

BOTH ELŐD

A Rosetta első eredményei

Augusztusban megérkezett úti céljához, a *67P/Csurjumov-Geraszimenko-üstököshöz* (röviden 67P vagy C-G-üstökös) az Európai Űrügynökség (ESA) Rosetta űrszondája. A küldetést még a start előtt részletesen bemutattuk lapunkban (*Természet Világa, 2003. január*). Tekintettel arra, hogy a Rosetta szonda (elsősorban a Philae nevű leszállóegysége) elkészítésébe magyar szakemberek is bekapcsolódtak, a küldetésről az ESA tevékenységét bemutató különszámunkban (*Természet Világa, 2014/2. különszám*) is cikket közlünk. Tíz évig tartó utazása után idén januárban felébresztették 957 napig tartó hibernált állapotából, majd márciusban elkészítette első felvételeit a célba vett üstökösről (*Természet Világa, 2003. augusztus, Rövid hírek*) – akkor még 5 millió km távolságból.

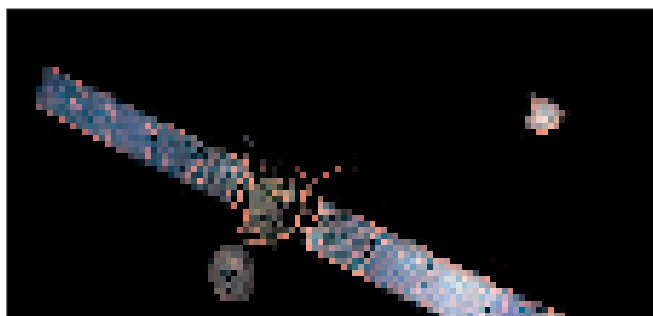
Az 1,3 milliárd euró költségvetéssel készült szondát 2004. március 2-án a francia guyanai Kourouból Ariane-5 rakétával indították. Bonyolult pályán, a Napot ötször körbejárva, 10 év 5 hónap és 4 nap elteltével, 6,4 milliárd kilométeres utazás után érkezett meg célpontjához. A keringő egység induló tömege 2900 kg volt, ebből 1670 kg a manőverek végrehajtásához szükséges hajtóanyag és 165 kg a 11 tudományos mű-

a Naptól való távolságtól függően 400 és 850 W közötti elektromos teljesítményt adnak le, ezzel gazdálkodhatnak a szonda eszközei.

Az üstökös felé közeledő szonda részben a nagy felbontású OSIRIS kamerával, részben a kisebb felbontású navigációs kamerájával folyamatosan fényképezte az üstökös magját, de a további műszerekkel is megkezdtek a méréseket. Az első meglepő felfedezés az üstökös magjának furcsa alakja volt. Már a június végi felvételek alapján is gyanították azt, ami az OSIRIS kamera-rendszer július 14-én, 12 ezer km távolság-

tusban éri el, amikor már a Mars pályáján belül fog járni).

Júliusban először mérték meg a mag felszínének hőmérsékletét. A Naptól körülbelül 555 millió kilométerre lévő üstökös mag átlagos hőmérsékletét -70 Celsius-fokosnak találták, amiből arra következtettek, hogy az üstökös mag felszínét nagyobb részben sötét por borítja, így a felület jó hatásfokkal elnyeli a ráeső kevés napfényt. (Az üstökös több mint háromszor olyan messze járt a Naptól, mint a Föld, ezért egységnyi felületre csak tizedannyi napsugárzás esik.)



Fantáziakép az üstököshöz közeledő űrszondáról. A hatalmas napelemtáblák fesztávolsága 32 méter. Az üstökös képét a szonda navigációs kamerája 500 km távolságból készítette

Az OSIRIS kamera-rendszer tulajdonképpen két kamerát tartalmaz. A mag térképezéséhez a kis látószögű egységet használják, de kipróbálták már a nagy látószögű egységét is. Július 25-én a magot körülvevő, mintegy 150 km átmérőjű területről 330 másodperces expozíciós idejű felvételt



A 285 km távolságból, a nagy felbontású OSIRIS kamerával készült kép felbontása 5,3 méter/pixel. Feltűnő a nyaki rész világosabb anyaga és a fejszerű rész jobbra látható óriási kráter

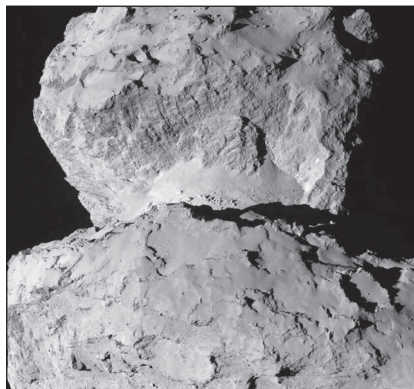
szer tömege. A *Philae* nevű leszállóegység 100 kg tömegű és 10 műszercsomagot visz magával. A keringő egység $2,8 \times 2,1 \times 2,0$ méteres test, amelyen felül a 2,2 méter átmérőjű fő kommunikációs antenna helyezkedik el, két oldalt pedig az egyenként 14 méter hosszú, 32 négyzetméter felületű napelemtáblák nyúlnak ki. A napelemek

ből készített felvételen már egyértelműnek tűnt: az üstökös magja két részből áll, egy nagyobb és elnyúltabb, illetve egy kisebb és gömbölyűbb részből. Az alak „gumikacsára” emlékeztet, ezért a továbbiakban a kisebb részre fejként, a nagyobbra testként hivatkozunk. A közelebbi felvételek alapján a mag méretét 3–5 km közöttinek becsülték, átlagos átmérője 4 km-nek tekinthető. Szabálytalan alakja miatt ennél pontosabb érték megadásának nincs értelme. Az üstökös magja 12,4 óránként fordul körbe a tengelye körül.

Június elején, amikor a szonda még 350 ezer kilométerre volt az üstököstől, a MIRO mikrohullámú mérőműszerrel kimutatták a magot elhagyó vizgőzt. A Naptól 583 millió km távolságban járó üstökös magja a Nap melegének hatására másodpercenként kb. 300 ml (naponta 25 ezer liter!) vizet „iz-zadt ki” magából. A kutatók arra számítanak, hogy ez a mennyiség rohamosan nőni fog, ahogy az üstökös közeledik a Naphoz (legnagyobb közelségét csak jövő augusz-

készítettek. Ezen a mag túl exponálódott, viszont már előtűnt a magból kiáramló a por. (A kis látószögű kamerával a közeli felvételeknél 0,1 másodperc körüli expozíciós időket használtak.) Pontosabban a napsütés hatására a magban lévő gázok szublimálnak, és a kiáramló gáz sodorja magával a porszemcséket, tehát az üstökös már éledezik. Az aktivitása egyre nő, hiszen a kép készítésekor még 544 millió km-re volt a Naptól, jövő augusztusi napközelségekor viszont csak 185 millió km lesz a távolsága a csillagunktól, tehát közel tízszer ekkora hóhatás éri majd a felszínét.

Augusztus 6-án a repülésirányítók végrehajtották a legfontosabb lépést, az utolsó, tizedik fékezőmanővert. Májustól kezdve az egy-két hetenként végrehajtott, pontosan megtervezett, hosszabb-rövidebb fékezésekkel igazították hozzá a Rosetta sebességét az üstököséhez. A két test relatív sebessége május elején még 775 m/s volt, a tíz manővernek köszönhetően ez 1 m/s-ra csökkent. Augusztus 6-án a Rosetta haj-



A mag kisebb, fejszerű részén (a képen fent) magasodó sziklafalon párhuzamos szerkezetek figyelhetők meg, míg a nyaki részen a sima talajon nagyobb, szétszórt sziklatömbök hevernek

töműveit magyar idő szerint 11:00-kor indították be, majd 6 perc 26 másodpercen át működtették. Mintegy 22 perc elteltével (ennyi idő alatt értek el a rádióhullámok a Rosettától a Földig!) megjött a visszaigazolás a manőver sikeres végrehajtásáról. A Rosetta megérkezett! Az üstökös 55 000 km/óra sebességgel kering a Nap körül, a Rosetta az utolsó manőver után 3,6 km/ó relatív sebességgel mozgott az üstökőshöz képest. (1986-ban a Vega űrszondák a Naprendszerben a „menetiránnyal szemben” haladó Halley-üstökös mellett 79,2 km/s, azaz 285 ezer km/óra relatív sebességgel száguldottak el.)

Az augusztus 6-i dátumnak egyébként az utolsó fékezőmanőver végrehajtásán és a 100 km-es távolság elérésén kívül más jelentősége nem volt, de alkalmat adott az ünneplésre és a sikeres érkezés „hivatalos” deklarálására. Mindenesetre ebből a távolságból az OSIRIS kamera már néhány méteres felbontású, lélegzetelállítón látványos felvételeket készített az üstökös magjáról. Az érkezést követő három hónap legfontosabb feladata a felszín minél pontosabb feltérképezése, az alkalmasnak tűnő leszállóhely kiválasztása, miközben a szonda még jobban megközelíti az üstökőst és folytatja a tudományos méréseket. Eközben olyan pályára kell vezérelni, ahonnan a leszállás végrehajtható. Nehezíti a pontos navigációt, hogy a magból kiáramló gáz folyamatosan fékezi a szonda mozgását. Ezt nehéz előre figyelembe venni, hiszen fogalmunk sincs, hogyan változik a mag környezetében a növekvő aktivitás miatt a gáz sűrűsége.

Az „érkezés” után a szonda egészen furcsa, lekerekített csúcsú háromszögek mentén kóborolt az üstökös környékén (Kepler forogna a sírjában, ha ezt keringésnek neveznénk). Kezdetben a háromszög szárai 100 km hosszúak voltak, de a pályát fo-

kozatosan szűkítették. A háromszög alakú pálya lekerekített csúcspontjai környékén a szonda hajtóműveit kellett működtetni, hogy az eszköz „bekanyarodjék”. A háromszög egy-egy szára mentén néhány nap alatt repült végig. Ahogy közeledett a maghoz, úgy vált egyre határozottabbá annak a gravitációs vonzása, ezért a szonda pályája egyre inkább szabályos ellipszisre kezdett hasonlítani. A fogalom klasszikus égi mechanikai értelmében a mag körüli keringésről csak akkor lehetett beszélni, amikor a szonda már mintegy 10 km-re megközelítette az égitestet. A novemberi leszállásig a repülésirányítók igyekezni fognak minél kisebb, a felszín néhány kilométerre megközelítő pályára manőverezni a Rosettát. A pályaváltozások pontos elemzése lehetőséget adott az üstökös tömegének meghatározására. Az augusztus 5–9. között a szonda 80 órán át végzett rádiós követése alapján megállapították, hogy a 67P magjának tömege 10^{13} kg, azaz tízbillió kg (egyelőre 10%-os bizonytalansággal, de az adatot egyre pontosítják, ahogy a szonda közeledik az üstökőshöz). (Ez 150-szer kisebb a Mars kisebbik holdja, az apró Deimos tömegénél.)

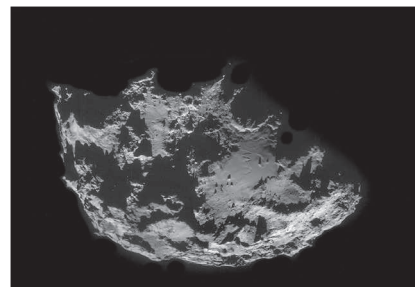
A pálya tényleges alakját sok tényező befolyásolja, mindenekelőtt a szabálytalan alakú mag szabálytalan gravitációs tere, de az üstökös erősödő aktivitása esetén még a magból kiáramló gázok is belekapaszkodhatnak a vitorlaként álló napelemtáblákba, és módosíthatják a pályát. A mag kis tömege miatt gyenge, és furcsa alakja miatt szabálytalan gravitációs tere alaposan próbára tette a Rosetta irányítóit.

A leszállóhely kiválasztásával foglalkozó munkacsoport augusztusban tíz potenciális helyet választott ki, majd ezt ötre szűkítették. A keresést a 100 km és annál kisebb távolságból készült néhány méteres felbontású képeken végezték. A felszíni adottságokon kívül a megvilágítási viszonyokra is figyeltek, a fő szempont természetesen az volt, hogy a leszállás biztonságosan végrehajtható legyen. Ezután az üstökőshöz egyre közelebb irányított Rosetta egyre jobb felvételei alapján már csak ezt az öt helyszínt vizsgálták. Szeptember közepén az öt közül kiválasztották az elsődleges és a tartalék leszállóhelyet. Mindkettőre kidolgozzák a részletes leszállási stratégiát, a szükséges manővereket. Eközben a Rosetta már 20–30 km-re megközelítette az üstökőst, a képeken elsősorban a biztonságos leszállást veszélyeztető sziklatömbök elhelyezkedését fogják vizsgálni. A leszállóhely kiválasztásánál azt is figyelembe kellett venni, hogy a Philae egyik műszerével (CONSERT) az üstökös magjának belső szerkezetét akarják vizsgálni. A felszínre ereszkedő műszer és a keringő szonda között úgy teremtenek rádiókapcsot,

hogy közben a rádióhullámok keresztülhatoljanak a magon, feltárva annak belső szerkezetét.

Az ESA szeptember 15-én sajtótájékoztatón jelentette be, hogy az öt megvizsgált helyszín közül melyik kettőre (fő- és tartalék helyszín) esett a választás. Eszerint a „J” jelű helyszínt választották. Ez egy viszonylag sík terület a kisebb lebenyben, sok frissnek látszó anyagot tartalmaz. A megvilágítási viszonyok a Philae hosszabb működését is lehetővé teszik. A CONSERT kísérlet szempontjából kifejezetten előnyös. A leszállást legfeljebb a sziklatömbök és a teraszos szerkezet zavarhatja. Ez a helyszín tűnt a legkevésbé kockázatosnak az összes közül, mert a környéken a lejtől meredeksége sehol nem éri el a 30 fokot, ezért kicsi a veszélye annak, hogy a leszállóegység felborul.

Tartalék helyszíneként a „C” jelű területet választották, amelyik a nagyobb lebenyben található. A felszíni formák változatosak, helyenként fényesebb az anyag, mélyedések, sziklaszirtek, dombok és síkságok váltakoznak. A megvilágítási viszonyok hosszú távon is kedvezőek. A döntést ismertető sajtótájékoztatón azonban hangsúlyozták, hogy a navigációra vonatkozó számításokat csak a J leszállóhelyre végzik el. Csak akkor nem ott szállnak le, ha a következő egy hónapban – például az üstökös mag aktivitásának



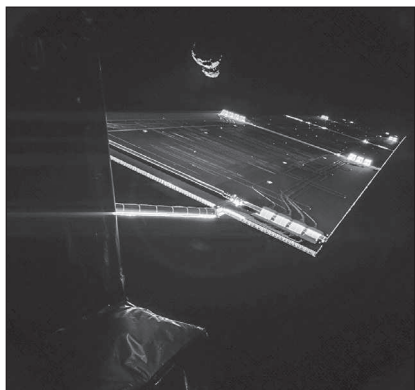
Szeptember 7-én a szondától 51 km-re lévő üstökös mag már a navigációs kamerán sem fér be egyetlen látómezőbe, a képen látható mozaikot négy felvétélből állították össze

hirtelen, drasztikus változása miatt – kiderül, hogy a területen mégsem lenne biztonságos a leszállás. Ekkor az összes számítást el kell végezni a tartalék leszállóhelyre, ami a leszállás csúsztatásának okozná. Ez viszont növelné a kockázatot, mert annál biztonságosabb a leszállás, minél kisebb még a mag aktivitása.

A leszállóhely kiválasztása közben a többi tudományos műszer is folyamatosan dolgozott. Szeptember elején közölték például a Rosetta három amerikai finanszírozású műszere közül az egyik, az ALICE nevű, távoli ibolyántúli spektrométer első mérési eredményeit. Az augusztusban gyűjtött adatok alapján az üstökös mag felszíne az UV-tar-

ományban is szokatlanul sötét, a felszínén egyelőre nem tudták vízjég nyomait kimutatni. A kísérletet végző kutatók mindkét eredményt meglepőnek minősítették. Az üstökös kómájában, azaz a magot körülvevő gázburkokban azonban már kimutatták a hidrogén és az oxigén jelenlétét. A Rosetta további tudományos eredményeiről szeptember második hetében az Európai Bolygókutatói Konferencián számoltak be a szakemberek.

A keringő egység fő feladata az üstökösrandevú utáni első négy hónapban a pontos térképezés és a navigációhoz szükséges információk megszerzése volt. A leszállás után kezdődik meg a keringő egység 13 hónaposra tervezett küldetése. Ekkor már az üstökös fokozódó aktivitását vizsgálják, a mérések erre összpontosítanak.



A még az anyaszondához erősített leszállóegység CIVA kamerája szeptember 7-én fényképezte le mintegy 50 km távolságból az üstököst. A leszállóegység elhelyezkedése miatt a képbe belelóg a Rosetta egyik, 14 méter hosszú napelemtáblája. Valójában a kép montázs, mert az üstökös és a szerkezeti részek lefényképezéséhez különböző expozíciós időt használtak. A felvétel további érdekessége, hogy a képet a Philae és a Rosetta között az előbbi magyar gyártmányú (MTA Wigner Kutatóközpont és SGF Kft.) központi adatgyűjtő számítógépe továbbította (Valamennyi kép forrása: ESA)

A leszállás helyszínét kiválasztó bizottság várhatóan október 12-én hozza meg a végleges döntését. Ez jelenti majd a leszállás dátumának, helyének és a szükséges manővereknek a véglegesítését (a tervezett időpont november 12.). Cikkünk megjelenésekor ez a döntés már ismert lesz. A küldetés eddig hibátlanul, pontosan a tervek szerint zajlott. Reménykedhetünk, hogy mire cikkünk az olvasó kezébe kerül, már csak napok választanak el a legizgalmasabb és egyben a legkockázatosabb eseménytől, amikor a Philae leszállóegység leereszkedik az égitest felszínére. ✨

SCHEURING ISTVÁN

A homoszexualitás evolúciógenetikai háttere

Vajon mit gondol a kedves olvasó: a homoszexualitás kizárólag emberi tulajdonság, esetleg az ember mellett néhány emberszabású majomnál is megfigyelhető, avagy egy, az állatvilágban széles körben elterjedt viselkedés? Gyanítom, hogy a legtöbben a második válasszal értenek egyet, míg a legkevesebb szavazatot a harmadik lehetőség kapja. Így valószínűleg sokaknak meglepetést okoz, hogy a jó válasz az utolsó. Az utóbbi 10–15 év célzott megfigyelései alapján ma már több mint 1500 fajnál jegyeztek fel homoszexuális viselkedést (egy egyed egy másik azonos nemű egyeddel szexuális jellegű kapcsolatot létesít). Vanak köztük rovarok, halak, kétlélűek, hüllők, madarak és természetesen emlősök is szép számmal. Példaként megemlítek néhány madárfajt: Kaliforniában a nyugati sirály (*Larus occidentalis*) fészekpárok 14%-a nőstény-nőstény pár, míg ez a szám 31% a Laysan albatrosz (*Phoebastria immutabilis*) Oahu szigetén fészkelő populációja esetében. A nyári lúd (*Anser anser*) hímek 15%-a egész élete során más hímekkel áll párba, és a sort még folytathatnánk. Szinte az összes háziastott emlős között, az ó- és újvilági majmok és további több mint 200 emlős fajnál mutattak ki valamilyen gyakoriságú homoszexualitást.

Az emberi homoszexualitás gyakoriságára – a mérési eljárásoktól függően – többféle adat ismert. Először tisztáznunk kell, hogyan definiáljuk a homoszexualitást az ember esetében. Alfred Kinsey a múlt század negyvenes éveiben dolgozott ki egy, a kérdezett személy szexuális irányultságát vizsgáló kérdőívet. Ennek alapján meg lehet különböztetni kizárólagosan heteroszexuális érdeklődésű embereket (a Kinsey-indexük 0), olyanokat, akik a fantázia szintjén homoerotikus vonzalmat is mutatnak (Kinsey-index 1-es), ezen túl olyanokat, akiknek volt alkalmi homoszexuális élménye is, és így tovább, egészen azokig a tesztalanyokig, akiknek kizárólag homoszexuális érdeklődésük és tapasztalatuk van (Kinsey-index 6-os). Így természetesen kapunk egy eloszlást az emberek szexuális érdeklődéséről, ami önmagában is érdekes. A kutatók különböző Kinsey-indexnél húzzák meg a homoszexualitás határát, de a legtöbben a legegyszerűbb megoldást javasolják: *akiknek a Kinsey-indexe nagyobb,*

mint 0, azok a homoszexuálisok csoportjába tartoznak. Ennek alapján azt mondhatjuk, hogy mind a férfiak, mind a nők 3–10%-a tekinthető homoszexuálisnak (vagy pontosabban mondva: ilyen százalékban nem kizárólagosan heteroszexuálisok). Érdekes, hogy bár ez az arány a férfiakra és a nőkre közel azonos, a Kinsey-index szerinti eloszlás alapvetően különböző a két nemnél: míg a férfiaknál az alacsonyabb fokú homoszexuális érdeklődés ritkább (pl. volt az életében mindkét nemű szexuális partnere), a kizárólagos homoszexuális érdeklődés ennél gyakoribb. A nőknél a Kinsey-index növekedésével folyamatosan csökken a gyakoriság (1. ábra).

Az imént elmondottakból következik egyrészt az, hogy ha az állatvilágban ennyire elterjedt a homoszexualitás, akkor e viselkedés biológiai hátterében is sok hasonlóság kell, hogy legyen. Legalábbis az emlősök körében várható, hogy számos közös vonás fedezhető fel. Így az emlősökön végzett ilyen irányú kísérletek sok hasznos információval szolgálhatnak az emberi homoszexualitás biológiai hátterének megértésében is. Másrészt, ha az állatvilágban a homoszexualitás általánosan jelen van, akkor nyilvánvalóan az ember esetében sem lehet kizárólag „kulturális” háttere ennek a viselkedésnek.

Miközben természetesen a homoszexualitásnak igen fontos társadalmi és lélektani vetülete is van, minket e kérdéskör elsősorban evolúcióbiológiai szempontból érdekel. Hiszen a homoszexuális embereknek kevesebb utódja születik (ez a szám nem nulla, átlagos utódszámuk durván 85%-a heteroszexuálisok átlagos utódszámának), így, ha e viselkedés-mintázatnak van öröklődő genetikai háttere, akkor ezek a gének igen gyorsan ki kell, hogy szelektálódjanak. De nem ezt tapasztaljuk, tehát egy érdekes evolúciós kérdéssel állunk szemben. Vannak-e gének, melyek a szexuális érdeklődéssel hozhatók kapcsolatba? Milyen mechanizmusok miatt nem tűnik el a homoszexuális viselkedés a populációból? Lehet, hogy a homoszexualitásnak valamilyen közvetett előnye van, s ezért viszonylag gyakori is a legtöbb fajnál? Az elkövetkezendőkben ezeket a kérdéseket fogjuk tüzesebben megvizsgálni, s a jelenlegi tudásunk alapján igyekeznünk válaszokat is adni rájuk.