

## Marsi krónika II.

Mint arra a fenti cím is utal, a következőkben folytatjuk a Meteor 1997. szeptemberi számában megkezdett történetet a Marsot vizsgáló két amerikai űrszondáról: a bolygó felszínén tevékenykedő Mars Pathfinderről (MPF) és az ahhoz időközben megérkezett, jelenleg a Mars körül keringő társáról, a Mars Global Surveyorról (MGS). Míg az MPF az előző összefoglaló megjelenése óta gyakorlatilag minden tervezett feladatát teljesítette, s vele a kapcsolat megszűnt, az MGS éppen csak megkezdte programjának végrehajtását.

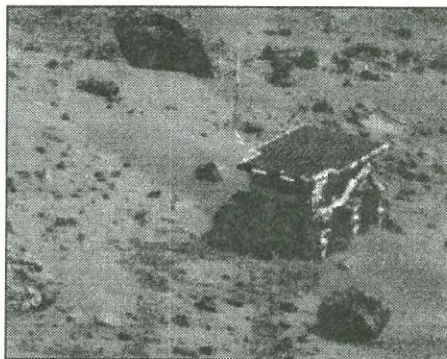
Az MPF első harminc marsfelszínen töltött napjának történéseit részletesen ismertettük korábban. Ennek leteltével (augusztus 3-án) kezdetét vette a meghosszabbított program, melynek során mind a leszállóegység, mind pedig az ekörül „örjáratozó” kis terepjáró további értékes részletekkel gazdagította a közvetlen marsi környezetükről és általában a bolygó egészéről eddig kialakult képet. Az augusztus 4-től szeptember 27-ig terjedő csaknem két hónap során — néhány, a fedélzeti számítógép váratlan automatikus újraindulásából adódó, s a korábbiakban sajnos már „megszokottá” vált kommunikációs problémát leszámítva — a leszállóegység megbízhatóan továbbította a fedélzeti mérőműszerek és kamerák, valamint a kis terepjáró által rögzített adatokat. Ezeket felhasználva — mintegy az MPF három hónapos marsfelszíni tevékenységének összefoglalásaként — induljunk képzletbeli utazásra a Mars Ares Vallis nevű vidékére, mely az MPF leszállóhelye volt.

Az ablakon kitekintve földi kősvataghoz hasonló vidék tárul szemünk elé, háttérben a horizonton néhány alacsonyabb kiemelkedéssel. A hőmérséklet éjszaka  $-80^{\circ}\text{C}$ , s napközben sem emelkedik  $-10^{\circ}\text{C}$  fölé. A légnyomás alig 7 mbar, s a hőmérsékletéhez hasonlóan néha igen gyorsan változik a nap folyamán. Leszállóhelyünk átlagos hőmérséklete mintegy 10 fokkal magasabb, mint amit a Viking-1 szonda 20 évvel korábbi mérései mutattak a bolygó egy másik pontján. Korán kelve gyönyörködhetünk a marsi napfelkelésben, amit a felkelő Nap vörös sugarai gyengén szóródnak néhány magas szintű felhőn. E felhők igen vékonyak, finom eloszlású vízjégszemcsékből állnak, s a felszín felett 10–15 km magasságban képződnek. Meglepetésünkre a légkör jóval átlátszóbb, mint arra a korábban (a Földről végzett mikrohullámú mérések és a Hubble Űrtávcsővel készített felvételek alapján) számítottunk. Ennek ellenére leszállóegységünk műszerei finom szemcséjű por jelenlétét mutatják a légkörben, s néhány hét alatt mi is felfigyelhetünk arra, hogy vékony porlepel vonja be az űrhajó és a külső műszerek felszínét. Egyik reggel pedig arra ébredünk, hogy egy gyenge hajnali szélörvény némi port felkavarva tűnik tova. A felszíni por légkörbe juttatásának ez tehát kétségkívül működő mechanizmusa.

A Marson töltött idő alatt rendszeres sétát teszünk a leszállóegység közvetlen környezetében a kis terepjáró útját követve. Bár első pillantásra a kősvatag kissé egyhangúnak tűnik, türelmesebb szemlélő jónéhány érdekességet figyelhet meg. A környéken „szétszórt” szikladarabok nagy részének alakja lekerekített. A jelenségre részben a marsfelszíni gyenge szél és az általa szállított por okozta erózió (abrázió) adhat magyarázatot. Egyes kőzetek felszínét közelebről megvizsgálva ez egyre nyilvánvalóbbnak tűnik. Szintén ezt az elgondolásunkat támasztja alá több kis homokdűne, melyek a nagyobb szikladarabok mögötti szélárnyékos helyeken halmozódtak fel. Több arra utaló jelet is találunk, hogy a kőzetdarabok lekerekített alakjára víz által okozott erózió is felelős lehetett a bolygó fejlődésének korai szakaszában, amikor a víz még feltehetően folyékony állapotban volt jelen a Marson. Leszálló-

helyünk a 20 évvel korábban, a bolygó körül keringő Viking-orbiterek által készített képeken igen hasonló képet mutatott egyes kiszáradt földi folyómedrekhez. Most közvetlen közletről van alkalmunk ezek marsi megfelelőjét tanulmányozni. A szikladarabok méretét statisztikusan vizsgálva újabb bizonyítéokra lelünk, hogy ezek nem „véletlenül” szétszórva helyezkednek el, hanem egy egykor bővizű folyam görgette őket, és osztályozta méretük szerint. Mintegy végső érvként pedig néhol a nagyobb szikladarabokba foglalva apróbb, lekerekített kavicsokat találunk. E konglomerátumnak nevezett (általában üledékes eredetű) kőzetípus igen gyakori a Földön is, s többnyire nagysebességű áramló vízben képződik. A kőzetek geokémiai elemzése (melyet a terepjáróra szerelt analitikai műszer végzett el) szintén némileg meglepő eredményt szolgáltatott: a megvizsgált néhány szikladarab (főelem-) összetétele részben a földi bazaltokra emlékeztet (ahogy várható is volt), több esetben viszont inkább andezithez hasonlóknak bizonyult. Ennek alapján jóval összetettebb geológiai fejlődéstörténet rajzolódik ki a bolygó egészére nézve, méginkább hasonlóvá téve a Marsot szülőbolygónkhoz.

Ezek azok a főbb marsi jellemvónások, melyek az MPF működésének csaknem három hónapja alatt a megfigyelések nyomán kirajzolódtak. Szeptember 27-én a leszállóegységgel való kommunikáció hirtelen megszakadt, és csak néhány alkalommal sikerült rövid időre helyreállítani a következő napok során (október 1. és 7.). Ezt követően november 4-ig a földi irányítók mindent elkövettek a kapcsolat helyreállítására, a remélt siker azonban elmaradt. Az összeköttetés elvesztésének legvalószínűbb oka a leszállóegység energiaellátásáért felelős akkumulátor elöregedése és lemerülése. Ennek nyomán a szonda hőmérséklete nappal sem éri el a működéshez szükséges értéket, s a fedélzeti számítógép a napok és hetek múltával szintén üzemképtelenné vált, megakadályozva ezzel, hogy az MPF életfunkcióit fenntarthassa. A kis marsi terepjáró talán valamivel tovább maradt működőképés, miután 5 napon keresztül nem tudott összeköttetést teremteni anyaegységével, automatikusan visszatért annak közvetlen



**A Sojourner egy marsi homokdűné keresztez (fent). A terepjáró keréknyoma a homokdűnén (lent)**

közelébe, s azt körbejárva még egy utolsó kísérletet tett a vele való kapcsolat megtalálására. Mivel a Földdel a terepjáró a leszállóegységen keresztül tud csak érintkezni, ami viszont mostantól szintén lehetetlenné vált, mindezt egy jóelőre beprogramozott utasítássorozatnak engedelmessé hajta végre az anyaegység nélkül maradt ónjáró robot, míg ennek tápegységei is ki nem merültek. November 4-én, csaknem egy hónappal azután, hogy az utolsó életjelet regisztrálták a szondáról, az irányítók feladták a reményt a kapcsolat helyreállítására, s ezzel az MPF-vállalkozás gyakorlatilag végéhez ért. Ezután már csak havi egy-két alkalommal

tesznek kísérletet az összeköttetés felvételére, s inkább az összegyűlt hatalmas adatmennyiség feldolgozására és kiértékelésére összpontosítanak.

Az MPF összességében igen sikeres expedíció volt, mely minden előre kitűzött célját elérte, sőt túlteljesítette azt (a leszállóegység működési periódusát eredetileg 30 napra, a terepjárót pedig egy hétre tervezték), s nyitányát jelentette a következő évek számos marskutató vállalkozásának.

Az érdeklődés máris a következő program, a Mars Global Surveyor (MGS) felé irányul. 1996. november 7-i felbocsátását követően (l. Meteor 1997/1.) 1997. szeptember 11-én érkezett meg a Marshoz, és állt pályára körülötte. Az MGS fő feladata a bolygó körül keringve annak részletes térképezése lesz, s ehhez speciális marskörüli pályára kell állítani. Ennek kialakítása a Mars légkörének fékező hatását kihasználva az eredeti tervek szerint 1998 februárjáig történt volna meg, s az egyéves tudományos programot a szonda 1998. március közepén kezdte volna meg. A feltételes mód használatának oka, hogy az előzetes elképzelésektől a valóságban az események némileg eltérően alakultak.

Tíz hónapos bolygóközi út után szeptember 11-én ért az MGS a Mars közvetlen közelébe, amikor is fékezórakétáit 22 percre bekapcsolva, s ezzel sebességét jelentősen lecsökkentve pontosan a terveknek megfelelő igen elnyúlt, 45 óra keringési idejű elliptikus pályára állt a bolygó körül. A marsfelszínhez legközelebbi pontba érve 260 km magasságban suhant el a Mars felett, míg 22 és fél órával később 54 ezer km-re távolodott el attól. Bár ez a pálya nem a legmegfelelőbb a módszeres tudományos vizsgálatokhoz, s később a folyamatos mérések egészen más alakú és orientációjú pályáról történnek majd. Szeptember 15-én több fényképfelvételt készítettek, és számos egyéb tudományos műszer működését is kipróbálták, kihasználva azt a 20 perces időszakot, amikor a szonda a legközelebb került a bolygóhoz a második keringés befejezése után. Következő reggel (szeptember 16.) a szonda elérte harmadik keringésének legmagasabb pontját, amikor rövid időre (5 másodperc) ismét bekapcsolták fékezórakétáit. Ezzel kezdetét vette a fokozatos pályamódosító manőverek eredetileg négy hónaposra tervezett időszaka, melynek célja a kezdeti 54 ezer km-es marstávopont 400 km-re csökkentése.

Ennek első állomásaként a szeptember 16-i fékezés eredményeképp 17-én az MGS a korábbi 260 km helyett jóval alacsonyabban (150 km) haladt el a felszín felett, ahol a Mars légkörének fékező hatása még mindig nem számottevő (az előzetes marslégkör modellek szerint ez csak mintegy 110 km magasságban válik jelentőssé). Ezért a szeptember 18-i marstávopontban (apoapszis) újra pár másodpercre üzembe helyezték a fékezórakétákat, melynek eredményeképp 19-én immár 130 km-nél is alacsonyabban érte el marsközelségét (periapszis) a szonda. Az ekkor tapasztalt felsőlégköri fékezőerő azonban kétszer akkora volt, mint azt a korábbi modellek alapján előrejelezték, de mivel ez még mindig igen ritka légkört jelent, s a szondára nézve semmilyen veszélyt sem jelentett, tovább folytatták a pálya fokozatos módosítását. Az új légköri sűrűségadatok ismeretében azonban óvatosságból a tervezett 117 km helyett a következő marsközelségi magasságot 121 km-re csökkentették csupán. Ezen szeptember 21-én haladt át az MGS, s a légköri sűrűség e magasságban ismét nagyobbak adódott, mint azt az immár módosított modellek jelezték. Így a légköri fékezéseket — bár a tervezettnél óvatosabban — tovább folytatták egészen a 12. marsközelségig (október 1.), amikor is 110 km magasságban haladt el a szonda (közben az előző napok manővereinek eredményeképp a keringési idő a kezdeti 45 órától 35 órára csökkent — a végső cél: 2 óra). Ekkor azonban

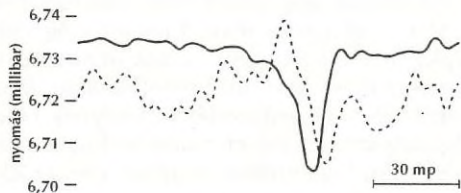
az MGS egyik napelemtáblája — mely a felbocsátást követően egy kisebb technikai hiba folytán mintegy 20 fokkal kisebb szögben nyílt ki a tervezetthez képest (vö. Meteor 1997/1.) — rendellenes mértékben mozdult el a légköri fékezéstől ránehezedő nyomás hatására. A nem várt esemény következtében a következő marsközelpont magasságát 121 km-re emelték, hogy csökkentsék a napelemtáblára gyakorolt nyomást, s időt nyerjenek a helyzet értékelésére. A rendellenes mozgás azonban e magasságban is megismétlődött, ezért október 12-én 172 km-re növelték a periapszist, teljesen kiemelve ezzel a szondát a Mars légköréből. A történetek elemzése után arra a következtetésre jutottak, hogy a légköri fékezőmanővereket újratekeshetjük, viszont az eddigieknél jóval óvatosabban kell folytatni azokat. Emiatt a végső pálya kialakítása a tervezettnél jóval tovább fog tartani.

A légköri fékezéseket november 7-én (a felbocsátás egyéves évfordulóján) indították újra az 50. keringés apoapszisa környékén, 50 mp-re begyűjtva a fékezórakétákat. 17 órával később így 135 km magasságban ismét belemerült az MGS a marsi légkörbe, megkezdve — a tervezettnél enyhébb fékezés miatt csak igen lassan — csökkenő magasságú keringéseit. E második, módosított fékezési periódus azóta zökkenőmentesen halad, eredményeképp azonban az ideális térképezőpályát csak a tervezettnél egy évvel később, 1999 március közepén éri el az MGS, s ekkor kezdheti el szisztematikus tudományos méréseit. Az ezt megelőző „bónusz” egy év alatt sem pihennek majd azonban a műszerek, s — főképp amikor a szonda a periapsziszokban tartózkodik — számos, előre nem tervezett mérést végeznek el, s felvételeket készítenek egyes felszíni alakzatokról. Mivel a végleges térképezőpályája gyakorlatilag kör alakú, 400 km magasságú lesz majd, a jelenlegi pályamódosító szakaszban a szonda jóval közelebb halad el a felszín felett a legnagyobb megközelítések alkalmával. Ezt kihasználva a készített felvételek felbontása is jobb lehet. Részletes, a bolygó egészére kiterjedő, módszeres térképezés azonban a célul kitűzött végső, térképező-pályáról lesz majd csak lehetséges, 1999 márciusa után.

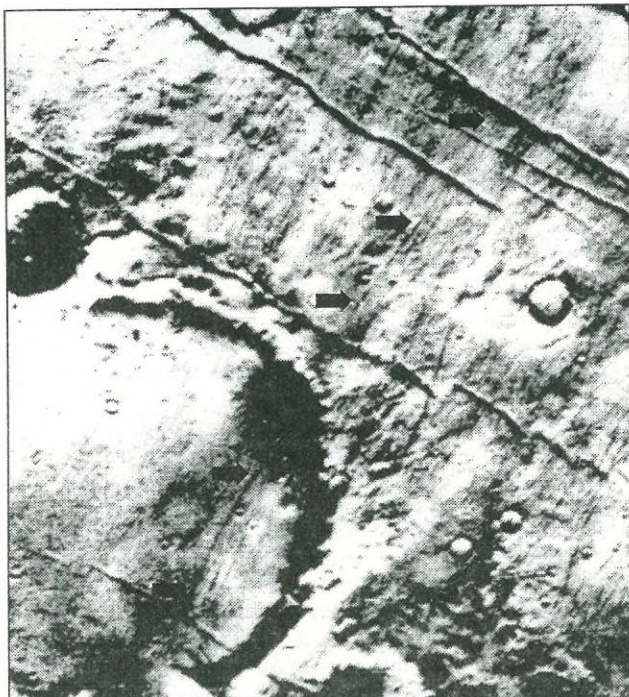
KONDOROSI GÁBOR

## Tornádók a Marson

A Mars légköre igen ritka, a felszíni légnyomás kevesebb, mint 1%-a a földinek. Mindezek ellenére a vörös bolygó atmoszférája meglepően aktív, erős napi és évszakos hőingadozások, helyi és globális porviharok jellemzők rá. A változékonyság tulajdonképpen a vékony atmoszférából adódik: kicsi a légkör hőkapacitása, így a besugárzástól függően erős különbségek alakulnak ki. Délben a felszínre jutó napsugárzás intenzitása kb. fele a földinek. Ez olyan gyors melegedést okoz, hogy a földi tornádókhöz, porördögökhöz hasonló képződmények támadnak. A marsbéli forgószelek lehetőségét már 1964-ben előrejelezték. Elsőként a Cornell University szakemberei vették észre őket, a Viking-űrszondák felvételein. Az Amazonis és az Arcadia Planitia között, valamint az Utopia Planitia térségében 99 porördögöt azonosítottak. Ezek 1–6 km magas, porral teli oszlopok, tölcserék voltak, magasságukat árnyékuk segítségével becsülték meg.



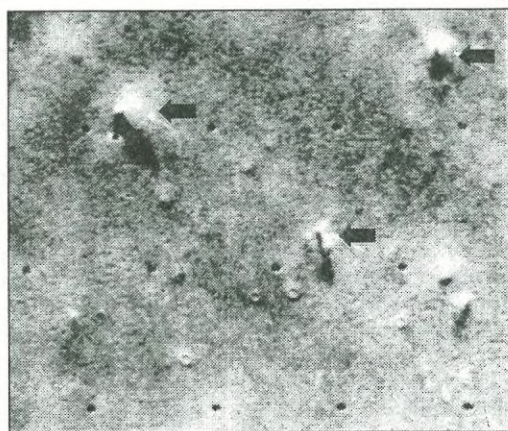
A Pathfinder által megfigyelt porördögök egyike. A folyamatos vonal a légnyomás, a szaggatott a szélirány változását mutatja



Porördögök nyomvonalai a Viking-1 felvételén

változást okoztak. Ijesztő méretűük ellenére nem olyan veszélyesek, mint földi társaik. Az MPF leszálló egységének a jelek szerint meg sem kottyantak a marsbéli tornádók. (*Sky and Tel.* 1985/8, 1988/09, 1987/12, 1997/11 — *Kru*)

Porördögök árnyékai az Arcadia Planitián. A bal felső portülcser — árnyéka alapján — 5 km magas



Méretükben tehát a nagy földi tornádók és a kis porördögök közt helyezkednek el. Valószínűleg ezek hozták létre a keskeny, több 10 km hosszúságot is elérő sötét vonalakat, melyek főleg a déli féltekén mutatkoznak. Korábban — jobb híján — dűnéknek nézték őket, azonban egyenesen keresztülhaladnak a krátereken, kiemelkedéseken, és néha egymást is keresztezik. A Brown University szakemberei szerint a sötét vonalak a porördögök haladási irányát mutatják, melyek a port felszívva, majd újraelosztva sávokat hagynak a felszínen. A Pathfinder több ilyen porördögöt is észlelt, melyek hirtelen nyomáscsökkenést, élénk szélirány- és sebesség

**Áttekintő holdtérkép** rendelhető az MCSE-től! A térkép 249 alakzat nevét tünteti fel, kiválóan használható kezdő észlelők, érdeklődők számára. Megrendelhető az MCSE postacímére küldött 50 Ft-nyi postabélyeg ellenében (1461 Budapest, Pf. 219.).