri tájékozódási feladatban felerősödnek-e az olyan elemek hatásai, mint a monitorhoz igazodó négyzetes keret? Az űrhajósok mindennapi életére lefordítva ez azt jelenti, hogy a fent és lent hiányában milyen módszerekkel lehet a térben mozogni, tájékozódni. Egyáltalán szükség van-e ilyen vonatkoztatási rendszerekre mikrogravitációban?

A másik, legalább ilyen fontos kérdés az volt, hogy a közvetlenül az agyi elektromos jeleket rögzítő idegtudományi módszerek alátámasztják-e azt a feltételezést, hogy az űrben a prefrontális lebeny funkciói zavart szenvednek. Sokféle oka lehet ennek a diszfunkcionalitásnak, többek között alváshiány, túlterhelés, illetve mindenekelőtt a súlytalanság. A prefrontális lebeny által biztosított képességek az emberi agy legmagasabb fokú képességei, amelyek elengedhetetlenek az emberre jellemző komplex és rugalmas viselkedéshez. Az ítélethozatal és a munka megszervezése is kisebb hatásfokú akkor, ha ez az agyi terület nem megfelelően működik. A hipotézis tesztelésére a MTA kutatói olyan ún. újdonságingereket helyeztek el a téri tájékozódási feladatban, amelyek nagyban elütnek a feladat kontextusától, pl. állatok vagy tipikus városi táj fényképei. Az ilyen képekre való reakciót is a prefrontális kéreg szabályozza. Az űrhajósokat behatóan vizsgálták a Földön, így az űrben kapott eredmények megmutatják, hogy az asztronauta idegrendszere a Földön megszokott szinten működik-e.

2012. február

A harmadik műhold Iránból. Miközben az ország nukleáris programjával kapcsolatban egyre nő a nemzetközi feszültség, Irán ismét bebizonyította, hogy képes saját erőből űreszközöket készíteni és pályára állítani. A **Navid** földmegfigyelő hold február 3-án startolt egy észak-iráni katonai bázisról, kétfokozatú, feltehetőleg továbbfejlesztett Safir rakétával. A kocka alakú, 50 kg tömegű Navid az eddigi legnagyobb műhold, amelyet a perzsa országból indítottak. Korábban 2009-ben az Omid kommunikációs hold mintegy 27 kg-os, 2011-ben a földmegfigyelő feladatú Rasad csak 15 kg-os volt. A hivatalos közlések szerint a 250 és 370 km közötti magasságban keringő új űreszköz meteorológiai adatokat és a természeti katasztrófák elhárításához szükséges információt gyűjt fedélzeti kamerájával.

Pályán az első magyar műhold, a Masat-1. A francia guyanai Kourou űrközpontból február 13-án, magyar idő szerint 11:00-kor emelkedett a magasba az új európai Vega hordozórakéta első példánya. Orrkúpjában kilenc kis műhold volt. A legnagyobb közülük az olasz LARES, egy lézeres távmérésre alkalmas passzív űreszköz. A többi nyolc európai egyetemi műhold, köztük hét 1 dm³ térfogatú, 1 kg tömegű ún. *CubeSat*. Az egyik ilyen kis kocka a magyar pikoműhold, a Masat-1, amelyet a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME) építettek. 12:10-kor önállóan Föld körüli pályára állt a Masat-1, és fél óra csendes üzemmód után 12:40-kor kezdte el sugározni rádiójeleit a 437,345 MHz frekvencián. Három óra környékén már sikeresen vezérelték a műholdat.

A magyar műhold nem csak az első működési hónapot élte túl, de a legsikeresebbnek bizonyult a vele együtt induló többi egyetemi holddal való összehasonlításban. Kategóriájában szinte minden rekordot megdöntött. Az Évkönyv szerkesztésének idején, több mint egy évvel a start után még tökéletesen működik. A számítások szerint a pályára állást követően akár 3 évig is a világűrben maradhat, mielőtt az eredetileg 300 km és 1450 km között változó pályamagassága annyira lecsökken, hogy a sűrű légkörbe érve a műhold megsemmisül. A Masat-1 napokkal a működésének megkezdése után OSCAR (*Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio*) rádióamatőr besorolást is kapott (MO-72).



A Masat-1-et a Műegyetemen lévő elsődleges, valamint az Érden található másodlagos földi állomásról vezérlik, valamint a műhold követésében és az adatcsomagok vételében a világ több mint 170 hazai és külföldi rádióamatőr állomása is nagy segítséget nyújt, amelyek a világhálón küldik át az adatcsomagokat a budapesti köz-

pontba. A műhold egy éves üzemeltetése alatt beérkező adatcsomagok száma meghaladta az ötmilliót, ezek mintegy 300 MB-nyi adatnak felelnek meg. Az adatoknak közel a fele érkezett az elsődleges és a másodlagos földi állomásokra, a fennmaradó csomagokat a világ rádióamatőrei szolgáltatták.

A pályára állítás első évfordulóján a Masat-1 minden redundáns alrendszerében még az elsődleges áramkör dolgozik. Minden a vártak megfelelően működik, mind a hőmérsékleti, mind az elektromos paraméterek a normál működési tartományban vannak. A műholdon helyet kapott egy 640×480 képpont felbontású kamera is, amellyel a műhold 2012. március 8-án készítette az első felvételeket. A mágneses stabilizáló rendszer passzív része a várakozásoknak megfelelően beállította a Masat-1-et a megfelelő orientációba, így az a Föld déli féltekéjéről képes űrfelvételeket készíteni. Ehhez az üzemeltetők az exponálás időpontját az elsődleges és a másodlagos vezérlőállomások egyikéről küldik fel a műholdnak.

1,25 milliárd euró új meteorológiai holdakra. Az Európai Űrügynökség (ESA) ekkora értékben kötött megállapodást a harmadik generációs Meteosat műholdak gyártására. A szerződés tárgya összesen hat űreszköz, amelyek majd geostacionárius pályáról segítik az időjárás előrejelzését. A műholdépítés fővállalkozója a *Thales Alenia Space* vállalat lesz. A sorozat neve **Meteosat Third Generation (MTG)**, vagyis a Meteosat holdak harmadik generációja. Az új eszközök biztosítják majd a folytonosságot a jelenleg már működő és addig még indítandó európai meteorológiai holdakkal, a tervek szerint legalább 2037-ig. Az európai műholdas meteorológiai programot az ESA és a kontinens erre szakosodott szervezete (*European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites*, EUMETSAT)

közösen irányítja. Az ESA feladata maguknak az űreszközöknek a kifejlesztése, elkészítése és felbocsátása. Az EUMETSAT hatásköre a rendszer üzemeltetése, a földi hálózat fenntartása. Az ESA és az EUMETSAT együttműködése egy 1977-ig visszanyúló sikertörténet: akkor indult az első Meteosat. Jelenleg a második műhold-generáció (*Meteosat Second Generation*, MSG) tagjainál tartanak, és ugyancsak használnak alacsonyabb, poláris pályákon keringő holdakat (MetOp). Az MSG holdak közül a harmadik 2012. július 5-én indult egy Ariane-5 rakétával. A kifutó generáció utolsó darabja, a negyedik MSG műhold 2014-ben repülhet.

2012. március

Úton a harmadik európai teherűrhajó. Az **ATV-3** március 23-án startolt Kourouból. A teljes 777 tonnás tömegével (rakéta + űrhajó) ez volt az Ariane-5 hordozórakéta eddigi legnagyobb terhe. Az ISS ellátására kifejlesztett európai teherűrhajók sorozatának harmadik tagját Edoardo Amaldi olasz fizikus tiszteletére nevezték el. Az ATV-1 (Jules Verne) 2008 márciusában, az ATV-2 (Johannes Kepler) pedig 2011 februárjában startolt. Az amerikai űrrepülőgépek leállítására óta az ATV a használatban levő legnagyobb méretű űreszköz. A személyzet nélkül, automata üzemmódban repülő teherűrhajó célja rakomány (élelmiszer, ruházat, egyéb felszerelések, kísérleti eszközök), levegő, víz, a manőverezéshez szükséges hajtóanyag szállítása az űrállomásra. Az ISS-hez való kapcsolódás után saját hajtóműveivel időnként megemeli az űrállomás pályáját, amivel a ritka légkör fékező hatását kompenzálják. Az ATV-3 végül az űrállomáson feleslegessé vált hulladékkal megpakolva, október 3-án belépett a Föld sűrű légkörébe és ott megsemmisült.

Az eredeti terveknek megfelelően az ATV-ből összesen öt épül. Az összeszerelésük már folyik Németországban illetve Olaszországban. A negyediket, amely 2013 elején startol majd, Albert Einsteinról nevezték el. Az ötödik és egyben utolsó ATV repülése 2014-re várható. Ezzel az európai fél 2017-ig rendezi is a rá jutó „tartozást”, ami az ISS üzemeltetéséhez és használatához való hozzájárulását illeti. Az űrállomás üzemen tartását ugyanakkor 2020-ig kitolták, ami nagyjából egy újabb ATV-nyi, 450 millió eurós plusz kötelezettséget róna az ESA-ra. Egy 2013 eleji megállapodás szerint ennek fejében a fejlesztés alatt álló amerikai Orion űrhajóhoz egy kiszolgáló modult építenének meg az európaiak, az ATV technológiájának részbeni felhasználásával.

2012. április

Az oroszok beszállnak az ExoMarsba. Az amerikaiakat az oroszok váltják az Európai Űrügynökség partnereként a Mars kutatására az évtized második felében induló programban. Erről moszkvai találkozójukon állapodott meg Vlagyimir Popovkin, az Orosz Szövetségi Űrügynökség (Roszkoszmosz), és Jean-Jacques Dordain, az ESA vezetője. (A hivatalos megállapodást 2013 márciusában írták alá.) Az ExoMars korábban európai–amerikai együttműködésben valósult volna meg, de februárban a NASA bejelentette, hogy pénzügyi problémák miatt kénytelen kiszállni a programból.

Az ExoMars két lépcsőjében 2016-ban és 2018-ban indítanának egy-egy űreszközt külső bolygószomszédunk felé. Elsőként egy Mars körül keringő szonda (Trace Gas Orbiter, TGO), másodjára már egy felszínre leszálló eszköz startolna. Az orosz fél legfontosabb szerepe az indításokhoz egy-egy nagyteljesítményű Proton hordozórakéta biztosítása lesz. Az együttműködés alapja a közös tudományos érdeklődés a Mars kutatásával kapcsolatban.

A 2016. januári indításra tervezett ExoMars TGO űrszonda építésének fővállalkozója a Thales Alenia Space. A fedélzeten a Mars légkörében levő metán és más, nyomokban előforduló gázok koncentrációjának mérésére alkalmas berendezések lesznek. A szondával re-

pül egy kísérleti, statikus leszálló egység is, amely a felszínre érve elsősorban meteorológiai jellegű méréseket végez majd.

A mozgó felszíni egység (rover) az Astrium Satellites cég vezetésével épül, és a tervek szerint 2018-ra lesz indításra kész. Az orosz partner készíti hozzá a légkörbe lépést, fékeztést és sima leszállást biztosító rendszert. A korábbi változatban az amerikai Mars Science Laboratory (Curiosity rover) „légi daruján” alapuló leszállító rendszerrel számoltak. Ugyancsak a NASA bocsátotta volna rendelkezésre az Atlas-5 hordozórakétákat.

2011-ben is szépen növekedett a globális űripar. Az amerikai *Space Foundation* bemutatta be a 2011-es folyamatokat elemző jelentését. Eszerint az előző évben az űrtevékenységgel kapcsolatos ágazatok világszerte, összesítésben 12,2%-os növekedést produkáltak. Ez a szám egyáltalán nem rossz, ha figyelembe vesszük, hogy a világgazdaság sok más ágazata közben válságos időszakát éli. Az űripar és az űralkalmazások növekedése ráadásul hosszabb távon is töretlennek bizonyult: az elmúlt öt évben a Space Foundation szakértői által gyűjtött adatok 41%-os növekedést jeleznek. A tanulmány azt sugallja, hogy az űrtevékenységnek nem csak fontos társadalmi és kulturális-tudományos jelentősége van, de egyúttal kitűnő üzlet is.

Indiai radarműhold indult. Az ázsiai ország ezzel belépett azon űrhatalmak szűk körű klubjába, amelyek képesek saját radaros távérzékelő hold gyártására és pályára állítására – mind polgári, mint katonai felderítő alkalmazások céljára. A **RISAT-1** jelzésű műhold az indiai PSLV (*Polar Satellite Launch Vehicle*) hordozórakéta április 26-án végrehajtott startjával állt Föld körüli pályára, Sriharikota szigetéről. India optikai és infravörös távérzékelő holdjai után jelentős előrelépés a RISAT-1. A radaros elven működő műholdak nagy előnye, hogy éjjel, valamint borús időben is képesek megfigyeléseket végezni. Az Indiai Űrügynökség (*Indian Space Research Organization*, ISRO) célja a fejlesztéssel elsősorban a mezőgazdasági termőterületek, erdők megfigyelése, termésbecslés, valamint segítségnyújtás a természeti katasztrófák (például árvizek, trópusi ciklonok) következményeinek megelőzéséhez és elhárításához. Emellett a radarképeknek közelebbről nem részletezett katonai felhasználása is lehetséges, feltehetően elsősorban az ország határai mentén, a szomszédos államokban a csapatmozgások figyelemmel kísérése. A mintegy 95 millió dollárnak megfelelő összegbe került, kb. 1,8 tonnás RISAT-1 a legnagyobb tömegű űreszköz, amelyet eddig PSLV rakétával felbocsátottak. A C-sávú fedélzeti radarral felszerelt műhold közel 540 km magas poláris (pontosabban 97,6° hajlásszögű) pályán működik. Naponta 14 alkalommal kerüli majd meg a Földet, és 25 naponként repül el ismét ugyanazon adott felszíni pont fölött. India már korábban, 2009-ben is pályára állított egy radaros műholdat (RISAT-2), de az X-sávú berendezés külföldön, Izraelben készült.

Kettőt egy csapásra. Most először bővítették dupla starttal a kínaiak a navigációs műholdrendszerüket. A Beidou-2 (magyaros átírással: Pejtu, másik elterjedt néven Compass) rendszer újabb két tagja ezúttal közepes magasságú Föld körüli pályára került. Kína 2020-ra szeretné elérni saját műholdas helymeghatározó rendszere globális kiépítettségét, amit jelenleg csak az amerikai GPS és az orosz GLONASSZ tud biztosítani felhasználóinak. A Compass ekkor 35 működő holddal rendelkezik majd. A mostani start április 29-én Hszicsangból, Hosszú Menetelés-3B hordozórakétával.



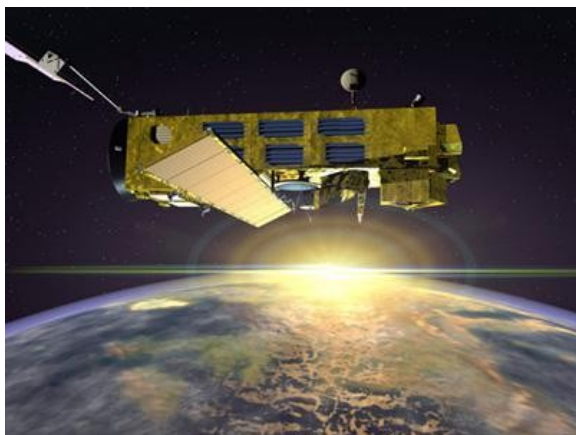
Kína tavaly decemberben indította a rendszer próbaüzemét. Jelenlegi aktív műholdjaikkal főleg az ázsiai és csendes-óceáni térséget tudják jól lefedni. A rendszerben magasabb, geostacionárius, valamint 55°-os hajlásszögű geoszinkron pályákon keringő holdak is vannak. (A mostani kettő előtt összesen 11 Compass műhold indult, közülük eddig egy közepes magasságú pályára.) A kínai navigációs műholdak rádiójelei például a közlekedésben, a tengeri halászatban, a térképezés területén dolgozók számára könnyítik meg a munkát. A legnagyobb pontossággal a kínai hadsereg és a kormányzati szervek erre feljogosított felhasználói tudják meghatározni mindenkori helyzetüket. Polgári célra 10 m-es pontosságot nyújt majd a Compass, mindenütt a Földön, ha egyszer kiépül.

2012-ben korábban február 24-én, később még szeptember 18-án (ismét egyszerre kettőt) és október 25-én is indítottak további kínai navigációs műholdakat. December 27-én pedig hivatalosan, kínai és angol nyelven is közzétették a rendszer működését leíró, a gyártók által régóta várt teljes dokumentációt (*Interface Control Document*, ICD), amelynek nyomán megnyílik a Beidou vevőberendezések fejlesztésének lehetősége. Így a kínai műholdas navigációs rendszer megnyílt az általános polgári (kereskedelmi) hasznosítás számára.

2012. május

Envisat: élt tíz évet. Csak néhány hét telt el a felbocsátásának tizedik évfordulója után, amikor minden idők legösszetettebb távérzékelő műholdjáról, az Envisatról nem tudtak több jelet venni a földi irányítók. Az ESA legnagyobb földmegfigyelő műholdja április 8-án hallgatott el. Bár a szakemberek még megkísérelték újból feléleszteni vele a rádiókapcsolatot, az erőfeszítések nem jártak sikerrel. Mostanra hivatalosan is elveszettnek jelentették az Envisatot, bár az természetesen – immár némán – tovább rója köreit az alig 800 km magas Föld körüli pályán.

Az Envisat eddigi kitűnő teljesítménye, az eredetileg 5 évesre tervezett élettartam dupláját kitevő működési idő azt engedte remélni, hogy a bő 8 tonnás műhold még kibírja azt az időszakot, ameddig a felváltására épülő Sentinel holdak pályára nem kerülnek. Ez azonban sajnos nem vált valóra. A több ezer terabájtnyi megfigyelési adat, a kb. 2500 tudományos publikáció mutatja, mekkora szerepe volt az Envisatnak a földfelszín, a légkör, az óceánok és a jégtakaró szemmel tartásában. Fedélzetén tízféle különböző tudományos műszer repült. Nem csak tudományos célú adatokat gyűjtött, de szolgálatsterű megfigyeléseket is végzett, amelyekkel például árvizek, olajömlések, más természeti és ember okozta katasztrófák elhárításában segített.

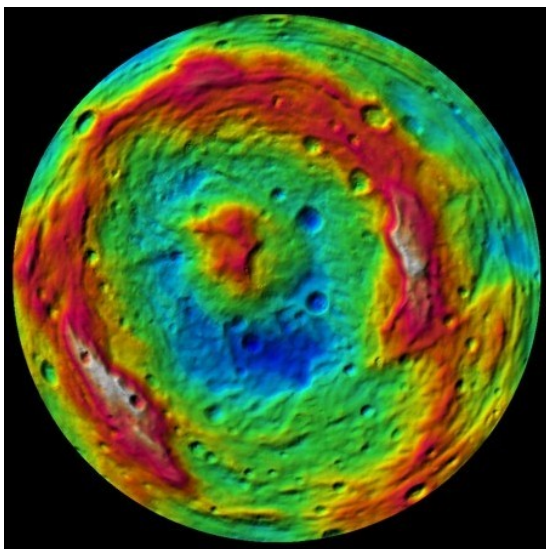


Működésének tíz éve alatt az Envisat mérte az Északi-sarkvidék tengeri jégtakarójának csökkenését, nyaranta tanúja volt az Északnyugati átjáró rendszeres megnyílásának. Más műholdakkal együtt rendszeresen mérte a tengermagasságot, a vízfelszín hőmérsékletét. Hozzájárult az óceáni áramlások megfigyeléséhez és a víz klorofill-koncentrációjának globális méréséhez. Megalapította, hogy Ázsiában nő, Európában és Észak-Amerikában stagnál a levegő szennyezettsége. Szolgálatsterűen mérte a szén-dioxid és a me-

tán koncentrációját, az antarktiszi ózonlyuk kiterjedését.

A szárazföldön figyelte az Antarktisz és Grönland gleccsereinek haladási sebességét, az erdősültség változását. Radarberendezésének ismételt mérései alapján földrengések, vulkánkitörések nyomán bekövetkezett felszínváltozások feltérképezéséhez segített, de alkalmas volt más eredetű felszínmozgások kimutatására – hazai vonatkozása miatt kiemeljük a kolonári vörösiszap-tározó gátjainak visszamenőleges mozgásvizsgálatában játszott szerepét.

Az Envisatról még vagy 150 évig kering egyre alacsonyabb pályán, mielőtt a földi légkörbe lép és (részben) megsemmisül. Addig az irányíthatatlan, hatalmas tömegű és meglehetősen nagy kiterjedésű űrszemét potenciális veszélyforrásként lesz jelen. A legnagyobb bajt az okozná, ha egy-egy elháríthatatlan ütközés nyomán elkezdene szétdarabolódni, láncreakció-szerűen egyre több és több veszélyes részre bomlani. Egyelőre azonban még egyben van, s reméljük, hogy egy kis szerencsével hosszú időn át így is marad...



Egy nagy kisbolygó titkai. A Vesta körül keringő amerikai **Dawn** űrszonda mérései nyomán kiderült, hogy egy keletkezésekor félbemaradt bolygóról van szó, és hogy számos földi meteor valóban erről az égitestről származik. Ez volt az első alkalom, hogy egy nagyméretű kisbolygó körül keringve sikerült egy űreszköz segítségével sokrétű, hosszú időn át tartó megfigyelés-sorozatot végezni, amiből fontos új ismereteket szereztek az égitest keletkezéséről, fejlődéséről, a Föld-típusú bolygókkal és a Holddal való hasonlóságáról. Bebizonyosodott, hogy a Vesta a Naprendszer korai korszakának megmaradt tanúja, változatosabb felszínnel, mint korábban gondolták. Többféle bizonyíték is arra utal, hogy sokkal in-

kább hasonlít egy kőzetbolygóra vagy a Holdra, mint egy tipikus kisbolygóra.

A Vesta belső felépítése réteges: kéreggel, köpennyel és egy vasból álló belső maggal rendelkezik. Ez az egyetlen ismert bolygókezdemény, amely ilyen formában visszamaradt abból a négy és félmilliárd évvel ezelőtti időszakból, amikor a Naprendszer bolygói kialakultak. A vasmag átmérője mintegy 225 km, közel 40%-a a teljes égitest átlagos átmérőjének. Ugyanígy és ugyanekkor jöttek létre a kőzetbolygók és saját Holdunk is. Az azóta eltelt idő óriási kozmikus becsapódásai olyan sebeket ejtettek a Vesta kérgén, főleg a déli féltekén, amelyekből a napvilágra kerültek az egykori felszín alatti magmaóceán létezésére utaló ásványok. A valamikori magma olyan égitestre utal, amelynek anyaga szinte teljes mértékben olvadt állapotban volt, s kihűlése során alakult ki a réteges felépítése.

A kutatók már korábban is gyanították, de a kisbolygó körüli pályáról végzett színképelemző mérések alapján bebizonyosodott: a Vesta anyagából ered a Földre hullott meteorok egy számottevő része, mintegy 6%-a. Így a kisbolygó az egyik legnagyobb azonosított „meteoritforrás”, ráadásul az első, amelyet űreszközzel sikerült közelről is tanulmányozni, miután darabjait korábban már ismerték a Földön.

A Vesta felszínét változatos, meredek formák jellemzik. Néhány kráter igen meredek lejtőkön alakult ki, a közel függőleges falaknál talajcsuszamlások jöttek létre. Váratlan felfedezés, hogy a déli féltekén fekvő Rheasilvia nevű becsapódásos eredetű medence központi csúcsa sokkal magasabb és szélesebb, mint amit például a Holdon várhatnánk egy ugyane-

kora méretű krátertől. A Vesta felszínét tekintve sok szempontból hasonlít más kisebb égitestekre, mint a Szaturnusz jeges holdjaira, világos és sötét területek váltakoznak rajta.

A Dawn feltárta a Vesta történetének legjelentősebb felszíninformáló eseményeit, más kisebb égitestek becsapódásait is. Sikerült meghatározni két hatalmas becsapódási medence keletkezésének időpontját. Az ugyancsak a déli féltekén található Veneneia mintegy 2 milliárd, a Rheasilvia 1 milliárd évvel ezelőtt jött létre. Ez utóbbi a legnagyobb becsapódásnyom a Vestán. Viszonylag fiatal kora meglepetés, a Holdon ezek a medencék jóval idősebbek. Mindkét órásbecsapódás teljesen szétdarabolhatta volna a Vestát – az 500 km átmérőjű Rheasilvia keletkezéséért egy kb. 50-60 km-es test lehetett a felelős –, az égitestet a vasmagja mentette meg. Így „csupán” mintegy egymillió köbkilométernyi törmelék hagyta el a Vestát. Ezekből kisebb kisbolygók jöttek létre, meg persze meteoritok, amelyekből juthatott bőven a Földre is.

A NASA Dawn szondája 2007-ben indult, 2011 közepe óta kering a fő kisbolygóöv második legnagyobb tagja, a 4 Vesta körül. 2012 augusztusában eltávozott onnan, hogy 2015-re a Ceres törpebolygót is közelről tanulmányozhassa.

Elindult a „tehersárkány”. A május 22-én a floridai Cape Canaveralból felemelkedett **Dragon** teherűrhajó célja volt, hogy bemutassa: el tud jutni a Nemzetközi Űrállomáshoz, sikerül a robotkaros befogás és csatlakozás, majd vissza is tud térni a Földre. Sokak szerint új korszak kezdődött ezzel az űrtevékenységben, amikor először indult el egy magánfejlesztésű, nem állami vagy nemzetközi űrügynökség által épített űrhajó az ISS-hez. A Dragon (jelentése: sárkány) és a pályára állításához használt Falcon-9 hordozórakéta is a *Space Exploration Technologies* (röviden: SpaceX) amerikai vállalat fejlesztése, amihez a NASA-n keresztül költségvetési támogatást is felhasználtak. A Dragont egyelőre teherszállításra alkalmas módon alakították ki, a mostani repülés célja pedig elsősorban az éles próba volt. A sikeres tesztrepülés megnyitotta az utat a rendszeres teherszállítványok előtt. Közben már tervezik a Dragon emberek fel- és lejuttatására is alkalmas változatát.



A Dragon teherűrhajó következő példánya aztán október 8-án megkezdte a 12 tervezett teherszállító repülésből álló sorozatát is. A SpaceX elképzelései szerint 2016-ig évente nagyjából három Dragonnal teljesítenék a NASA szállítási megbízásait. A mintegy 4,4 m hosszú és 3,6 m átmérőjű Dragon az ISS ellátását biztosító teherűrhajók közül a legújabb, s egyben az egyedüli amerikai. Az orosz Progressz, az európai ATV és a japán HTV teherűrhajók azonban nem rendelkeznek azzal a képességgel, hogy vissza is tudjanak hozni a Földre kísérleti eszközöket vagy anyagokat – egyikük sem rendelkezik hővédő pajzzsal, így működésük végén megsemmisülnek a légkörben. Az amerikai kereskedelmi űrrepülési program másik versenyzője, az *Orbital Sciences* 2012-ben még nem állt készen a kezdésre. Ők Cygnus űrhajójukkal 9 teherszállító repülésre szerződtek a NASA-val.

A Dragon teherűrhajó következő példánya aztán október 8-án megkezdte a 12 tervezett teherszállító repülésből álló sorozatát is. A SpaceX elképzelései szerint 2016-ig évente nagyjából három Dragonnal teljesítenék a NASA szállítási megbízásait. A mintegy 4,4 m hosszú és 3,6 m átmérőjű Dragon az ISS ellátását biztosító teherűrhajók közül a legújabb, s egyben az egyedüli amerikai. Az orosz Progressz, az európai ATV és a japán HTV teherűrhajók azonban nem rendelkeznek azzal a képességgel, hogy vissza is tudjanak hozni a Földre kísérleti eszközöket vagy anyagokat – egyikük sem rendelkezik hővédő pajzzsal, így működésük végén megsemmisülnek a légkörben. Az amerikai kereskedelmi űrrepülési program másik versenyzője, az *Orbital Sciences* 2012-ben még nem állt készen a kezdésre. Ők Cygnus űrhajójukkal 9 teherszállító repülésre szerződtek a NASA-val.

DOSIS-3D. Magyar részvétel az ESA újabb nagyszabású programjában a Nemzetközi Űrállomáson. A program ötlete már 2010-ben felmerült, és részleteinek kidolgozása is befejeződött 2011 elejére, újabb lendületet csak a **Szojuz TMA-04M** űrhajó 2012. május 15-i startjával nyert. Ennek az ESA által létrehozott, sok ország részvételével folyó programnak a lényege egy mindenki által elérhető, internetes adatbázis létrehozása, amelyben a ISS-en valaha is mért kozmikus sugárzásra vonatkozó adatok szerepelnek. Valamint cél még a korábbi

mérések kiterjesztése még nem, vagy keveset vizsgált területekre, és az új eredmények adatbázisba való elhelyezése.

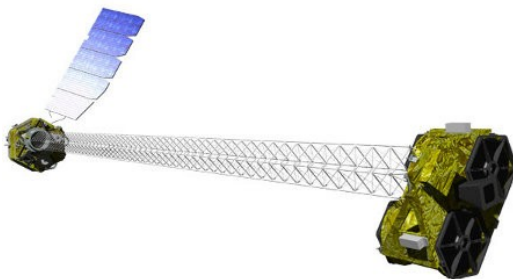
A Szojuz május 17-én kapcsolódott az ISS-hez. A háromtagú legénység mellett a program keretében nagy mennyiségű, a kozmikus sugárzás detektálására alkalmas mérőeszközt is vitt magával. Az eszközök egy-egy orosz, japán és ESA csomagban érkeztek. Az MTA Energiatudományi Kutatóközpontja az orosz és az ESA csomagban is küldött sugárzásmérő detektorokat, melyek három orosz modulban (Zvezda, Pirsz, MRM-2), valamint az európai Columbus modulban kerültek elhelyezésre május 17-én és 21-én. A japán csomag detektorai a Kibo modulba kerültek, szintén 17-én.

Ez a mérési ciklus fél évig tart és még további öt ciklus követi 2015 végéig. Az adatbázis létrehozása, amihez a NASA is hozzájárul, már elkezdődött. Rövidesen megtekinthető is lesz és folyamatosan bővül, teljessé 2016-ra válik.

2012. június

Úton a NuSTAR röntgentávcső. Az új amerikai csillagászati műholdat a csendes-óceáni Marshall-szigetekhez tartozó Kwajalein-atollról indulva állították pályára június 13-án, egy repülőgépre szerelt Pegasus-XL hordozórakétával. A 350 kg-os NuSTAR tudományos programjában elsősorban a galaxisok közepén található szupernagy tömegű fekete lyukak körüli aktivitást vizsgálják röntgentartományban. Néhány évtizede az ilyen fekete lyukakat még ritkán előforduló objektumoknak gondolták, de mára kiderült, hogy minden nagyobb galaxis centrumában van hasonló – még ha aktivitásuk szintje messze nem is egyforma. A NuSTAR érzékeny vizsgálatait olyan égbolterületeken kezdi, amelyeket más hullámhosszakon – például a NASA nagy űrtávcsöveivel, a Hubble-, Chandra- és Spitzer-űrobszervatóriumokkal – korábban már tüzetesen felmértek. Olyan, a sűrű por- és gázanyag mögött rejtőző fekete lyukak felfedezését várják tőle, amelyek még az alacsonyabb energiatartományokban működő röntgenteleszkópok számára sem láthatók. (A NuSTAR detektorai az 5 és 80 keV közötti tartományban érzékenyek.) Ugyancsak kiemelt vizsgálati terület lesz saját galaxisunk középpontja, a Sagittarius A* nevű rádióforrás környezete. Az űrtávcső egyéb célpontjai között szerepelnek szupernóva-maradványok, köztük a híres 1987A jelű csillagrobbanás maradványa, de a Nap koronája is. A műhold tervezett működési élettartama legalább 2 év.

A kb. 600 km magas, közel egyenlítői (6°-os hajlásszögű) pályára került NuSTAR műhold technikai érdekessége a röntgensugarakat összegyűjtő Wolter-telkeszkóp 10 m-es fókusz távolságát biztosító rácsszerkezet. A hosszú, árbocszerű szerkezet mintegy száz rúdból áll. A NuSTAR a NASA kis tudományos holdakat alkalmazó Small Explorer sorozatának tizenegyedik darabja (SMEX-11).



Sencsou-9: egy nő, két férfi a kínai űrhajón. A Csiucsüanból, Hosszú Menetelés-2F rakétával június 16-án indult negyedik kínai emberes űrrepülést számos „elsőség” jellemzi. A Sencsou-9 fedélzetén repült az első kínai női űrhajós (Liu Jang). Most fordult elő először, hogy egy kínai űrhajós – Csing Haj-peng, a parancsnok – visszatért a világűrbe. Sosem repült még egyszerre három kínai a Föld körül; a személyzet harmadik tagja Liu Vang. A Sencsou-9 küldetése volt az eddigi leghosszabb, és először érkeztek látogatók a tavaly ősszel felbocsátott Tienkung-1 űrállomásmodulra. A Szovjetunió és az Egyesült Államok mellett Kína a harmadik ország, amely az emberes dokkolást megvalósította a világűrben.

Belső-Mongóliában június 29-én szerencsésen földet ért a kínai űrhajó visszatérő kabinja. A program során a Tienkung-1 kísérleti űrállomásmodulhoz 18-án először automatikus módban, majd 24-én kézi irányítással is dokkoltak. Közel 10 napot töltve ott, első látogatókként „belakták” az űrállomást. A fedélzeten elsősorban a Tienkung-1 rendszereit próbálták ki, valamint orvosi kísérleteket hajtottak végre. A mostani küldetés egy fontos következő lépés volt az ázsiai ország ambiciózus űrprogramjában. A tervek szerint 2020 körül már egy állandóan lakott, a mostaninál nagyobb űrállomást szeretnének üzemeltetni. Később szóba jöhet a holdraszállás is.

2012. július

Lengyelország belép az ESA-ba. Az Európai Űrügynökség Tanácsában a tagországok képviselői egyhangú szavazással támogatták Lengyelország csatlakozását. Ezzel felhatalmazták Jean-Jacques Dordain főigazgatót, hogy az európai űrkutatási szervezet nevében aláírja a csatlakozási egyezményt Waldemar Pawlak lengyel gazdasági miniszterrel. Lengyelországban most kezdődik majd a hivatalos ratifikációs eljárás, amelynek a végén a parlament szavaz az ESA-ba való belépésről. Lengyelország lesz az ESA huszadik tagállama. A közép-európai térségből Lengyelország előtt Csehország, majd Románia is megelőzött bennünket az ESA-tagsághoz vezető úton.

Felszállt a „fehér gólya”. Elindult a harmadik japán teherűrhajó a Nemzetközi Űrállomás felé. A **Kounotori-3** (fonetikus magyar átírással Kónotori-3, jelentése fehér gólya), korábbi „száraz” jelölésével HTV-3 (*H-2 Transfer Vehicle-3*) július 21-én emelkedett a magasba a Japán Űrügynökség (JAXA) H-2B hordozórakétájával. Az indítás szokásos helyszíne Japán déli részén Tanegashima szigete volt. A HTV első példánya 2009 szeptemberében, a második 2011 januárjában teljesítette feladatát.

Az ember nélkül repülő teherűrhajó feladata a kb. 400 km-es magasságban keringő ISS ellátásának segítése. A Kounotori-3 fedélzetén most összesen mintegy 4,6 tonna tömegű élelmiszer, ruházat, egyéb felszerelés, kísérleti eszköz jutott fel. Az űrállomás közelébe érve az űrhajósok a robotkarral fogták be, majd csatlakoztatták az ISS Harmony moduljához. A japán teherűrhajó másfél hónapot töltött, szeptember 14-én a sűrű légkörbe lépve megsemmisült. Előzőleg megrakták az ISS-en már feleslegessé vált felszereléssel és hulladékkal.

A HTV teherűrhajókon minden alkalommal van valami új fejlesztés. Ezúttal japán készítésű, fejlett technológiájú kommunikációs berendezés és hajtóműrendszer mutatkozott be a világűrben. A rakomány nagyobb része, kb. 3,5 tonna a nyomás alatt levő tárolóegységben (*Pressurized Logistics Carrier*, PLC) kapott helyet. A mintegy 1,1 tonna, ami a másik, nem nyomás alatt levő részben (*Unpressurized Logistics Carrier*, ULC) utazott, az űrállomás Kibo moduljának külső részére kerülő kísérleti berendezés-együttes, valamint egy amerikai kísérleti kommunikációs és navigációs műszer.

2012. augusztus

Egyesül a DigitalGlobe és a GeoEye. Egy 900 millió dolláros adásvétel keretében a nagyfelbontású műholdfelvételek piacát uraló két amerikai vállalat közül a DigitalGlobe magába olvasztja eddigi versenytársát, a GeoEye céget. Tavasszal még az terjedt el, hogy a felvásárlás fordított irányú lesz. Az egyesülést ötletét kiváltó ok azonban megmaradt, sőt azóta bizonyossá is vált: az amerikai kormányzati szektor takarékoskossági okokból a korábban ígértnél jóval kevesebbet költ nagyfelbontású műholdképek beszerzésére. A fő megrendelő visszatérő költsége a 2010-ben kötött, húsz évre szóló keretmegállapodástól érzékenyen érinti mindkét céget. Az egyesített vállalat a DigitalGlobe nevet tartja meg, és a vezetőségét is a felvásárló

cég adja majd. A DigitalGlobe és a GeoEye korábbi részvényesei 64:36 arányban ellenőrzik az új céget, az igazgatótanácsba 6, illetve 4 főt delegálhatnak. Bár a műholdfelvételek piacán nem csak az amerikai kormányzat, hanem a hadsereg, külföldi kormányok, illetve egyes vállalatok – például közlekedési vagy ingatlancégek – is vevőként lépnek fel, az árbevétel fele mégis kormánymegrendelésekből származik. Így az amerikai szövetségi költségvetési megszorítások miatt szükség lesz a fűziótól remélt 1,5 milliárdos megtakarítására. Ez első-sorban abból adódik, hogy lassabban építenek és indítanak majd új kereskedelmi távérzékelő műholdakat, amelyekkel a már meglevő flottájukat frissíténiék fel. A GeoEye üzemelteti a GeoEye-1 és IKONOS, a DigitalGlobe a QuickBird, WorldView-1 és -2 műholdakat.

A Curiosity a Marson. Augusztus 6-án sikeresen leszállt a vörös bolygóra, a Gale-kráter belsejébe az új amerikai marsjáró. A NASA szakemberei előzetesen – félig komolyan, félig tréfásan – csak a „rettegés hét perce” néven emlegették a **Mars Science Laboratory (MSL)** űrszonda repülésének azt a szakaszát, amikor a Curiosity marsjáró belépett a bolygó légkörébe, majd hőpajzsa, később ejtőernyője segítségével csökkentette sebességét. Végül rakétás fékezéssel, a rovert kábelek segítségével a saját kerekeire leengedő, majd onnan eltávolodó „légi daru” közreműködésével oldották meg a sima leszállást a Marson. Hasonló, számtalan hibalehetőséget rejtő, összetett módszerrel eddig még sosem landolt űreszköz.

Az eddigi legnagyobb tudású űrszonda, amelyet idegen égitestre küldtünk, legalább egy marsi éven (két földi éven) át végzi kutatómunkáját. De ha minden jól megy, ennél lényegesen tartósabb is lehet. A Curiosity nem az első marsjáró, de sokkal nagyobb, mint elődei – köztük a legutolsó, a 2004 januárjában érkezett, még ma is működőképes Opportunity.



A nagy tömeg elsődleges oka, hogy a tudományos műszeregyüttes lényegesen összetettebb. A fejlődést az előző generációhoz képest jól érzékelteti, hogy a Curiosity műszerei összességében mintegy 15-ször akkora tömegűek, mint az azonos felszereltségű Spirit és Opportunity marsjármű-ikrekéi. A nagy (kb. 900 kg-os) össztömeg miatt volt szükség az újszerű landolásra is: a Mars ritka légkörében a hővédő pajzsos, majd ejtőernyős és légzsák-burkolatos fékezés nem lett volna elég hatékony.

A 3 m hosszú, 6 kerékkal ellátott, egy kis autó méreteivel vetekedő Curiosity a Marson. Az űreszköz „önarcképe” a robotkar végén levő Mars Hand Lens Imager (MAHLI) kamerával, 55 részletből összerakva, 2012. október 31-én készült. (Kép: NASA / JPL-Caltech / MSSS)

Az is fontos szempont, hogy ezzel a módszerrel pontosabban meg lehet célozni az előre kijelölt leszállóhely körzetét. Az összetett műszerpark energia-felvétele, valamint a biztonságos, a napszakoktól és évszakoktól független működtetés érdekében nem napelemekkel, hanem radioaktív termoelektromos generátorral „hajtják meg” az űrjárművet.

A Curiosity megépítésére és Marsra küldésére a NASA mintegy 2,5 milliárd dollárt költött. A program fő célja, hogy megállapítsa, milyenek lehettek a környezeti körülmények a korai Marson. Előfordulhatott-e, hogy a klíma valaha is alkalmas volt ott az élet kifejlődéséhez és fennmaradásához. Esetleg megmaradt-e mostanáig is olyan bizonyíték, amely az egykori életre utal. Itt mikrobiális, és nem valamiféle magasabb rendű életformákra kell gondolni. A programban részt vevő kutatók nem győzik hangsúlyozni, hogy a Curiosity nincs felkészítve az esetleges jelenlegi marsi élet kimutatására – még akkor sem, ha netán volna ilyen a rendkívül sivatári felszíni körülményeket kínáló égitesten. A várható (és persze a váratlan) tudományos eredmények mellett a Curiosity szerepe, hogy méréseivel előkészítse a Mars kutatásának soron következő fázisait: például anyagminta-visszahozó, vagy az aktuális élet helyszíni detektálására alkalmas automata űreszközök látogatását, végső soron pedig az emberes Mars-utazást.

A Curiosity leszállóhelye, a marsi Egyenlítőtől valamivel délre fekvő Gale-kráter egy rendkívül érdekes, minden bizonnyal egyedülálló lehetőségeket kínáló helyszín a bolygón. A 154 km átmérőjű krátert hosszas, a Mars körül keringő szondák eredményeit alapul vevő kutatómunka után jelölték ki célpontnak. Közepén egy kb. 5 km-re kiemelkedő hegy magasodik, amit a marsjáró módszeresen „megmászik” majd. A hegy oldalában feltárulnak a Mars történetének különböző korszakaiból származó kőzetrétegek – alulról felfelé először a régiek, aztán az egyre újabbak. Maga a kráter alja, ahová a Curiosity megérkezett, a Mars egyik legalacsonyabban fekvő területe. Ezért ha egykor folyékony víz borította a felszínt, annak a jeleit itt fel kellene ismerni.

A leszállás után a NASA szakemberei fokozatosan ellenőrizték a műszerek és kiszolgáló berendezések működését, és szinte mindent rendben találtak. A Curiosity 2012-es méréseiből később kiderült többek közt, hogy a rover állomáshelyén valaha állandó vízfolyás volt. A Mars felszínén most először sikerült kavicsokat tartalmazó konglomerátumot megfigyelni. A kőzet vizsgálatával azt is meg lehetett becsülni, hogy milyen mély és milyen gyors volt az egykori vízfolyás. A légkör összetételének első elemzése nem mutatta ki metán jelenlétét. A talajból vett első minta összetételének laboratóriumi vizsgálata is megtörtént novemberben. A SAM (*Sample Analysis at Mars*) műszer talált szerves anyagra, például nyomokban klórmétánra utaló jelet. A NASA kutatói biztosak voltak abban, hogy a molekulákban levő klór marsi eredetű, de a szénről nem voltak meggyőződve, azt a műszerben maradt földi eredetű anyagnak tulajdonították. Egyértelmű eredményekhez még egy sor további elemzésre lesz szükség.

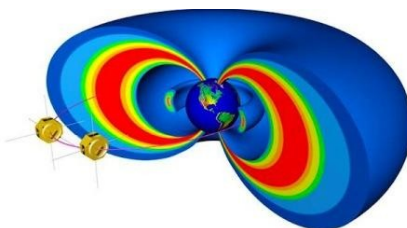
Elhunyt Neil Armstrong. A 20. század méltán egyik leghíresebb embere, az első, aki a Holdra tette a lábát, 82 éves volt. Az augusztus 25-én elhunyt Neil Armstrong, korábban a koreai háborúban harcoló vadászpilóta, később berepülőpilóta, űrhajósként 1969. július 21-én írta be végleg magát a történelembe. Az Apollo-11 parancsnoka lépett – az első emberként – egy idegen égitest, a Hold felszínére. A korabeli tévéközvetítések nyomán Armstrong egyszerre nem csak amerikai hős lett, de világhírnévre tett szert. Nem az Apollo-11 volt Armstrong első űrrepülése, hiszen 1966-ban a Gemini-8 parancsnokaként már járt a világűrben, végrehajtva az első űrdokkolást. Röviddel a holdraszállás után Armstrong elhagyta a NASA kötelékeit. Életét inkább a repülési-műszaki vállalkozásainak szentelte, mintsem hogy kihasználta volna hírnevét. Meglehetősen zárkózott volt, ritkán adott interjúkat, és csak nagyobb évfordulók alkalmával jelent meg a nyilvánosság előtt.

Amerikai műholdpáros a Van Allen-övezetek kutatására. A NASA **Radiation Belt Storm Probes** (RBSP) nevű (később James Van Allen tiszteletére átnevezett) küldetése a Földet körülvevő sugárzási övezetek tulajdonságait deríti fel. A két műholdat egy Atlas-5 hordozórakéta emelte a magasba a floridai Cape Canaveral 41-es indítóállásáról, augusztus 30-án.

Bár a sugárzási övezetek létezésére már több mint fél évszázaddal ezelőtt, az űrtevékenység hajnalán fény derült, tulajdonságaikról távolról sincs minden információ a birtokunkban. A Földet körülvevő, elektromosan töltött részecskéket tartalmazó övek, amelyek alakja egy-egy tóruszra emlékeztet, egy belső és egy külső részre tagolódnak. A belső Van Allen-öv a felszín felett kb. 600 és 6000 km-es magasságban húzódik, a külső akár 65 ezer km-ig is kiterjedhet (a részecskék sűrűsége itt 15–20 ezer km körül a legnagyobb). A belső övben a kozmikus sugárzás hatására létrejövő, pozitív töltésű protonok dominálnak. A külsőben inkább jellemző elektronok a napszél következtében jelennek meg.

A nagy energiájú töltött részecskék számára nem számít akadállyal a műholdak és űrhajók fémburkolata vagy az emberi szövetek, így űreszközeink és űrhajóink számára veszélyt jelentenek. Nem véletlen, hogy a belső övnek megfelelő pályamagasságokat a műholdakkal és űrhajókkal általában elkerülik. A bolygónkig elért napkitörések hatására, az űridőjárás kénye-kedvének engedelmeskedve a sugárzási övezetek elhelyezkedése, kiterjedése megváltozhat. Különösen a külső öv változékony. A Földhöz közel kerülve a felgyorsított részecskék zápora kárt tehet a műholdakban vagy akár a felszíni elektromos hálózatokban, zavarhatja a GPS navigációs rendszer használatát, extra sugárdózist jelenthet a poláris útvonalakon közlekedő repülőgépek utasainak.

A 686 millió dolláros költséggel készült műholdpáros tagjainak feladata, hogy kötelékben bepörülve a Van Allen-övezetekbe, érzékeny műszereikkel felmérjék azok folyamatos változásait. A hely és az idő függvényében méri a részecskék különböző típusainak eloszlását, a plazmában terjedő hullámokat, az elektromágneses teret. A különböző műszerekkel a lehető legnagyobb energia-tartományt igyekeznek átfogni. Az elektronok és protonok mellett nagyobb tömegű töltött részecskék, például oxigén és hélium ionok is találhatók az övekben. A két, lényegében azonos felszereltségű, egyenként kb. 650 kg-os műhold elnyúlt, 600 és 37 000 km közötti magasságú, 10°-os hajlásszögű pályára került, ami átvezeti őket mindkét sugárzási övezeten. Működésük során a távolságuk néhány száz km-től több tízezer km-ig változik majd. Remélt működési élettartamuk legalább 2 év.



2012. szeptember

Grasshopper: az első szökkenés. A SpaceX megtette az első lépést a teljesen újrafelhasználható hordozórakéták kifejlesztése felé. Szeptember 21-én, a vállalat texasi telephelyén végrehajtotta első, még nagyon rövid ideig tartó „repülését” a *Grasshopper* („Szöcske”) nevű vadonatúj technológiai demonstrátor. Elon Musk cége ezzel az eszközzel kívánja kikövegni az utat a Falcon-9 hordozórakéta első fokozatának sérülésmentes visszanyerése felé, ami a nagyobb cél, a teljes újrafelhasználhatóság elérése felé mutat. Maga az első „tesztfelzállás” kevesebb mint 3 másodpercig tartott, és alig 2 méter magasra emelkedett a tesztesszköz, amely egy Falcon-9 első fokozatból, egy Merlin-1D rakétahajtóműből, és négy acéllábból, illetve az azokat összefogó keretből épül fel. A tervek szerint függőlegesen fognak majd földet érni az égből visszatérő rakétafokozatok, a demonstrátor feladata ezen megoldás részleteinek kikísérletezése. Az év végéig még két próbát végeztek, a decemberi során már 40 m-es magasságig emelkedett, és majdnem fél percet töltött a levegőben az eszköz.

2012. október

Új, modern GPS hold indult. A legújabb generáció harmadik képviselőjével frissítették a már világszerte nélkülözhetetlenné vált amerikai navigációs műholdrendszert. A GPS (*Global Positioning System*, globális helymeghatározó rendszer) Block 2F-3 jelzésű műholdja október 4-én startolt egy Delta-4 hordozórakétával, Cape Canaveralról. A nagyteljesítményű rakéta és végfokozata nem átmeneti pályára, hanem közvetlenül a tervezett végső helyére, a 20 ezer km magasan, 55°-os hajlásszögű pályákon keringő GPS konstelláció A jelű pályasíkjába, annak is az 1. számú pozíciójába juttatta az új űreszközt. A repülés a starttól a műhold önállósodásáig három és fél órán át tartott. A GPS Block 2F-3 műhold egy már 19 éve működő társát váltja le. A Boeing által épített 2F sorozattal lassan de biztosan tovább modernizálják az amerikai navigációs műholdrendszert. Az új holdak pontosabb méréseket tesznek lehetővé, könnyebben átprogramozhatók, jobban ellenállnak az esetleges zavarásnak, és a polgári repülés számára kialakított új navigációs jelet is sugározzák. A 2F jelzésű műholdsorozat első tagja 2010-ben, a második 2011-ben állt pályára. A GPS Block 2F műholdakból összesen 15 készül majd.

Az amerikai katonai irányítás alá tartozó, de világszerte számtalan civil hely- és időmeghatározási alkalmazásra is használt GPS a tőle megszokott stabilitással működik. Pillanatnyilag összesen 31 aktív műholdja sugározza rádiójeleit a Föld körül egyenletesen elosztott pályákról a vevőkészülékek felé. Napjainkra a műholdas helymeghatározás megkerülhetetlenül fontossá vált a szárazföldi, légi és vízi közlekedés, a mezőgazdaság, a földmérés, a tudományos kutatás, és még egy sor más gazdasági terület számára. De a GPS nyújtotta pontos időszinkronizációt használják például a banki tranzakciókhoz is

Deep Impact: pályamódosító manőver. A NASA veterán, már kétszer sikeresen használt űrszondája még 2020-ban is megközelíthet egy kis égitestet. A Deep Impact szondán október 4-én 71 másodpercre bekapcsolták a fedélzeti hajtóműveket. Ennek nyomán 2 m/s sebességváltozást értek el. A száraz híradás azt jelenti, hogy a 2005 januárjában indított űreszköznek még egy alkalma lehet, hogy megmutassa, mit tud. A pályamódosító manővert ugyanis azért végezték, hogy a szonda később egy kisméretű, a Földéhez közeli pályán keringő kisbolygó, a 2002 GT mellett repülhessen el.

Ha lenne a Deep Impact szondán kilométeróra, az most 6,75 milliárdot mutatna. Ennyi kilométert haladt már a Naprendszerben az űreszköz. Amiért eredetileg készítették, az a Tempel-1 üstökös megközelítése volt, ahová egy becsapódó egységet is eljuttatott 2005 júliusában. Már 16 nappal az esemény után, a megmaradt hajtóanyag egy részének felhasználásával úgy alakították a pályáját, hogy 2010 novemberében elrepülhessen a Hartley-2 üstökös mellett is. Menet közben ráadásképp a fedélzeti kamerával ismert exobolygókkal rendelkező csillagokat is megfigyeltek. A harmadik célpontnak választott, 2002-ben felfedezett, 800±400 m-es átmérőjű kisbolygóról szinte semmit sem tudunk. Csak reménykedhetünk benne, hogy a 2020-ra már 15 éve a világűrben repülő Deep Impact műszerei szolgálnak még meglepetésekkel róla. A számítások szerint a találkozássra 2020. január 4-éig kell várunk. Addig persze még gyűlnek majd az információk a kis égitestről, földi távcsövek segítségével is. Különösen, hogy jövő nyáron 18 millió km-re jut a Föld „közelébe”. Az óvatossá várákozás továbbá azért is indokolt, mert a NASA hivatalosan még nem adta áldását a projekt tényleges folytatására. Finanszírozási kérdések ide vagy oda, a Deep Impact mindenestre most már a „célra állt”.

Újabb két Galileo IOV hold indult. A starttal négyre emelkedett az európai navigációs rendszer műholdjainak száma. A mostani tesztfázis sikere után a többi új űreszköz sorozatban kerül majd pályára, 2013-tól kezdve. A kettős indítás a francia guyanai Kourou űrközpontból, Szojuz hordozórakétával történt, október 12-én. Ez volt a Szojuz rakétatípus harma-

dik, VS03 jelzésű startja a dél-amerikai indítóhelyről. 2011. október 21-én, majdnem pontosan egy évvel ezelőtt, a Szozuz kouroui bemutatkozása alkalmával is két Galileo műhold állt pályára. Az akkori és a mostani műholdpár együtt alkotja a Galileo rendszer próbafázisát (*In-Orbit Validation*, IOV). Bár a fázis célja egyelőre a rendszer működésének – a fedélzeti berendezéseknek, a jelsugárzásnak, a földi követésnek és irányításnak – a kipróbálása „élesben”, a most pályára állított üreszközök már részei lesznek a hamarosan kiépítendő teljes, 30 tagú Galileo műholdrendszernek is. Négy az a minimális műholdszám, amivel helymeghatározást lehet végezni. Így a két új műhold bekapcsolása után már ilyen mérések is lehetővé válnak. A kb. 23 ezer km magasan, a Föld körül egyenletes térbeli eloszlásban keringő műholdak 30-as konstellációjára azért lesz szükség, hogy bármilyen időpontban és lényegében bárholnán nézve mindig rendelkezésre álljon egyszerre legalább négy műhold a horizont fölött.

A Galileo hasonló elven, kódolt rádiójeleknek a földi vevőberendezések felé történő kisugárzásával működik majd, mint a legismertebb amerikai GPS, valamint az orosz GLO-NASSZ és a kínai Compass rendszer. Míg azonban azok katonai fennhatóság alatt üzemelnek, a Galileo irányítása civil kézben marad. A Galileo régóta húzódo kiépítésétől az európai ipari, közlekedési és szolgáltatási szektor fejlődését, a műholdas helymeghatározáson és időszinkronizáción alapuló alkalmazások még jobb elterjedését várják. Így térülhet meg az a befektetés, amit az Európai Unió a műholdrendszer létrehozására költött. A következő 22, immár a teljes kiépítés kezdetét jelentő műhold közül az első pár 2013 elején állhat pályára, ugyancsak Szozuz rakétával. A tervek szerint az első 18 üreszköznek 2014 végéig repülnie kell, amivel már beindítható egy kezdeti szolgáltatás.

A mostani két Galileo IOV műhold újdonsága, hogy már olyan berendezést is magukkal visznek, amivel a nemzetközi KOSZPASZ-SARSAT műholdas keresési és mentési rendszer munkájában is részt tudnak venni.

2012. november

Az úrállomás hatása, új szabadalmakban mérve. Egy tanulmány szerint 1981 óta folyamatosan nő a súlytalansággal kapcsolatos kutatások nyomán született szabadalmak száma az Egyesült Államokban. A közeljövőben, mivel a Nemzetközi Űrállomás immár lényegében kész van, ez a növekedő trend várhatóan folytatódni, sőt gyorsulni fog. A szabadalmaztatott eljárások száma valójában a kutatások egyre növekvő gazdasági potenciáljára jellemző. A tanulmányban figyelembe vett, már megítélt szabadalmakon túl az elmúlt évtizedben 580 alkalommal nyújtottak be súlytalanságban végzett kutatásokhoz köthető szabadalmi kérelmeket az USA-ban. Jelentőségük szerint sorrendben az első négy kategória, amelyben a vizsgált szabadalmak születtek, azt is megmutatja, hogy az űrállomáson végzett munka mely területeken a leggyümölcsözőbb. A szabadalmak több mint egyharmadával a biotechnológia vezet (36%). Ezt követik a műszeres és vizsgálati eljárások (13%), az anyagtechnológia (12%) és az űrberendezések gyártása (12%). Úgy tűnik, hogy a makromolekulák kristályainak növesztése súlytalanságban, valamint a kórokozó baktériumok elleni oltóanyagokkal végzett kísérletek jelentik a legnagyobb gazdasági és egészségügyi potenciált az űrállomáson folyó kutatások közül. Míg kezdetben az amerikai kormányzati szektorban született eredmények domináltak az új szabadalmakban, mostanra az ipari szereplők vették át a vezető szerepet ezen a téren.

Tovább csökkentik a GOCE pályamagasságát. A Föld gravitációs terét feltérképező európai műhold már meghosszabbított programját tölti. Az alacsonyabb pályától még jobb térbeli felbontású adatokat várnak. A különleges, áramvonalas alakú, a nem gravitációs eredetű pályamódosító hatásokat – elsősorban a ritka felsőlégkörben a légellenállást – ionhajtóművekkel kompenzáló GOCE (*Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer*) 2009

májusa óta kering a Föld körül. Méghozzá egyedülállóan alacsony, 255 km-es poláris pályán. (A földmegfigyelő holdak többsége jellemzően 700-800 km magasban kering.) Az eredeti számítások szerint már véget kellett volna érnie küldetésének, de a várakozásoknál gyengébb naptevékenység, s így a kevésbé kiterjedt légkör lehetővé tette, hogy a légköri fékezés ellen alkalmazott ionhajtóművek működtetéséhez kevesebb xenon üzemanyagot használjanak fel. Ezért vált most lehetővé, hogy fokozatosan még 20 km-rel, 235 km-re csökkentsék a GOCE repülési magasságát. Az augusztusban kezdett manőversorozat 2013. februárig tart.

A felszínhez még közelebb húzódó pálya azt jelenti, hogy a GOCE eddigi méréseiből már elkészült, nagy felbontású geoidmodellt még tovább finomíthatják. Ennek főleg az óceánkutatók örülnek majd, akik az áramlások még pontosabb felmérését remélik az új adatoktól. Egyesek egyenesen egy új küldetésnek tekintik a GOCE hátralevő működési idejét. Az ESA szakemberei szerint 2013 végéig kitarthat az űreszköz.

Befektetés az európai űrjövőbe. Novemberben Olaszországban, Nápolyban zajlott az ESA tagállamainak miniszteri értekezlete, a szervezet legfőbb döntéshozó fóruma. Fontos (űr)politikai döntések születtek, amelyek meghatározzák majd az európai űrtevékenység közeli és kicsit távolabbi jövőjét is. Az ESA húsz teljes jogú tagállama (köztük a legújabb Lengyelország) és Kanada miniszterei 10 milliárd euró sorsáról határoztak, amikor kijelölték a fejlesztések fő irányait a 2013–2017 közötti időszakra. A következő miniszteri tanácsülés 2014 tavaszán lesz.

A leginkább várt döntések közül kiemelendő, hogy az európai űrminiszterek elfogadták Oroszország csatlakozását az ExoMars programhoz. Ez a fontos, az ExoMars „túlélését” biztosító fejlemény közel egy évvel azután történt, hogy az amerikaiak pénzhányra hivatkozva kiszálltak a közösen elképzelt programból, amely előbb egy a bolygó körül keringő egységet (start 2016 januárjában), majd egy önjáró laboratóriumot (2018 áprilisában) küldene a Marsra. Mindkét startra orosz Proton hordozórakétákat használnak majd. Végül a NASA is benne maradt az ExoMarsban, de az eredetinel tervezettnél sokkal kisebb mértékben, egyes műszerek elkészítésével járul majd hozzá.

A legnagyobb vitát ígérő hordozórakéta-fejlesztési témában kompromisszumos megoldás született. A jelenleg szolgálatban levő, nagy teherbírású, igen megbízható, de meglehetősen drága Ariane-5 felváltására a franciák gyorsították volna a kisebb, egyszerűbb és ezért olcsóbb Ariane-6 tervezését. Német javaslatra előbb az Ariane-5 továbbfejlesztésére költenek, de – s ebben áll a kompromisszum – már a következő rakéta igényeit is a lehető legjobban figyelembe véve. Most úgy tűnik, az Ariane-6 legkorábban 2021-ben mutatkozhatna be. A feljavított Ariane-5 ME (*mid-life evolution*) kapacitása mintegy 20%-kal növekedne, egy új fejlesztésű, újraindítható, folyékony hidrogén üzemanyagú rakétafokozattal. A Vinci nevű hajtómű alkotná később az új Ariane-6 második fokozatát is. Az Ariane-5 ME orrkúpja alá a mostaninál nagyobb űreszközöket is el tudnak majd helyezni. Az Ariane rakéták fejlesztésével kapcsolatos munkákat most két évre finanszírozzák, a folytatás mikéntjéről 2014-ben döntenek.

Némi meglepetésre a britek jelentősen megnövelték hozzájárulásukat a közös ESA költségvetéshez. Ennek egy részéből aztán futotta arra is, hogy a miniszterek zöld utat adjanak az amerikai Orion űrhajó fejlesztéséhez való európai hozzájáruláshoz. Eszerint a NASA készülő új űrhajójához kiszolgáló modult gyártana az ESA. Ezzel letudná az ISS 2017–2020 közötti működési élettartamára jutó hozzájárulását is. A döntés stratégiai jelentősége, hogy a NASA és az ESA együttműködése révén Európa sem maradna ki az emberes űrhajózás következő nagy lépéseiből, az alacsony Föld körüli pályán túla tervezett küldetésekből.

Az ESA miniszteri tanácsa emellett olyan fejlesztésekhez biztosított anyagi forrást, amelyekben a legnagyobb növekedési potenciált látják, vagy közvetlen gazdasági-társadalmi hatását fontosnak tartják. Ilyenek például az űrtávközlés, a meteorológia, a földmegfigyelés. Már a tanácsülés előestéjén nyilvánosságra került viszont, hogy egyelőre lekerül a napirend-

ről a Holdra leszálló európai automata űrszonda terve. A javaslatot szívügyüknek tekintő németek nem tudtak elegendő pénzbeli hozzájárulást összegyűjteni más „nagy” európai űrnemzetektől, mivel a franciák és az olaszok számára eltérőek voltak a prioritások.

A Merkúr jege. Amire eddig már több közvetett bizonyíték is volt, azt most az amerikai MESSENGER (MErcury Surface, Space ENvironment, GEOchemistry, and Ranging) űrszonda újfajta mérésekkel is igazolta: vízjégreteg húzódik a bolygó egyes sarkvidéki krátereinek alján. A MESSENGER – hosszadalmas utazás után – 2011 márciusában állt pályára a Naprendszer legbelső bolygója körül. A jég persze nem a 400 Celsius-fok körüli maximális hőmérsékletű felszínen, hanem a pólusoknál fekvő kráterek belsejében, a felszíni törmelékreteg alatt, állandó árnyékban található. Ezzel egy két évtizedes, földi radarmérések alapján megfogalmazott, akkoriban különösen meglepőnek számító sejtést sikerült újabb, egybehangzó mérésekkel igazolni. A bizonyító erejűnek tekintett méréseket egyrészt a szonda fedélzetén repülő neutron-spektrométer végezte, amely alkalmas a talaj összetételének meghatározására. A detektorba kerülő neutronok akkor repülnek ki a felszín anyagából, amikor a kozmikus sugárzás nagyenergiájú részecskéi becsapódnak oda. Ami a neutronokat illeti, magas északi szélességeknél pont úgy csökken a számuk a Merkúron, ahogyan azt a vízmolekulákban megkötött hidrogén hatására megíjósolják a modellek. A neutron-spektrométerrel végzett mérések térbeli felbontása arra nem elegendő, hogy adott esetben a pontos helyszíneket (krátereket) is azonosítani lehessen a bolygó térképén. De az kiderül belőlük, hogy egy 10–20 cm mély, hidrogént tartalmazó anyagban szegény borítás alatt több deciméternyi vastagságú, szinte tiszta vízjégből álló réteg lehet. A teljes víztömeg nagyságrendileg 10^{10} – 10^{12} tonna között lehet, ami üstökösök és kisbolygók becsapódásai révén gyűlhetett fel a Naprendszer létezésének korai korszakaiban.

Elvileg elképzelhető volna, hogy a hidrogén nem víz-, hanem másféle molekulákban kötött állapotban van a Merkúron. Más mérések azonban ezt igen valószínűtlenné teszik. Az egyik szerint a közeli infravörös tartományba eső impulzusokat kibocsátó lézeres magasságmérő adatai a felszín más-más részein nagyon eltérő visszaverő képességről tanúskodnak. Például a kb. 110 km átmérőjű, az északi pólus közelében fekvő Prokofjev-kráter árnyékban levő belső oldala egyes foltokban 2–4-szer jobban veri vissza a beeső infravörös sugárzást, mint a környezete, ami felszíni jégreteg jelenlétére utal. Az árnyékos helyeken találtak sötét foltokat is, amelyekről egyelőre inkább csak feltételezik, hogy szerves anyagokat tartalmazhatnak, és mintegy hőszigetelő burkolatként védik a mélyebben húzódó jeget. A szerves anyagok ugyancsak az üstökösökkel kerülhettek a Merkúrra.

A lézeres magasságmérővel kapott pontos felszínmodell arra ad lehetőséget, hogy megállapítsák: hova süt be néha a nap, és hova nem süt sohasem. Az ebből levezetett hőmérsékleti modell szerint az örök árnyékban levő kráterfalak és kráteraljzatok hőmérséklete nem emelkedik kb. 50 K (–223 °C) fölé. Ha ide valahonnan víz jut, az a Merkúr forgástengelyének stabilitása miatt hosszú időn át biztosan meg is marad.

A poláris vízjég kimutatása vagy jelenlétének cáfolata a Merkúron a MESSENGER tudományos programjának egyik előzetesen meghatározott fő célja volt.

A Föld jege. Ellentétben a Merkúrral, a saját bolygónkkal kapcsolatban nem az a kérdés, hogy vannak-e poláris jégsapkák. Inkább az, hogy milyen ütemben fogyatkoznak. Erről közölt egy minden eddiginél átfogóbb, műholdas mérési adatokon alapuló tanulmányt egy nagy nemzetközi kutatócsoport. A világ 26 kutatóintézetében dolgozó 47 társszerző az amerikai (NASA) és az európai (ESA) űrügynökségek támogatásával amerikai, európai, kanadai és japán műholdak különféle méréseit dolgozták fel és értelmezték. Az adatok közt szerepelt pontos műholdas magasságmérésekből, radar-interferometriával végzett megfigyelésekből és gravitációs mérésekből származó információ is, valamint repülőgépes méréseket is végeztek. Ezek együttes feldolgozása is lehetővé vált a térbeli és időbeli átfedések miatt.

Az eredmény: az északi és déli poláris jégtakaró tömegváltozásának pontos meghatározása, a különféle technikák jóvoltából az eddigieknél megbízhatóbban. Északon különösen a Grönland területére, délen a Nyugat-Antarktiszra és az Antarktisz-félszigetre vonatkozó eredmények figyelemre méltók.

Az 1992 és 2011 közötti időszakból származó műholdas mérések szerint a jég tömege a leggyorsabb ütemben Grönland területén csökkent, évente átlagosan 142 ± 49 milliárd tonnával (Gt/év). Míg az Antarktisz keleti részén a változás a hibahatáron belül elhanyagolható ($+14 \pm 43$ Gt/év), a földrész nyugati felén (-65 ± 26 Gt/év) és némileg az Antarktisz-félszigeten (-20 ± 14 Gt/év) összességében ugyancsak a jég fogyatkozása tapasztalható. Ami különösen érdekes, hogy az olvadás az elmúlt két évtizedben felgyorsult, most már átlagosan háromszor gyorsabb, mint a 90-es években volt. A helyzet Grönland esetében a legnyilvánvalóbb, ott húsz év alatt majdnem ötszörösére növekedett a jégolvadás sebessége.

A modellszámítások szerint a sarkvidéki jégtakaró olvadásának hatására 0.59 ± 0.20 mm/év sebességgel emelkedik a világ tengereinek vízszintje. (Ennél az összes vízszintemelkedés mintegy ötször nagyobb, de ez főleg amiatt van, hogy a globális hőmérséklet-növekedés hatására az óceánokban levő víz tágul, s a szint emelkedéséhez a szárazföldi gleccserek olvadása és a talajból való vízkivétel is hozzájárul.)

Összevetve a mért adatokat azokkal az előjelzésekkel, amelyeket a klímaváltozást vizsgáló nemzetközi szakértői csoport (IPCC, *Intergovernmental Panel on Climate Change*) 2007-es jelentésében publikáltak, jó egyezés látható. Igaz ugyanakkor, hogy az IPCC jelentésében jókora bizonytalanságok voltak a különböző becslésekben. Az Antarktiszra vonatkozóan öt éve például még nem tűnt egyértelműnek, hogy ott a jég mennyisége csökken, állandó, vagy éppenséggel lassan növekszik. Az új számok, amelyek az analízisbe bevont nagy mennyiségű műholdas adatnak köszönhetően több mint kétszer megbízhatóbbak, egyértelművé teszik az olvadást.

2012. december



A katonai mini-űrrepülőgép harmadik útja. Floridából december 11-én titkos küldetéssel pályára állították az amerikai **X-37B** első megépült példányát, amely 2010-ben egyszer már járt az űrben. Az ember nélküli, titkos katonai feladatokkal repülő, automata visszatérésre alkalmas űrrepülő akkor 224 napot töltött Föld körüli pályán, mire leszállt. Utána az X-37B második példányán volt a bemutatkozás sora. Ez az azonos felépítésű űreszköz 2011 márciusában indult, és csak 469 nap elteltével tért vissza, épségben. Közben már folyt az első

példány felkészítése az újabb repülésre, amivel egyúttal az X-37B újrafelhasználhatóságát is demonstrálják. Ahogy a korábbi repülések alkalmával, úgy most sem közöltek semmi értelmeset a végrehajtandó programról. Lényegében csak a start időpontja volt nyilvános. Szakértők szerint a programban újfajta technológiai megoldások kipróbálása, valamint kémfelvételek készítése szerepelhet.

Észak-koreai rakétaindítás. A nemzetközi tiltakozásokra és szankciókra fittyet hányva, december 12-én ismét startkísérletet hajtottak végre Kim Dzsong Un diktatúrájából – ezúttal sikeresen. Ez idén már a második olyan rakétaindítás volt a Koreai Népi Demokratikus Köztársaság területéről, amely során az állítólagos cél egy mesterséges hold pályára állítása. Az előző, áprilisi próbálkozás sikertelenül végződött az Unha-3 jelű rakétával. Akkor egy kb.

100 kg-os tömegű, a hivatalos verzió szerint földmegfigyelési célú műhold veszett el, miután a déli irányban indított rakéta a levegőben felrobbant, roncsai a Koreai-félszigettől nyugatra a tengerbe zuhantak. Egy sikertelen észak-koreai műholdstartot már 2009-ben is feljegyezhetünk.

A mostani start előkészületeit, a rakéta felállítását külföldi megfigyelők nagyfelbontású műholdképek segítségével folyamatosan nyomon követhették. A dél-koreai, japán és amerikai aggodalmak szerint a műholdindítás valójában fedőtörténet, az igazi cél a nagy hatótávolságú, akár robbanófejek célba juttatására is alkalmazható észak-koreai fejlesztésű rakéta kipróbálása. Az amerikai védelmi megfigyelőrendszer adatai megerősítették a start tényét, és azt, hogy az elhasznált első rakétafokozat a Sárga-tengerben, a második a Fülöp-szigetek térségében zuhant a vízbe. A jelek arra mutatnak, hogy a rakéta által szállított eszköz elérte a Föld körüli pályát. Erről szólt az észak-koreai állami hírügynökség sikerjelentése is, ami szerint a **Kvangmjongszong-3** (angolos átírással Kwangmyongsong-3, jelentése fényes csillag) földmegfigyelő műhold pályára állt. Később minden jel arra mutatott, hogy maga a feljuttatott üreszköz nem volt működőképes.

A Hold legpontosabb gravitációs térképe. A NASA **GRAIL** (*Gravity Recovery and Interior Laboratory*) programjának A és B jelű szondája (később pályázaton kapott nevükön Apály és Dagály) 2011. szeptemberben indult, és már majdnem egy éve, újévkor állt pályára égi kísérőnk körül. A kötélekben repülő, egymástól való távolságukat pontosan mérni képes üreszközök alacsony Hold körüli pályán keringve képesek az égitest gravitációs terének apró változásait is kimutatni, a pillanatnyi távolságuk változásából. Az új térkép az eddigieknél részletesebb információt nyújt a kutatóknak a Hold belső szerkezetéről és anyagi összetételéről. Egy sor olyan alakzatot is sikerült felismerni, amelyekről eddig nem volt tudomásuk. Ilyenek például vulkanikus felszínformák, tektonikus eredetű szerkezetek, medencéket övező gyűrűk, becsapódási kráterek központi csúcsai, s egy csomó egyszerű formájú kráter.

A Hold gravitációs terének térképe összevethető a felszíni alakzatokról űrszondákkal készített részletes térképpel. Mindkettő mutatja az égitestet a fennállása óta ért külső „bombázások” nyomait. A kettő között igen jó, majdnem tökéletes az összhang. A gravitációs adatokban felbukkanó eltérések alapján nem csak a felszíni sebhelyekről, hanem a kisebb-nagyobb becsapódásoknak a kéreg alsóbb rétegeiig, sőt talán a köpenyig is eljutó hatásairól is többet tudhatunk meg. Ezek a vizsgálatok nem csak a Hold, de a Naprendszer más kőzetbolygói és -holdjai szempontjából is érdekesek lehetnek, ahol nem vagyunk képesek olyan pontos űrszondás méréseket végezni, mint a közeli Hold esetén.

A GRAIL szondák másik eredménye, hogy a holdi felföldeken a kéreget alkotó kőzet átlagos sűrűsége ($2,55 \text{ g/cm}^3$) alacsonyabb annál, mint amit eddig gondoltak. A távérzékeléssel és az 1970-es években az Apollo programban helyszíni mintavételezéssel kapott adatokkal összevetve a kéreg anyagának porozitása 12% körüli, akár több km-es mélységig. A kéreg vastagságára 34–43 km adódott, ami 10–20 km-rel kisebb a korábban feltételezett értéknél, és összhangban van az Apollo szeizmikus méréseivel. A mérésekből az is kikövetkeztethető, hogy a Hold és a Föld anyagának összetétele nagyon hasonló, ami egy újabb érv azon modellek mellett, amelyek szerint kísérőnk anyaga valaha a Földből szakadhatott ki, egy hatalmas égitestütközés nyomán.

Az égitesten számos keskeny, egyenes vonalú, akár több száz kilométer hosszú gravitációs anomália figyelhető meg. A kutatók szerint ezek segítségével a Hold korai történetébe pillanthatunk vissza, a kéreg akkori deformációival hozva kapcsolatba őket. A becsapódási kráterek az ilyen nyomokat a felszínen azóta már eltörölték, de a nagy felbontású gravitációs térkép alapján a „ kozmikus nehézbombázás” előtt korszakba visszatekintve, a kéreg repedéseiből a fiatal Hold sugarának növekedésére, az égitest általános tágulására lehet következtetni.

Ezek csak az első eredmények, a márciustól májusig tartó elsődleges programszakasz alatt gyűjtött adatok felhasználásával. A GRAIL-A és -B (Apály és Dagály) azóta tovább dolgozott. A meghosszabbított küldetés augusztus vége óta tartott, és december 17-én fejeződött be. A szondák felszín feletti magassága fokozatosan csökkent, sorsuk végül a Holdba való becsapódás lett. A NASA a 2012-ben elhunyt első amerikai női űrhajós, Sally K. Ride tiszteletére nevezte el a becsapódás helyét, a Hold északi pólusának közelében fekvő Goldschmidt-kráter mellett.

Földközeli kisbolygó, kínai űrfelvételeken.

A kínaiak második, már kiszolgált és ráadás-programját végző holdszondája, a **Csang'e-2** (Chang'e-2) igazi meglepetést okozott a Toutatis kisbolygó 3,2 km-es megközelítésével és fényképezésével. A manővert előzetesen nem kísérte különösebb nemzetközi hírverés – talán azért, mert csak a sikerről szettek volna a nyilvánosság előtt beszámolni. Mindenesetre a Hold körüli pályát tavaly júniusban elhagyó, majd onnan – immár bónuszprogramként – a Nap–Föld rendszer külső Lagrange-pontja (L2) körzetébe jutó űrszonda 2012. december 13-án, a legnagyobb közelségkor mindössze 3,2 km-es távolságban repült el az épp a Föld közelében tartózkodó Toutatis mellett. A találkozás a Földtől mintegy 7 millió km távolságban történt.



A Csang'e-2, a második kínai holdszonda 2010 októberében startolt, hogy az égitest körüli pályáról részletesen, elődjénél 17-szer nagyobb felbontással feltérképezze a teljes felszínt. A 7 m-es felbontású kínai Hold-térképet 2012 elejére készítették el. A Csang'e-2 januárra már 10 millió km-re jut el a Földtől, távolabb, mint eddig bármilyen kínai űreszköz. A szonda már eddig is egy sor űrrekordot állított fel. A teljes nagyfelbontású Hold-térképezés végrehajtásán túl az első űrszonda volt, amely a Hold körüli pályáról közvetlenül az L2 pont környezetébe jutott. Onnan a nyáron indult tovább a Toutatis kisbolygóval végrehajtandó randevúra.

A Csang'e-2 képei 10,73 km/s relatív sebesség mellett készültek, méghozzá a szonda egyszerű kamerájával, amit eredetileg olyan célokra szántak, hogy megfigyeljék a fedélzeten zajló fontosabb eseményeket, például a napelemtáblák kinyitását vagy a rakétahajtóművek működését. A krumplira emlékeztető alakú, 4,8 km hosszú 4179 Toutatis a mostani elrepüléssel az egyik legjobban vizsgált kisbolygó lett, méghozzá úgy, hogy soha nem is indítottak hozzá célzottan űreszközt. Mivel Nap körüli pályáján időnként a bolygónk közelébe jut, így – az optikai fényességváltozás-méréseken túl – földi radarmérésekkel is részletesen vizsgálható az alakja és forgása. Ezt természetesen a mostani közelség idején is megtették, a NASA követőállomás-hálózatának (*Deep Space Network*, DSN) a kaliforniai Goldstone mellett fekvő 70 m-es rádiótávcsövével. A Toutatis pályáját elég jól ismerik, és így biztonsággal állíthatják a kutatók, hogy a következő négy évszázadban semmiképp nem veszélyezteti a Földet egy esetleges becsapódással.

A kínaiak számára jelentős eredmény, hogy a bolygóközi térségbe kilépő első űrszondájukkal ilyen pontos megközelítést voltak képesek végrehajtani. Fényképezni tudták a kisbolygót olyan berendezésekkel, amelyeket eredetileg teljesen más jellegű feladatra készítettek fel. Mindehhez saját követőállomásaikat és irányító központjukat használták.