

# ALBIREO

**Alapította: Szentmártoni Béla**

Szerkeszti: Juhász Tibor

**ALBIREO  
AMATŐRCSILLAGÁSZ KLUB**

Zalaegerszeg, Nemzetőr u. 8.

H-8900 (Hungary)

e-mail: albireo@alpha.dfmk.hu

**MAGYAR ÉGHAJLATVÁLTOZÁST  
MEGFIGYELŐ HÁLÓZAT**

Vác, Pf. 184.

H-2234 (Hungary)

e-mail: agoston@goncol.zpok.hu

## TARTALOM

A Mars geológiai története	2
D. Shirley: Start a Marsra	4
Az MGS napelemtáblája	7
A Mars Global Surveyor műszerei	8
Juhász T.: A termálemissziós spektrométer	9
M. Golombok: A Mars Pathfinder misszió	10
A Pathfinder leszállási helye	15
Mikrorover: Sojourner	15
R. Vaughan: Az MPF navigációs rendszere	16
Krónika	
Mars Global Surveyor	21
Mars Pathfinder	22
A Marsz '96 kudarca	23
Mars szondák	24

## CONTENTS

Mars' Geologic History	2
The Magnificent Launch of MGS	4
Mars Global Surveyor Solar Panel	7
The Instruments of the MGS	8
MGS Thermal Emission Spectrometer	9
The Mars Pathfinder Mission	10
Pathfinder's Landing Site	15
Mikrorover: Sojourner	15
Mars Pathfinder Navigation	16
Flight Status Reports	
Mars Global Surveyor	21
Mars Pathfinder	22
Mars '96 Launch Failure	23
Mars Spacecrafts	24

Észlelő amatőrcsillagászok és amatőrmeteorológusok körlevele. Az amatőrök megfigyeléseikért cserébe kapják. Más érdeklődők a szerkesztő címén rendelhetik meg. Megfigyelési tájékoztatók, csillagatlaszok, katalógusok is a szerkesztőtől kérhetők.

Albiereo is the circulaire of the Hungarian Albireo Amateur Astronomy Society and the Hungarian Climate Changes Observations Network. Subscription fee 10 USD or 20 DM for a year. Despite money order or cash exchange magazines or other publications are preferred.

Kiadja: a Göncöl Alapítvány (Vác)  
és a Zrínyi Miklós Gimnázium (Zalaegerszeg)

Felelős kiadó: Kiszél Vilmos

A kiadványt a 750 éves Zalaegerszeg Megyei Jogú Város Önkormányzatának Közgyűlése támogatja.

Az Albireo Amatőrcsillagász Klub észlelőinek mindig kedves bolygója volt a Mars. Elég csak az 1988-as nagy földközelség igen sikeres megfigyelési kampányára utalni, de nemrég is közöltünk az észlelések alapján készült Mars-térképet. Földünk kisebbik testvére a Vikingek 1976-os diadalmenete után sorozatos kudarcokat hozott az űrkutatásnak. A Mars Observer-rel 1993-ban az utolsó pillanatban szakadt meg a kapcsolat. De a Fobosz szondák is csak igen rövid ideig működtek.

Ezért fűződik nagy várakozás a tavaly év végén startolt két amerikai Mars-szonda útjához. (Saj-

nos a velük párhuzamosan indult Marsz '96 máris sikertelennek bizonyult.) A NASA a két évenként nyíló indítási ablakokban újabb szondák felbocsátását tervezi.

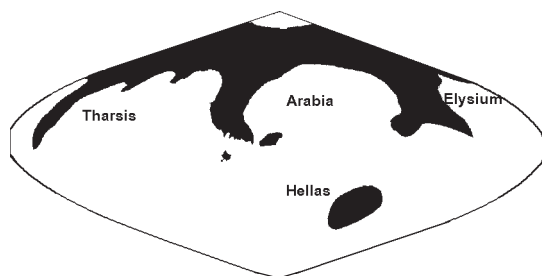
Az Albireo tematikus összeállításainak hagyományát követve ezt a számunkat most a Mars-szondáknak szenteljük. Ez a téma kissé eltér az észlelő amatőrcsillagásztól, de reméljük, a magyarul csak ritkán hozzáférhető témák olvasóink örömet fogják szolgálni. Anyagunkat úgy állítottuk össze, hogy lehetőleg ne legyen átfedés a Meteor 1996. 10. és 1997. 1. számában közölt cikkekkkel.

## A Mars geológiai története

### A felszín dichotómiája

A Mariner-9 és a Viking űrszondák felvételei felfedték, hogy a Mars felszíne jelentős változásoknak volt kitéve, és sok nyomot őrzött meg a bolygó korai történetéből. A legfeltűnőbb jelenség a marsi felföldek és síkságok kontrasztja. A felföldeket sűrűn borítják ősi becsapódási kráterek - a kis gödröktől a 250 km-es óriásokig. Az északi síkságokat valószínűleg szintén kráterek borították, de a felszínformáló folyamatok elpusztították ezek nyomait.

A Mars térképe világosan mutatja ezt a kontrasztot. Az alábbi ábrán feketével jelöltük a 0 km-nél mélyebben lévő tartományokat, és fehérrel a 0 km-es szint fölött lévőket. (A Marson 0 km-es magasságnak felel meg az a szint, ahol a légnyomás 6,5 millibar.) A fehér területek északon magukban foglalják a Tharsis és Elysium platókat, az északi hósapkát és az Arabia felföldeket. A fekete ovális a déli féltekén a Hellas becsapódási medence. Egyébként az északi félteke legnagyobb része alacsonyan fekszik, és jelentő-



sen átalakult, míg a déli félteke kráterekkel erősen borított felföldekből áll.

Mi okozza ezt a jelentős dichotómiát? Több elmélet is megpróbálja megmagyarázni az eltérést. Néhány kutató szerint a síkságokat egyetlen vagy néhány becsapódás okozta, ami átszakította a bolygó kérgét. Mások feltételezik, hogy a mélyben végbemenő konvekció hatására az északi kéreg lesüllyedt. A dichotómia pontos magyarázatához azonban további adatokra van szükség.

### A Mars kronológiája

A felszíni formák relatív korát a becsapódási kráterek sűrűsége alapján határozzák meg. Ehhez főleg a 4-10 km átmérőjű krátereket számlálják össze. A sűrűségeken kívül figyelembe veszik az erózió mértékét és a kráterek egymásra rakódását is.

Ezeknek a vizsgálatoknak az alapján a geológusok három nagy korszakot különítenek el a Mars kronológiájában. Az Amazonisi a jelentősen 1,8 milliárd évvel ezelőtlig tartott, a Hesperiai 1,8 milliárd évtől 3,5 milliárd évvel ezelőtlig, a Noachisi pedig 3,5 milliárd évtől 4,6 milliárd évig, a Naprendszer keletkezéséig. A három nagy korszakot további emeletekre osztják fel, a geokronológia mintájára. Az emeleteket a kisbolygók és meteoroidok becsapódásának a gyakorisága, a köpenyben és a vastag kéregben végbemenő változások, a fő eróziós és vulkanikus aktivitás különíti el.

A MARS kronológiája			
Milliárd évvel ezelőtt	Periódus	Események	
0	A M A Z O N I S I	Késő Amazonisi Periódus	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kialakul az Elysium Mons-tól délre lévő hatalmas lávasíkság.</li> <li>2. Létrejönnek a legutóbbi lávafolyások az Olympus Mons-on és a Tharsis tartományban.</li> <li>3. A poláris dűne- és jéglerakódások elérik jelenlegi formájukat.</li> <li>4. Folytatódnak a földcsuszamlások és omlások a Valles Marineris-ben.</li> </ol>
0,25		Középső Amazonisi Periódus	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Folytatódnak a bazalt-lávafolyások az északi síkságokon, főleg a Tharsis tartományban és az Olympus Mons-on.</li> <li>2. Földcsuszamlások a Valles Marineris-ben.</li> </ol>
0,70		Korai Amazonisi Periódus	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A lávafolyások kialakítják az északi síkságokat.</li> <li>2. Működnek a Tharsis vulkánjai.</li> <li>3. Egy becsapódás létrehozta a Lyot krátert az északi féltekén.</li> </ol>
1,80	H E S P E R I A I	Késő Hesperiai Periódus	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A Tharsis fő vulkanikus időszaka.</li> <li>2. Vízáratok hozzák létre a nagy csatornákat.</li> <li>3. Felemelkedik a Tharsis tartomány.</li> <li>4. Bazaltfolyások, a szél eróziója és a lerakódott hordalékok átrendezik az északi síkságokat.</li> </ol>
3,10		Korai Hesperiai Periódus	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Végbemegy a Syrtis Major erőteljes gyűrődése.</li> <li>2. Az alföldek krátereinek lekopnak és betemetődnek.</li> <li>3. Felemelkedik a Tharsis tartomány.</li> <li>4. Kialakulnak a Valles Marineris és a Noctis Labyrinthus repedései.</li> <li>5. Egy becsapódás létrehozta a Lowell medencét.</li> </ol>
3,50	N O A C H I S I	Késő Noachisi Periódus	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lecsökken a becsapódások gyakorisága.</li> <li>2. Intenzív erózió, kialakulnak a völgyhálózatok csatornáit.</li> <li>3. Kialakulnak a felföldek vulkánjai és hegyláncai.</li> </ol>
3,85		Középső Noachisi Periódus	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Létrejönnek a kráterekkel borított területek.</li> <li>2. Megkezdődik a Tharsis gyűrődése.</li> </ol>
3,92		Korai Noachisi periódus	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Létrejönnek a fő becsapódási medencék (Hellas, Argyre, Isidis, és a déli poláris tartomány többi medencéje).</li> <li>2. Kialakulnak az északi síkságok.</li> </ol>
4,60			

A legősibb, Noachisi korszakot a kráterekkel sűrűn borított felföldek reprezentálják. A gyakori becsapódások maradványainak dombos területei az északi féltekén figyelhetők meg. A terepet borító kövek idősebbek lehetnek, mint a Föld legidősebb, 3,9 milliárd éves közetei. A Noachisi korszak közepén még egy utolsó gyakori becsapódási időszak következett be, majd a kisbolygók becsapódása meteorosövé szelídült, a Földön és a Holdon is megfigyelhető gyakorisággal.

A Mars történetének kezdetén a kéreg repedése és a vulkanizmus az egész bolygót jellemezte. Ennek a vulkanikus aktivitásnak a nyomai a Hellas medence körüli vulkánokban őrződtek meg. A késő Hesperiai és az Amazonisi korszakra a gyengülő vulkanizmus a Tharsis tartományba és az Elysium felföldekre tevődött át.

A kéreg kitágulása a vulkanikus területek mentén létrehozta azokat a repedéseket, melyek legfeltűnőbb képviselője a Valles Marineris. Ez a 7 km mély szakadék tavakat is tartalmazhatott, és kelet felé vezette el a vizet. A kanyon fala több helyen leomlott. Jól megfigyelhetők a föld-

csuszamlások nyomai.

A klíma változása és az illékony anyagok (víz, széndioxid) kiszabadulása szintén hatással volt a Mars geológiai történetére. A Noachisi időszakban általános lehetett a folyékony víz aktivitása. A bolygónak vastagabb volt az atmoszférája és melegebb a felszíne, ami kanyargó folyóvölgyek és felhőszakadások kialakulását tette lehetővé. A Hesperiai korszakban megszűnt a kanyargó folyóvölgyek formálódása. Helyettük pusztító áradatok vájtak óriási (több tíz km széles) csatornákat az északi síkságok irányába. Az Amazonisi időszak során a talaj megolvadt jege tölthette meg a csatornákat.

A Mars felszínét jelenleg a szél, a homokviharak és a pólussapkák szezonális változásai alakítják. Ezeknek a nyomai jól megfigyelhetők a Vikingek felvételein. Reméljük, az újabb űrszondák vizsgálatai további részleteket fognak feltárni, és hozzájárulnak a vörös bolygó jobb megértéséhez.

(Impact Craters and Volcanoes, Planetary Society, 1996.)

## Donna Shirley:

### START A MARSRA

Elindult a Mars Global Surveyor

1996. november 11.

*(Donna a Mars Exploration Program vezetője. Három Mars-szonda tartozik hozzá. A Marsra vonatkozó tudományos eredményekkel, és a bolygó kutatás olcsó módszereinek a kidolgozásával foglalkozik. Az alábbiakban floridai látogatásáról számol be.)*

Néhány nappal a kilövés előtt érkeztem a „Cap”-re, ahogy a Cape Canaveral-t emlegetik. A Cap-nek két része van: itt találjuk a NASA Kennedy Űrközpontot és a légierő egyik kilövőállomását. Az űrrepülőgépet a Kennedy-ről (KSC: Kennedy Space Center) szokták indítani, de a kisebb rakétákat általában a légierő kilövőbázisáról lövik fel. Ez közelebb van az óceánhoz, mint a KSC. A Mars Global Surveyor (MGS) a légierő 17A jelű kilövőállványáról indult.

Az első nap a felülvizsgálattal telt el. Bizto-

sak akartunk lenni abban, hogy minden készen áll a kilövésre. Volt néhány kisebb gond a Delta II 7925-ös hordozórakétával, melyet a kaliforniai McDonnell Douglas Corporation épített. A felülvizsgáló bizottság meg akart győződni arról, hogy minden hibát kiküszöböltek. Szerencsére így is történt. Előfordultak kisebb problémák a rakétát irányító programokban, de a programozók ezeket is kijavították. A mozgatószerkezetekben szennyeződés mutatkozott, de az ellenőrzés szerint rendben működtek. Így a felügyelő bizottság engedélyezte a fellövést.

Aznap délután John Callas, Wayne Lee (az MGS projektől) és én bemutatót tartottunk a KSC látogatócentrumában. Az MGS szondáról és a marskutatás programjáról beszéltünk az embereknek.

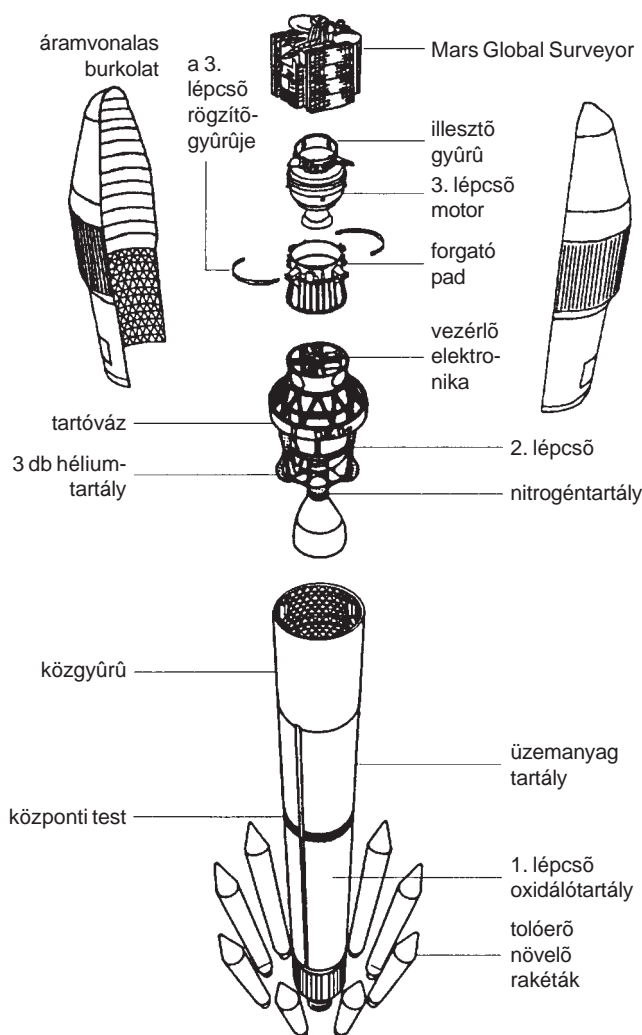
Este Glenn Cunningham-mel, az MGS pro-

jekt vezetőjével a Planetary Society ülésén vettünk részt.

Másnap találkozó volt az MGS projekt résztvevőinek családtagjaival és barátaival. Ezt a KSC igazgatóhelyettese, Ed Stone, a Jet Propulsion Laboratory (JPL) igazgatója, Wes Huntress, a NASA Űrtudományok Hivatalának ügyvezető igazgatója és Glenn Cunningham vezették. Ekkor avatták fel a Los Angeles-i Ypres Művészeti Iskola diákjainak nagyméretű freskóját. A freskó Mars hadistent ábrázolja négylovas harci szekeren, melyet a Mars bolygót megközelítő MGS űrszonda vezet. Mars isten kitarja kezét, hívja a diákokat, hogy tanulmányozzák a Mars bolygót. A freskó készítői közül három 14-16 éves diák vett részt az avatáson. A freskó készítésének fő szervezője, egy 11 éves diák sajnos nem tudott eljönni, de mindenkire mély benyomást tett a kép.

November 6-ra végül minden készen állt a kilövésre. Hajnali 4 óra körül a Delta hordozórakétát az MGS űrszondával együtt felrakták a kilövőpadra, és elgördítették mellőle a szerelőállványt. Az űrhajó csillogóan állt a lámpák fényében, majd megvilágították a kelő nap sugarai. Csak az üzemanyagtöltő állvány maradt mellette, melynek segítségével az indulás előtti utolsó percekben folyékony oxigénnel töltik fel a tartályait. Az MGS projekt résztvevői 7 óra körül jöttek ki, hogy megcsodálják a rakétát. Egy csoportkép is készült. A rakétára a NASA, a JPL, és az űrszondát, illetve a rakétát készítő cégek neveit festették. Az üzemanyagtöltő állványra egy nagy MGS felirat került.

Szomorú hír, hogy az MGS felirat alá Mary Kaye Olsen nevét festették. Mary Kay néhány héttel a kilövés előtt, hirtelen halt meg, mindössze 37 éves korában. Ő felügyelte az MGS projektet a NASA igazgatóságában. A csapat minden tagja szerette és becsülte őt. Mary Kay emlékére szabadon hagyunk egy helyet megfigyelőteremben, tele virágokkal.



A Delta II hordozórakéta  
(McDonnell Douglas Aerospace Co.)

9 órára már sokan csoportosultunk a vezérlőteremben, az irányítópultok mögött. Közeledett 12 óra 11 perc, a fellövés időpontja. Az irányítópultokon számítógépes képernyők láthatók egy csomó gombbal. Meg lehet nézni a hordozórakétát, információkat lehet kérni például az időjárásról. Mindenki fülhallgatót viselt, hogy hallhassa a visszaszámlálást és a mérnökök egymás közti beszélgetését. Glenn Cunningham, az MGS projekt vezetője és George Pace, az MGS űrszonda felelőse is az irányítópultoknál dolgoztak, csakúgy, mint Bud McAnally, az MGS projekt menedzsere a denveri Lockheed Martin Astronautics-

nál. A Lockheed Martin készítette az MGS szondát, s ők készítik a Mars Surveyor 98-at is.

Mindenki az időjárásra figyelt. Az egy nappal korábbi sajtótájékoztatón a meteorológus azt mondta, hogy jó idő várható, de az ég felettébb gyorsan felhősödött. Úgy óránként eregettük a ballonokat a magaslégtér szél sebességének mérésére. Ha a felhők túl vastagok, akkor vilámcsapás érheti a rakétát. Ha pedig túl erős a szél, akkor megváltoztatja a rakéta pályáját. Szemünk arra a nagy tévéképernyőre tapadt, amely az időjárási térképeket és a szélsébséget mutatja. Négy perccel dél előtt 10 perces „készenlét” indult, hátha kitisztul az idő. De nem így történt.

Minden nap két olyan időpont van, amikor ki lehet lőni a rakétát, hogy a pályája a Marshoz vezessen. Az első alkalom 12:11-kor elmúlt, így aggódva vártuk a következő, 1:15-ös időpontot. A hordozórakéta irányítói gyorsan betöltötték az új paramétereket a számítógépbe. A visszaszámítás újra megkezdődött. Szinte minden pillanatban a felhőket lestük. Hirtelen úgy tűnt, mintha kitisztulna az ég. Mindenki azt gondolta, most megcsináljuk. De hirtelen, körülbelül egy perccel 1:15 előtt egy harsány hang azt kiáltotta a hangosbemondón keresztül: „ÁLLJ, ÁLLJ, ÁLLJ!” A kilövés az utolsó percben lefűjték, mert túl erős volt a magaslégtér szél.

Mindenki csalódottan hazaballagott, a karbantartók pedig „eltették” a rakétát a másnapi új próbálkozásra.

Aznap este nagy partit rendeztünk, eredetileg a sikeres kilövés ünneplésére. Így azonban kilövés előtti partiba csapott át.

Másnap reggel minden megisméltődött, de ez alkalommal szép volt az idő. Körülbelül 10 perccel dél előtt néhányan kiszaladtunk, és busszal kiszállítottak bennünket az indítóállványtól néhány km-re lévő megfigyelővezetbe. A hangosbemondó visszaszámításához csatlakozott a tömeg is: „tíz, kilenc, nyolc, hét, hat, öt, négy, három, kettő, egy, zéró!” És pontosan délben ragyogó fény villant. A robaj után a hangszórók kihirdették: „Gyújtás indult!” A rakéta füst- és lángoszlopokra támaszkodva felemelkedett a felhőtlen égen. A megfelelő időpontban vékony füstnyomok jelezték, hogy a hat kis szilárd hajtóanyagú rakétamotor levált az űrhajóról. Addig

éljeneztünk, amíg a rakéta el nem tűnt a kék égbolton, aztán visszafutottunk a buszhoz, és visszamentünk az irányítóterembe.

A földi követőállomások segítségével figyeltük az eseményeket. Az Indiai-óceán fölött a rakéta túl messze volt a megfigyelőállomásoktól, így két repülőgép eredt utána, hogy felfogják a rádiójeleket. Tapsolni kezdtünk, amikor az ausztráliai állomások vették a jeleket. Minden rendben folyt. A szilárd üzemanyagú rakéták kiegészíttek, majd leváltak. Az első és második fokozat begyújtott, majd levált. Az űrhajó majdnem egy órán át „hajózott” a parkolópályán, mielőtt a harmadik fokozat begyulladt volna, hogy elindítsa a Marshoz. Aztán az űrszonda elvált a hordozórakétától, és magára maradt. Néhány perc aggódva telt el, mielőtt a Űr megfigyelő Hálózat antennái felfogták a szonda saját jeleit..., de aztán megérkeztek! A kilövés sikerült!

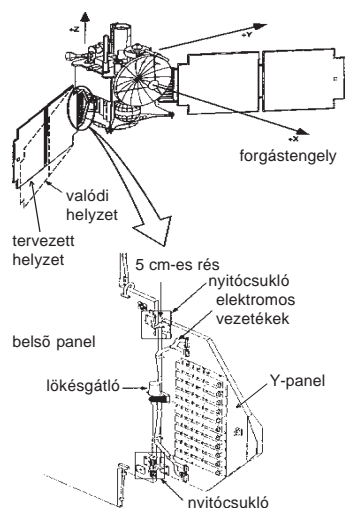
Körös-körül ölelések és kézfogások özöne! Glenn Cunningham és George Pace óriásikat vigyorogtak. Az űrszondán dolgozó csapat tagjai vették át az irányítást, és elkezdték vizsgálni a telemetriai adatokat. Biztosak akartak lenni abban, hogy minden a terv szerint halad. Néhány jelzés fejtörést okozott. Hamarosan kiderítették, hogy az egyik napelemtábla nem nyílt ki rendesen. Ez jelenleg nem okozott gondot, mert a Nap ebből a távolságból még elegendő energiát szolgáltatott. Minden más rendben működött.

Glenn, Wes Huntress, Bud McAnally és a Goddard Űrközpont emberei sajtótájékoztatót tartottak. Aztán Mike Malin, az MGS kamera kutató menedzsere rögtönzött partit szervezett. Rengeteg csirkét és garnélát ettünk. Aznap este az Interneten vettem részt egy beszélgetőcsatornán. Az emberek kérdéseket küldtek a hálózaton keresztül, én pedig lediktáltam a válaszokat Melindának, aki begépelte a számítógépbe. Különös élmény volt min - dent o - lyan las - san mon - da - ni, a - hogy Me - lin - da gé - pel - ni tud - ta.

Nos, a Mars Global Surveyor elindult a Mars felé. A következő nagy esemény az orosz Marsz-96 szonda fellövése lesz, aztán a Mars Pathfinder indul útjára. Flottánk 1997 júliusától kezdve fog készen állni a Mars megszállására.

(Live from Mars, 1996. nov. 14.,  
fordította: Bán Levente)

## Az MGS napelemtáblája



tása során eltört alkatrész akadályozza meg a tábla teljes kinyílását.

A felső ábrán az MGS látható. A -Y tömböt a baloldali napelemtábla alkotja. Bejelöltük a napelem tervezett helyzetét, melyet a szétnyílás után el kellett volna foglalnia. Szaggatott vonal jelöli a valódi helyzetet, amely  $20,5^\circ$ -ot zár be a tervezettel. Bekarikáztuk a lökésgátló kart, ahol a törtött alkatrész elhelyezkedik.

A kinagyított alsó ábra a lökésgátló kart mutatja. Alul és fölül a nyitócsukló látható. Az elektronikát tartó Y-panel és a napelemtábla széle között 5 cm-es hézag van. A lökésgátló egy henger alakú szerkezet a két nyitócsukló között. Az üvegajtók hidraulikájához hasonló szerepet játszik, hogy csökkentse a napelemek szétnyílásának a sebességét. A lökésgátló alatti sötét területen helyezkedik el az a kis fémkar, amely eltörhetett. A meglazult darab beszorult az 5 cm-es hézagba a napelem és a tartópánt közé, így megakadályozta a tábla teljes kinyílását.

A panel nem megfelelő helyzetének ellenére az MGS pontosan végrehajtotta november 21-én az első pályamódosító manővert. A telemetria adatok is arra utalnak, hogy minden rendben működik.

December elején többször is megpróbálkoznak a hibás napelem helyrebillentésével. A -Y

panelt tartó csuklót 20-60 másodpercen keresztül finoman ide-oda fogják mozgatni. A telemetria adatok segítségével megvizsgálják ennek a vibrációnak a hatását. Ezeknek az adatoknak az ismeretében határozzák meg azt a módszert, amellyel meg lehet szabadulni a panel végső helyzetének elfoglalását gátló akadálytól. A vibrációs vizsgálatok eredményeinek függvényében december közepén megpróbálják erősebben is megmozgítani a panelt.

A szondát készítő Lockheed Martin Astronautics és a NASA mérnökei számítógépes simulációk segítségével megvizsgálták a napelemtábla helyzetének következményeit. Arra az eredményre jutottak, hogy nem fogja jelentősen korlátozni az űrszonda manővereit az aerofékezés közben, és utána sem, tudományos küldetésének végrehajtása során.

Az aerofékezés 1997. szeptemberében kezdődik, miután a szonda fedélzeti rakétamotorjának a segítségével elnyúlt pályára áll a Mars körül. Az aerofékezés lehetővé teszi, hogy az űrszonda kevesebb üzemanyag felhasználásával érje el a bolygót, majd a légkör fékező hatásának következtében fokozatosan álljon körpályára körülötte. Ezt a módszert a Magellán űrszondánál próbálták ki először a Vénusz körül, és nagyon sikeresnek bizonyult. A nagy felületű napelemtáblák fontos szerepet játszanak az aerofékezés során.

Mivel az MGS-t az egy hónapig tartó indítási ablak második napján sikerült elindítani, az aerofékezést a tervezettnél lassabban is végre lehet hajtani. Ez csökkenti a sérült napelemtáblára ható terhelést.

Az elkövetkező hónapokban több kísérletet tesznek arra, hogy a napelemek helyzetét szabályozó elektromotorok segítségével a megfelelő helyzetbe állítsák a táblát. Finom manőverekkel megpróbálják kirázni a fémdarabot a résből, hogy a napelem teljesen kinyílhasson. Ha ez nem sikerülne, az aerofékezés során további lehetőség nyílik a panel helyzetének a beállítására.

(A Jet Propulsion Laboratory, Public Information Office alapján. 1996. november 27.)

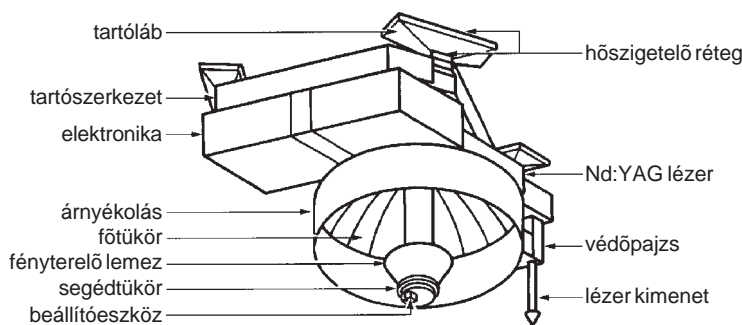
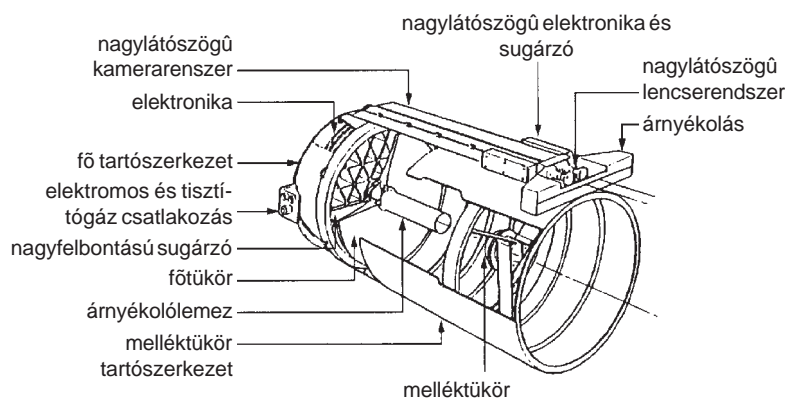
## A Mars Global Surveyor műszerei

### Magnetométer és elektron-reflektométer (MAG/ER):

A Plutón kívül a Mars az egyetlen bolygó, melynek még nem sikerült kimutatni a mágneses terét. Ezt fogja kutatni a két műszer. Képesek arra is, hogy kimutassák a felszínen az ősi mágneses mező nyomait. Ezek a mérések alapvetően befolyásolják a bolygó evolúciójára vonatkozó elképzeléseket. A műszer vizsgálja fogja a napszél és a Mars plazmájának kölcsönhatását is.

### Kamerarendszer (MOC):

A nagylátószögű lencse felbontóképessége 7,5 km, a meteorológiai műholdaknak megfelelő felvételeket fog készíteni. Minden nap lefényképezi a teljes bolygófelszínt vörös és kék szűrőkön keresztül. A nagyfelbontású lencserendszer 2-3 m-es felszíni részleteket tud lefotózni. Ezeken már a kőtömbök és homokdűnék is meglátszanak (és talán a Vikingek leszálló egységei). Ezt a fényképezési módot az információátvitel korlátai miatt csak kiválasztott területek (pl. a jövőbeli szondák leszállási helyeinek) feltérképezésére fogják használni.



### Rádió-átjátszó rendszer (MR):

A francia gyártmányú adó-vevő rendszer elsősorban a Marsz-96 adatait továbbította volna a Földre a MOC nagy kapacitású memóriájának a közbeiktatásával. Az MGS több évre tervezett működése során a rendszer a további Mars Surveyor szondák leszálló egységeinek is a rendelkezésére fog állni.

### Termálemissziós spektrométer (TES):

A műszert külön cikkben ismertetjük.

### Rádióadás erősítő-rendszer (RS):

A rendszer egy ultra-stabil oszcillátor segítségével lehetővé teszi a szonda sebességváltozásainak pontos mérését. Így feltérképezhető a Mars gravitációs tere, ami a bolygó kérgének vastagságára és sűrűségére utal. Felderíthetők a felszín alatti tömegkoncentrációk (masconok) is. A Mars pereme mögött eltűnő vagy felbukkanó szonda rádiójelét vizsgálva meghatározható a bolygó atmoszférájának hőmérséklete és nyomása.

### Lézeres magasságmérő (MOLA):

Másodpercenként 10-szer infravörös lézerimpulzusokat küld a felszínre. A visszaverődés időtartama alapján 2 méteres pontossággal mérhető a felszíni alakzatok magassága, és elkészíthető a Mars topográfiai térképe. Egy lézernyaláb 160 m átmérőjű területet söpör végig.



**Juhász Tibor:**

## **A termálemisziós spektrométer (TES)**

Ha lehet egyáltalán rangsorolni, a legfontosabb tudományos műszer az MGS felszínén a termálemisziós spektrométer. Ez az eszköz egy infravörös színképelemző, amely a felszín sugárzásának 6 és 50  $\mu\text{m}$  közé eső részét analizálja (hősugárzás).

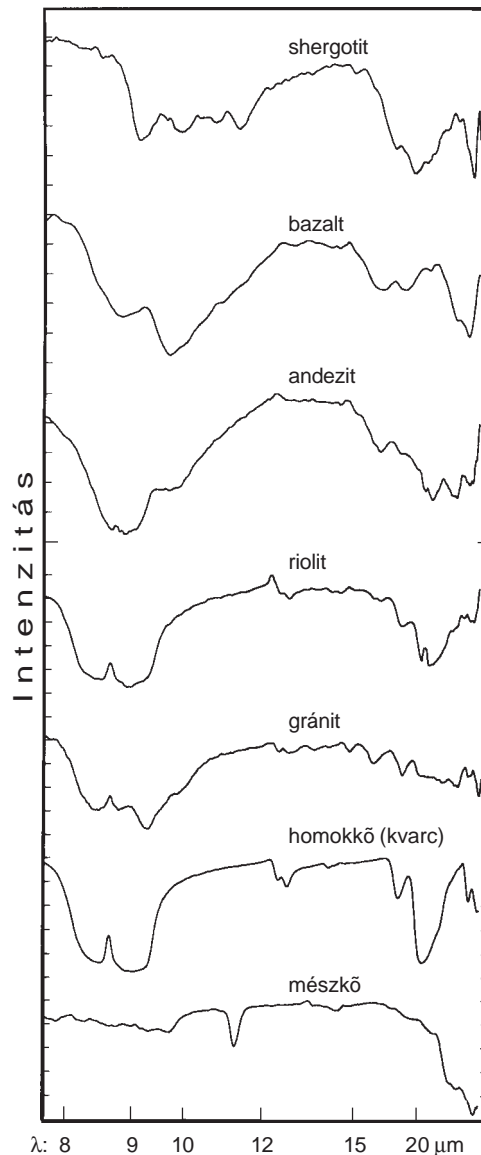
Bár több, mint 30 éve vizsgálják űrszondák a Marsot, még mindig nem tudjuk pontosan, milyen kőzetek és ásványok alkotják a felszínt. Pedig ezek ismerete alapvetően befolyásolja a bolygó geológiai történetére vonatkozó elképzeléseket. A mészkő felfedezése például egykori tavak vagy tengerek meglétét bizonyítaná.

A kőzetek és ásványok összetétele egyértelműen meghatározható az infravörös színképük alapján. A TES éppen ezt a tartományt fogja vizsgálni. Fontosságát jelzi, hogy már a szerencsétlen sorsú Mars Observer is magával vitt egy ilyen műszert. (Csakúgy, mint az MGS többi műszerét. Ezek lényegében a Mars Observer számára lettek kifejlesztve. Sajnos a szintén igen fontos gammasugár-spektrométer és a nyomásmodulációs infravörös radiométer már nem fért bele az MGS költségvetésébe. Az előbbi a felszín kémiai összetételét, az utóbbit a légköri hőmérsékletet, vízpára mennyiséget és nyomást mérte volna. Pótlásukról lásd a tervezett Mars-szondák ismertetését.)

A TES igen érzékeny a karbonát és szulfát ásványokra. Ezek főleg az eredeti vulkanikus láva és felszíni széndioxid illetve vízpára között lejárló reakciók következtében alakultak ki.

A TES azonban nem csak a kőzetek típusának a meghatározására használható. Mért fogja a felszín hősugárzását, a nappali és az éjszakai hőmérsékletváltozásokat. Adataiból meg lehet határozni a kövek és sziklák eloszlását, a por-szemcsék méretét. Figyeln fogja a hősapkák méretének a változását, meghatározza a marsi felhők (pl. a vízjég-felhők vagy a homokviharok) összetételét és vastagságát is.

A TES szerkezeti rajzát lásd az első belső borítón.



### **Néhány kőzet infravörös spektruma**

A marsi eredetű SNC meteoritekhez tartozó shergotitot az 1962-ben a nigériai Zagami közelében hullott meteor képviseli. Spektruma a bazaltéhoz hasonlít a legjobban. Ez volt az utolsó marsi eredetű meteorit, amit nem az Antarktiszon találtak.

**Dr. Matthew Golombek:**

## **A Mars Pathfinder Misszió**

*Dr. Golombek a Mars Pathfinder Project tudományos igazgatója. A Naprendszer robotokkal történő felderítésében vezető szerepet játszó Jet Propulsion Laboratory-nál (California Institute of Technology) dolgozik.*

A Mars Pathfinder az első űrszonda, amely több, mint 20 évvel a Vikingek után leszáll a vörös bolygóra. A landolással új korszak kezdődik a marskutatóban. A szonda az első lépés egy időjárás- és szeizmológiai hálózat kiépítésében a Mars felszínén. A Pathfinder-t közvetlenül követi a Mars Global Surveyor keringő egysége, amely távérzékelőinek segítségével részletesen tanulmányozni fogja a Mars atmoszféráját, felszínét és belső szerkezetét.

A Mars Pathfinder az első olyan szonda lesz a Marson, amely a talaj kémiai összetételét meghatározó, mozgó műszereket visz magával. Egy jármű segítségével a Pathfinder több száz m<sup>2</sup>-es területet tud átvizsgálni, sokkal többet, mint egy a leszálló egységhez rögzített mechanikus kar. A Pathfinder műszerei a roverrel együtt a Mars-közeteknek és a felszín alkotó anyagoknak olyan jellemzőit fogják megállapítani, amelyek alapvető értékeket jelenthetnek a manapság még jó részt globális távérzékelési adatokon alapuló marskutatóban.

A Mars Pathfinder Project 1993. októberében indult, mint az első, a cikk mottójaként idézett elven alapuló, Discovery-típusú terv, amely alacsony költségeket (171 millió dollár) és rövid fejlesztési időt (kb. 3 év) igényelt. A fejlesztés költségeihez hozzájárult még a hordozóeszköz kb. 55 millió, a rover kifejlesztése és működtetése 25 millió, végül a küldetés irányítása és az adatok analízise 14 millió dollárral. A misszió újszerű megoldása a repülést, a belépést a Mars légkörébe, a leereszkedést és a landolás műveleteit egyetlen „szabadonfutó” folyamatba fogja össze. Ez az alacsony költségű rendszer képes lesz biztonságosan elszállítani a hasznos terhet a Mars felszínére.

A szondát és a rovert a legtöbb alrendszerrel

együtt a Jet Propulsion Laboratory építette. A költségek csökkentése érdekében felhasználták a már létező összes szobajöhető rendszert, hacsak nem vezetett a szonda tömegének növekedéséhez, amely végül 890 kg lett. A jelenleg fejlesztés alatt álló Mars Surveyor '98 keringő és leszálló egysége jelentős mértékben felhasználja a Pathfinder részegységeit és rendszereit, a légzsákokat, az ejtőernyőt, a fedélzeti számítógépet és programjait, a kifejlesztett vezérlő és adatkezelő rendszert és a szilárdtest erősítőket.

Az űrszonda

A szonda egy kinyúló állvány tetején elhelyezkedő multispektrális sztereo-kamerát visz magával (IMP) és egy légkör szerkezeti műszert (ASI) egy meteorológiai állomással (MET).

A szonda működtetése az út során 178 wattot igényel, amelyet a 2,5 m<sup>2</sup> összfelületű, gallium-arszenid napelem-cellák szolgáltatnak. A leszállás idején a Nap a marsi 15°-os északi szélesség fölött tartózkodik. Ezért a napelemeket maximális mértékű napsugárzás fogja érni. Így egy derült napon 850 wattóra energiát tudnak szolgáltatni. Ha a Napot porfelhő fedi el, akkor ez az érték kb. a felére csökken. A szondán újratölthető elemeket helyeztek el az éjszakai műveletek energiaellátásához.

A szonda 32 bites, nagy teljesítményű fedélzeti számítógépe 1 gigabit memóriával rendelkezik. Az információs vezérlő rendszer legnagyobb részét a Szaturnuszhoz induló Cassini-szondán is alkalmazni fogják.

A kapcsolatot a Földdel egy irányítható, nagy érzékenységű antenna segítségével tartja, amely több kilobit/s sebességgel képes az adatátvitelre.

A mikrorover

A rover egy kicsi, hatkerekű jármű. Hosszúsága 65 cm, szélessége 48 cm, magassága 30 cm. Össztömege 11 kg. További 5 kg-ot tesz ki a szondára szerelt telekommunikációs rendszere és tartószerkezete. A rovert kerekei 13 cm-re emelik a talaj fölé. Hibás alátámasztása stabil ala-

pot szolgáltat a rászertelt műszereknek, mégis igen mozgékony, magas akadályokra is fel tud kapaszkodni, és helyben meg tud fordulni.

Előre néző sztereo és hátra néző színes kamerákkal, továbbá egy alfa-proton-röntgen spektrométerrel (APXS) szerelték fel. Az APXS a jármű hátulján található. Érzékelője akár a vízszintes talajra, akár egy kő függőleges oldalára is elhelyezhető a rover magasságáig. Az első sztereo és a hátranéző színes kamerák 1 mm/pixelnél kissé jobb felbontással vehetik fel a környezetet és az APXS mérési helyét. A rover számos szenzorral rendelkezik a műszaki jellegű vizsgálatok számára.

A fedélzeti rendszer egy Intel 80C85 processzorra épül. A kiválasztást az alacsony ár és a processzor sugárzásokkal szembeni ellenállása indokolta. Ez a 8 bites processzor kb. 100 ezer utasítást tud végrehajtani másodpercenként. Ez bőven megfelel a rover igényeinek, mivel a jármű lassan fog mozogni (maximum 40 cm/perc).

A rover vezérlő rendszere képes arra, hogy önállóan kontrollálja a kijelölt tereptárgyak elérését és végrehajtsa a feladatokat. Tartalmaz egy önműködő veszélyérzékelő rendszert (ilyen például a lézeres pásztázó az akadályok vagy árkok felismeréséhez) is, amely megvédi a járművet a lehetséges veszélyhelyzetektől.

A rover energiaellátását egy 0,2 m<sup>2</sup> felületű napelemtábla szolgáltatja. Ez naponta néhány órás működéshez elegendő, még rossz feltételek, porral telített légkör esetén is. Tartalék és kiegészítő céllal a rover hőszigetelt elektronikai egységében lítium-nátrium D-cellás elemek vannak elhelyezve. Ezek az elemek lehetővé teszik, hogy az APXS éjjel is méréseket végezzen. Az elemek nem tölthetők újra, de a rover szükség esetén képes arra, hogy csak napelemeire támaszkodva működjön.

A szondával egy UHF antenna tartja a kapcsolatot. Eleinte a szondától néhányszor tíz méterre távolodik csak el, hogy benne legyen a szonda kameráinak látóterében. Ha az alapvető feladatokat elvégezte, a küldetés további részében több száz méterre eltávolodhat a leszálló egységtől. A távolságot az UHF kapcsolat hatótávolsága korlátozza.

A rovert Brian Cooper, a JPL mérnöke fogja irányítani, de a Föld és a Mars közötti időkésés

miatt (ami 6 és 41 perc között változhat), némi önállóságra is szüksége van. A földi operátor a sztereo kamerákon át látja a terepet. Meghatározza a célokat és a feladatokat. A parancsok nem sokkal a nap- és földkelte után indulnak meg. Először a szonda veszi és tárolja őket, amíg a rover készen nem áll a vételükre. Aztán a rover tárolja és végrehajtja a parancsokat.

#### A küldetés terve

A decemberi startot követően a szonda megkezdte 7 hónapig tartó útját a Mars felé. Eddig páratlan módon a szonda az érkezés után azonnal belép a Mars légkörébe anélkül, hogy Mars-körüli pályára állna. Hövédő pajzsa megóvja a 27 ezer km/h-s sebessége következtében létrejövő felmelegedéstől. Kinyílik az ejtőernyője, ami lelassítja a zuhanást, majd ledobja a hövédő pajzsot. A leereszkedés során a felszín közelében egy magasságmérő beindítja a három kicsi, szilárd hajtóanyagú fékezőrakétát, amik tovább csökkentik a sebességet. A tetraéder alakú szondának mind a négy oldalán egy-egy óriási légszák fúvódik fel, az ejtőernyő leválik, majd a légszakkal védett szonda néhányszor felpattan a felszínről. A felszínnel kb. 30°-os szögben fog ütközni, kb. 100 km/h sebességgel, így akár 10 m magasra is visszapatlanhat. Az 5 m átmérőjű légszák felfúvódása 2 másodperc alatt végbemegy. Anyaguk erősebb, mint a kevlar, húzószilárdságuk 8 kg/cm. A belépés, a leereszkedés és a landolás kb. 5 percig fog tartani. A műveletek során a szonda mintegy 50g gyorsulásnak lesz kitéve. Biztonsági okokból a rendszert 100g elviselésére tervezték meg (1 g = 10 m/s<sup>2</sup>).

A landolás után a légszákok leereszkednek, majd a háromszög alakú panelek szétnyílnak, felegyenesítve a szondát.

A szonda a Mars vékony atmoszféráján való áthaladás során először műszaki és tudományos adatokat fog gyűjteni. A leszállás után kamerája panorámaképet vesz fel a környezetről, majd elkezd közvetíteni közvetlenül a Földre az adatokat. Ezután küldetésének legnagyobb részét a rover adatainak tárolására és a Földre való továbbítására fogja fordítani.

Pénzügyi okokból mind a szonda, mind a rover erősen korlátozott lehetőségekkel rendelkezik. A Mars felszínén kemény viszonyok ural-

kodnak, a nappali hőmérséklet átlagosan 0 °C és -100 °C között van. Ezért a küldetést úgy tervezték meg, hogy a legfontosabb célokat viszonylag rövid idő alatt, az első három marsi napon hajtsa végre. (A Marson egy napot sol-nak nevezünk, hossza 24,6 óra.) A 7. vagy a 8. nap végére a szonda legtöbb felvétele megérkezik a Földre, és a rover is befejezi legfontosabb vizsgálatait. Az elképzelések szerint közben legfeljebb 10 m-re távolodik el a szondától, hogy a szonda kamerája a legnagyobb felbontású képeket készíthesse a működéséről.

A küldetés további részében a rover hosszabb utakat kockáztathat meg. Jobban eltávolodhat a leszálló egységtől, annyira, hogy túljusson a szonda kamerájának látótávolságán, és saját kameráját használja a navigációra.

A felszíni működés legfeljebb egy földi évig fog tartani.

A küldetés céljai

A rover műszaki neve Mikrorover Űrkísérlet (MFEX: Micro-rover Flight Experiment), maga is egy technológiai kísérlet. Működése során lehet tapasztalatokat szerezni a Mars ismeretlen felszínén történő mozgásról és navigálásról. Így az elsődleges cél tesztelni a jármű hatékonyságát a Mars barátságtalan viszonyai mellett. Ellenőrizni fogják a rover tervezésénél alkalmazott új tudományos és technológiai módszereket. A tapasztalatok alapján fogják megtervezni a jövőben induló Mars-járműveket.

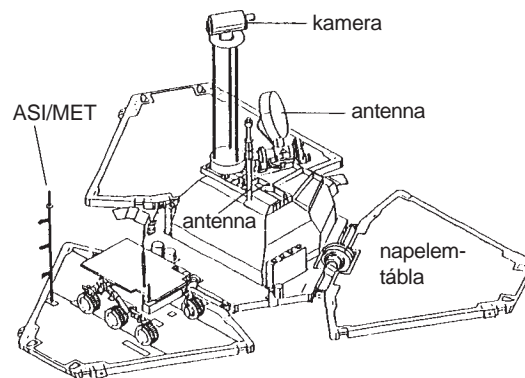
A szonda és a rover műszaki, tudományos és missziós célú feladatokat fog ellátni.

Műszaki vizsgálatok

A rover számos műszaki vizsgálatot fog végezni például a saját és a szenzorok navigációjára és teljesítményére vonatkozóan, felméri a talaj mechanikai tulajdonságait, az anyagok adhérenciáját és abrázióját. A rover és a szonda kamerái felveszik a keréknyomok képét, a kerekek által vájt mélyedéseket és a légszákok összehúzódásakor keletkező nyomokat. Ebből a felszínközeli anyagok sztratigráfiájára, és a marsi talaj mechanikai tulajdonságaira lehet következtetni.

A következő műszaki vizsgálatokat fogják elvégezni:

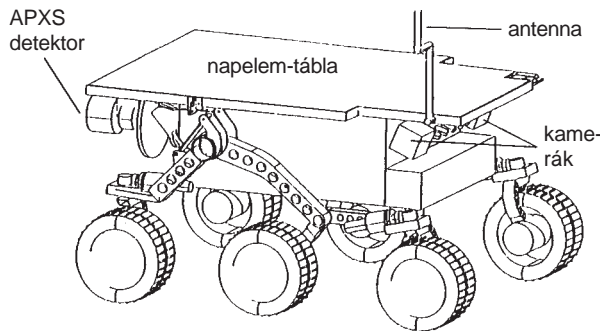
- A Mars-terep geometriai rekonstrukciója a fel-



Az MPF leszálló egysége

vételek alapján (Mars Terrain Geometry Reconstruction from Imagery): a rover és a szonda felvételei alapján meghatározzák a felszínen található tereptárgyakat, a talajt, a köveket, dombokat, stb. Megállapítják méretüket és eloszlásukat.

- A Mars talajának alapvető szerkezete (Mars Basic Soil Mechanics): meghatározzák a Mars talajának alapvető mechanikai tulajdonságait, a kohéziót, a viszkozitást, a súrlódási együtthatót és a vezetési ellenállást.
- A helymeghatározó szenzorok teljesítménye és az útvonal rekonstrukciója (Mars Dead Reckoning Sensor Performance and Path Reconstruction/Recovery): a szenzorok mérési pontosságának vizsgálata.
- A marsi talajok összenyomhatósága (Sinkage in Each Martian Soil): a rover kamerája és távolságérzékelői megfigyelik a keréknyomokat, és megbecsülik, hogy mennyire süllyedtek be a kerekek a talajba. A szonda kamerájának egyik feladata felvételeket készíteni a rover keréknyomairól.
- A jármű teljesítményének vizsgálata (Logging/Trending of Vehicle Performance Data): a meghajtás, a forgatónyomatékok, az áram, a fordulatszám, a feszültség, stb. vizsgálata.
- A rover termális viselkedése (Rover Thermal Characterization): a rover termális viselkedésének vizsgálata a kerekekben, a napelemeken és az elektronikai berendezésekben lévő hőérzékelők segítségével.
- A rover kameráinak teljesítménye (Rover Imaging Sensor Performance): a kamera, a táv-



A Sojourner mikrorover

érzékelő szenzorok és más műszaki berendezések által kapott információk összehasonlítása a talajra, a mozgásra és az útvonalra vonatkozóan.

- Az UHF kapcsolat hatékonysága (UHF Link Effectiveness): meghatározzák, hogy hogyan működik az UHF-frekvenciás kapcsolat a rover és a szonda között. Megvizsgálják a rádiójel erősségét és a zajt, ahogy a rover távolodik a szondától.
- A talaj abrúziója (Material Abrasion): megméri a marsi talaj és por abrúziós (koptató) képességét.
- A por adherenciája (Material Adherence): megfigyelik, hogy a marsi por mennyire tapad hozzá a rover, különösen a napelemek és a detektorok felszínéhez.
- A kövek keménysége (Rock Hardness): a rover korlátozott tömege nem tette lehetővé, hogy közvetvő eszközöket vigyen magával. Egy lehetőség ezek pótlására, hogy a rover az egyik kerekének a fémbordáival megkarcol egy követ. Ezt az elképzelést azonban a felszíni viszonyok és a szerzett tapasztalatok még módosíthatják.

#### Tudományos vizsgálatok

Bár több műszaki vizsgálat (pl. a talajmechanika, adherencia) is tudományos fontosságú, a rover fő tudományos célja egy alfa-proton-röntgen spektrométer (APXS: Alpha-Proton-X-ray Spectrometer) üzemeltetése, és közelfelvételek készítése a Mars felszínéről.

Az atmoszféraszerkezeti műszerek meghatározzák a légnyomást, a hőmérsékletet, a légkör sűrűségét a belépésnél és leszállásnál. Figyelem-

mel fogják kísérni a felszínen bekövetkező nyomás- és hőmérsékletváltozásokat. Az egy méter magas rúd tetején lévő szélérzékelő és a rúdon lévő három szélzsák mérni fogja a szél sebességét és irányának változását a magasság függvényében. Ezeket az adatokat fel lehet használni a felszín aerodinamikai tulajdonságának meghatározásában, amely fontos szerepet játszik a kis részecskékre ható erők és a széllal való kapcsolat feltárásában. Az égbolt és a napfény spektrális megfigyelésével a kamera meg fogja határozni az aeroszolok és a légköri vízpára jellemzőit és eloszlását.

A leszálló egységen kis mágneseket helyeztek el, amelyek idővel összegyűjtik a marsi porban lévő mágneses anyagokat.

A felszíni képfelvévő rendszer tanulmányozni fogja a geológiai folyamatokat, a felszín és a légkör kölcsönhatását, melyeket eddig csak a két Viking leszállóhelyén ismertünk. Megvizsgálja az általános fiziógráfiát, a felszíni formákat, a kövek eloszlását, hogy jobban megértsük azokat a geológiai folyamatokat, amelyek kialakították és megváltoztatták a felszínt. Az alfa-proton-röntgen spektrométer megméri a felszínen található anyagok kémiai összetételét, a kamerák színszűrőivel és a rover közelfelvételeivel együtt pedig lehetővé teszi a kövek és más felszíni anyagok petrológiájának és mineralógiájának megismerését, ami feltárja a kéreg anyagának eredetét és a Marson lezajló időjárási folyamatokat.

Meg fogják határozni a szonda pontos helyzetét a felszínen, a Mars forgástengelyének irányát, a precesszió sebességét, és a bolygó impulzusmomentumát. Ezek a mennyiségek lehetővé teszik egy központi fémes mag méretének és sűrűségének a meghatározását.

#### A tudományos célú műszerek

##### A Pathfinder kamerája (IMP):

Multispektrális CCD sztereó képfelvévő rendszer, színes lehetőségekkel. A kamera egy kinyújtható állványon helyezkedik el, amelynek magassága 1 m. Ez a műszer megvizsgálja a marsi por mágneses komponenseit is. A szondán különböző erősségű mágneseket helyeztek el. A kamera megvizsgálja a mágnesek által összegyűjtött mágneses szemcsék ásványi

összetételét. A szélzsákok helyzetének megfigyelésével pedig a szélirányt lehet tanulmányozni.

**Alfa-proton-röntgen spektrométer (APXS):**

Az elsődleges cél a APXS műszert egy kődarab mellé helyezni, spektrumot felvenni és továbbítani a Földre, hogy meghatározzák a kőzet összetételét. Egy kődarab teljes APXS mérése 10 órán át tart, amelyet nem lehet megszakítani. A rovernek erre az időtartamra rögzítenie kell a műszert a kőnél. Az APXS meg tudja határozni a talaj típusát is. Ez a műszer fogja meghatározni a felszínen található anyagok kémiai összetételét. A hidrogén kivételével az összes alapvető elemet azonosítani tudja. Az APXS a rover belsejében helyezkedik el, ahol szabályozható a hőmérséklet. Szenzorai egy mechanikai karon foglalnak helyet. A spektrométer egy alfarészecske forrásból és egy detektorból áll, amely felfogja a visszaszórt alfarészecskéket, protonokat és röntgensugárzást. A vizsgált anyagokat a radioaktív forrás meghatározott energiájú alfarészecskékkal sugározza be, és megfigyeli a kibocsátott alfarészecskék, protonok és röntgensugárzás spektrumát. Ebből lehet meghatározni a kémiai összetételt.

(Az APXS-t a német Max Planck Intézet és a Chicago Egyetem fejlesztette ki.)

A rover az APXS által megvizsgált kövekről fekete-fehér felvételt készít, majd a szonda segítségével továbbítja a képet a Földre. A rover számítógépe egy felvétel tárolására alkalmas.

**Atmoszféraszerkezeti műszer/Meteorológiai állomás (ASI/MET):**

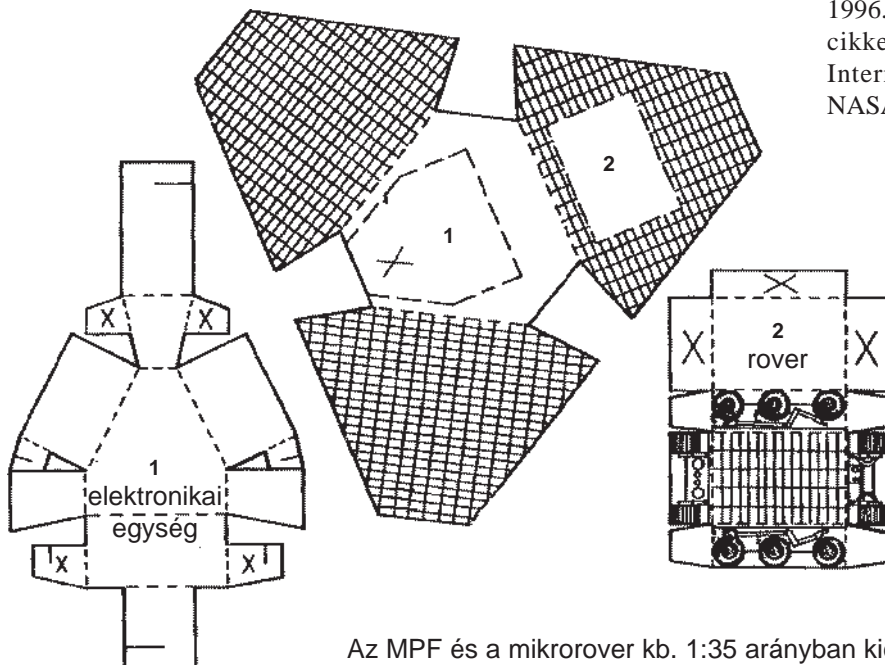
Adatokat gyűjt a leszállás és landolás során az atmoszféra sűrűségéről, hőmérsékletéről és nyomásáról, a kb. 100 km-es magasságtól kezdve egészen a felszínig. A leszállás után az ASI/MET folytatja működését és felméri a hőmérséklet és a nyomás napi ingadozásait.

**Missziós vizsgálatok**

Mivel a Pathfinder elsődlegesen kísérleti céllal készült, nagyon fontos cél a leszállás körülményeinek megfigyelése.

A rover három felvételt fog készíteni a szondáról, hogy megállapítsák, milyen állapotban van a leszállás után. Három fekete-fehér képet fognak készíteni, 120°-os szögenként, hogy a leszálló egységet minden oldalról megvizsgálhassák. Ha sérült részeket találnak, akkor azokról sztereó közelképek is készülnek.

(EOS, Vol. 77, No. 49, 1996. dec. 3. Az eredeti cikket kiegészítettük az Interneten hozzáférhető NASA anyagokkal.)



Az MPF és a mikro-rover kb. 1:35 arányban kicsinyített modellje

## A Pathfinder leszállási helye

A Mars Pathfinder egy 70x200 km-es ellipszis alakú területen fog leszállni az Ares Vallisben, a Chryse Planitia területén ( $\beta$ : 19,5° É,  $\lambda$ : 32,8° NY), 850 km-re délkeletre a Viking-1 leszállási helyétől. Ez a hely az Ares-hegység és a Tiu-völgy katasztrófikus eredetű vízfolyások által vájt csatornáinak területén található. A kiválasztásnál figyelembe vették a műszaki feltételeket, a biztonságot, a tudományos érdekességet, és a hasonlóságot a Washington állam keleti részén található Ephrata-legyezőhöz és a Scabland-árokhoz, melyeket a befagyott Missoula-tó katasztrófikus olvadása vájt ki. Az áradat hordaléka számos helyről gyűlt össze, így lehetővé teszi a Mars ősi felszínéről, a kráterekkel sűrűn borított felföldekről, a gerincekkel tarkított síkságokról és az átformált csatornák területéről származó kövek vizsgálatát. Ezzel választ kaphatunk a kéreg elsődleges differenciálódására és korai fejlődésére vonatkozó fontos tudományos kérdésekre, megvizsgálhatjuk az időjárás hatását, a Mars ősi környezetét és feltételeit. Bár a kőzetminták pontos származási helye nem deríthető ki, a további szondák keringő egységeinek távérzékelői következtetésekre adnak lehetőséget a Pathfinder által megvizsgált minták eredetére vonatkozóan.

A leszállási hely kiválasztása 3 évig tartó kutatás eredménye volt, amelyben több, mint 60 európai és amerikai kutató vett részt. A kiválasztás során a következőket vették figyelembe:

- a hely magassága megfeleljen a felszín átlagos magasságának, hogy az ejtőernyő kellőképpen le tudja lassítani a leszállást,
- a hely legfeljebb 5°-ra legyen a 15°-os északi szélességtől, hogy a napelemek kellő mennyiségű energiát tudjanak szolgáltatni,
- a szonda sík terepen szálljon le.

Szóba került még az Oxia Palus, egy sötét felföld, amely kéreganyagot és sötét, szélfújta üledéket tartalmaz; a Maja Valles Fan, egy háromszög alakú legyező, melyet vízlevezető csatornák hálózata alkot; és a Maja-felföld, amely délre helyezkedik el a Maja-völgytől. Minden helyet a Vikingek keringő egységeinek felvételei, a DSN (Deep Space Network) radarmérései és a Hubble űrtávcső felvételei alapján vizsgálták meg.

A hely kijelölése megelőzte az Alan Hills 84001 meteorit által szolgáltatott bizonyítékok felismerését a marsi életre vonatkozóan. Ennek ellenére az élet kutatásának szempontjából is megfelelő helynek mutatkozik. A víz által vájt csatornák egy ősi, kráterekkel sűrűn borított fennsíkról indultak ki, amely valószínűleg idősebb, mint 3,5 milliárd év. Ez megfelel az AH 84001 meteorit korának. Az Ares-völgy ősi közeleinek vizsgálata fontos információkat szolgáltat a Mars korai viszonyairól, arról, hogy jelen volt-e folyékony formájú víz abban az időben a felszínen. Ezeknek a köveknek a felkeresésével a Pathfinder radikálisan megváltoztathatja a Mars-ra és fejlődésére vonatkozó nézeteinket.

---

### MIKROROVER: SOJOURNER

A Planetary Society pályázatot írt ki a diákok számára, hogy nevet adjanak a mikrorovernek. A nyertes Valerie Ambrose, egy 12 éves Connecticut-i diák lett, aki a Sojourner nevet javasolta. A sojourner szó utazót jelent.

Sojourner Truth, eredeti nevén Isabella Baumfree néger rabszolgaként 1797 körül született Hurley-ben, New York államban. Több gazdája is volt. Az utolsótól megszökött, mert nem akarta elismerni az 1827-es New York-i rabszolga-felszabadítási törvényt.

Miután New York-ban letelepült, egy vallási kultusz tagja lett. 1843-ban azonban kiábrándult belőlük, és szakított velük. Ekkor választotta új nevét, mint vallási küldetésének szimbólumát (Sojourner Truth szabad fordításban: az igazság hírnöke).

Vándorszónokként bejárta az Egyesült Államok északkeleti és középnagyati részét. Sok városban küzdött a nők jogaiért és a rabszolgaság ellen. 1864-ben Washingtonba ment, ahol találkozott Abraham Lincoln-nal.

1875-ben Battle Creek-be költözött (Michigan). 1883 november 26-án halt meg otthonában.

**Robin Vaughan:**

## **A Mars Pathfinder navigációs rendszere**

Mi a navigáció?

A navigáció legfőbb feladata, hogy az űrszondát a küldetés alatt az előírt röppályán tartsa. A fejlesztési fázisban a navigációs csoport olyan pályát tervezett meg, amely megfelel a hajtóanyag-takarékosság vagy a bolygóvédelmi előírások követelményeinek. A repülés alatt ez a csoport gondoskodik a szonda által megtett és a még hátralévő pálya meghatározásáról. Ezen számítások alapján tervezik meg és hajtják végre a pályamódosító manővereket (TCM-ek). A Mars Pathfinder számára a Mars légkörében történő leereszkedés és leszállás sikeres végrehajtásához szükséges információkat is a navigációs csapat fogja szolgáltatni.

A Mars Pathfinder navigációja

Költségekímélő célból a Pathfinder navigációs rendszerének új szoftverfejlesztéseit a minimumra csökkentették. A szoftverek nagy része olyan korábbi küldetésekből származik, mint például a Galileo, a Mars Observer és a TOPEX-Poseidon. A korábbi navigációs csapatokat pálya-meghatározással, repülési pályaanalízissel és manővertervezéssel foglalkozó specialistákból álló hat vagy több fős csoportokra osztották. A Pathfinder navigációs csoportja három, mindhárom szakághoz értő emberből áll. A csapatot jelenleg Pieter Kallemeyn, David Spencer és jómagam alkotjuk.

A Pathfinder navigációja hagyományos rádiójeles mérési technikákat (Doppler és range) használ, hatékony adatszűrővel kombinálva. A légkörbe történő belépés, leereszkedés és leszállás alatti röppályát az atmoszféra belépési program (AEP) modellezi, ami a marsi légköri és gravitációs viszonyokat szimulálja a Pathfinder hőpajzsával, ejtőernyőjével és egyéb repülési rendszerével együtt. A manőver tervezése a korábbi küldetéseknél átlagosan 7-15 napot ölelt fel a DSN nyomkövetési adatainak kézhez vételétől a végrehajtásáig. A navigációs és a parancsértelmező szoftver egyesítésével ez az átfutási idő 5 napra csökkent. Ahol csak lehet, automatizált összegező és szerkesztő eljárásokat használnak,

hogy megkíméljék a navigációs analitikusokat ezektől az időigényes feladatoktól.

Pályameghatározás a szonda nyomkövetési adatainak segítségével

A navigációs csapat hatékony módszereket alkalmaz a szonda pályájának meghatározásához. Az űrhajóra ható erőkről készült modell a gravitáción és más alapvető fizikai törvényeken nyugszik. A szondáról repülés közben érkező nyomkövetési adatok összehasonlításra kerülnek a modell számított adataival. A pályaszámítás során a nyomkövető adatokra legjobban illeszkedő pályát határozzák meg.

Két alapvető mérési eljárás használatos a szonda nyomkövetésére, a Doppler és a range technika. A Doppler módszer egy a Földtől távolodó vagy közeledő test sebességének meghatározására szolgál. A Deep Space Network egyik antenája rádiójeleket sugároz az űrhajó irányába, amelyek arról visszaverődnek. Ha a szonda közeledik vagy távolodik a bemérőállomástól, a visszavert jelek frekvenciája megváltozik. Ha megfigyeljük egy autó dudáját vagy egy repülőgép hajtóműveinek zaját, ahogyan a hang elmélyül miután a gép elhalad mellettünk, bizonyára érzhetővé válik a Doppler-effektus. A frekvencia megváltozásának a mérése segít a szonda sebességének meghatározásában.

A range (távolságmérési) technika a fény véges sebességét használja fel az űrhajó Földtől mért távolságának meghatározásához. A Földről az űrhajóra kisugárzott jelek visszaverődnek, s a visszaérkezésig eltelt idő arányos a szonda Földtől mért távolságával. A range technika olyan (de sokkal pontosabb), mintha leveleket küldenénk önmagunknak, hogy megtudjuk, mennyi időt vesz igénybe a postai szolgáltatás a feladástól a kézbesítésig. Ha ezt a technikát együtt használjuk a Dopplerrel, az űrhajó helyzete és sebessége nagy pontossággal meghatározható.

A JPL összes eddigi bolygóközi programjához hasonlóan a Pathfinder is a Deep Space Network három komplexumának (Goldstone,



### A Pathfinder nyomkövetési programja:

- a kilövéstől a 30. napig:	napi 3 mérés (folyamatos mérések)
- a 30. naptól a Marsra érkezés előtti 45. napig:	heti 3 mérés
- a pályamódosítások előtti 3. naptól a módosítások utáni 3. napig:	napi 1 mérés
- a Marsra érkezés előtti 45. naptól a Marsra érkezésig:	napi 3 mérés (folyamatos mérések)

USA, Canberra, Ausztrália, Madrid, Spanyolország) antennáit használja a Doppler és a távolságmérési technika, valamint az űrhajó telemetriája számára. A Pathfinder nyomkövetésének nagy része 34 m-es parabolaantennákkal zajlik. Időnként azonban ezeket a DSN legnagyobb, 70 m-es antennáival egészítik ki. A küldetés túlnyomó része alatt a szondát csak hetente háromszor mérik be - gyakorlatilag mindegyik komplexum egyszer. Gyakoribb mérések csak a kritikus tevékenységek alatt történnek.

A manőverek megtervezése

Az űrhajó valószínűleg legnagyobb igyekezetünk ellenére sem fogja pontosan követni a tervezett pályát. A kisebb eltérések a Marshoz érkezésnél hatalmas hibákká nőhetnek. A kötöttségek ráadásul akadályoznak bennünket abban, hogy a küldetést folyamatosan nyomon kövessük. Ezen okokból a szonda pályája csak időnként módosítható. Ekkor begyűjtjük a hajtóműveket. Az így előidézett sebességváltozások hozzák létre a pályamódosítást.

A Pathfinder esetében összesen négy pályamódosítás (TCM) van betervezve. Az első kettőt

a küldetés első két hónapja alatt hajtják végre, amikor a szonda még viszonylag közel van a Földhöz. Az utolsó két módosítást pedig az út vége felé, amikor az űrhajó már közel jár a Marshoz. Lehetséges, hogy szükség lesz egy ötödik pályamódosításra is, mindössze néhány órával a légköri belépés előtt. Az alábbi táblázat az MPF manővereinek összesített programját szemlélteti.

A TCM 1 és 2

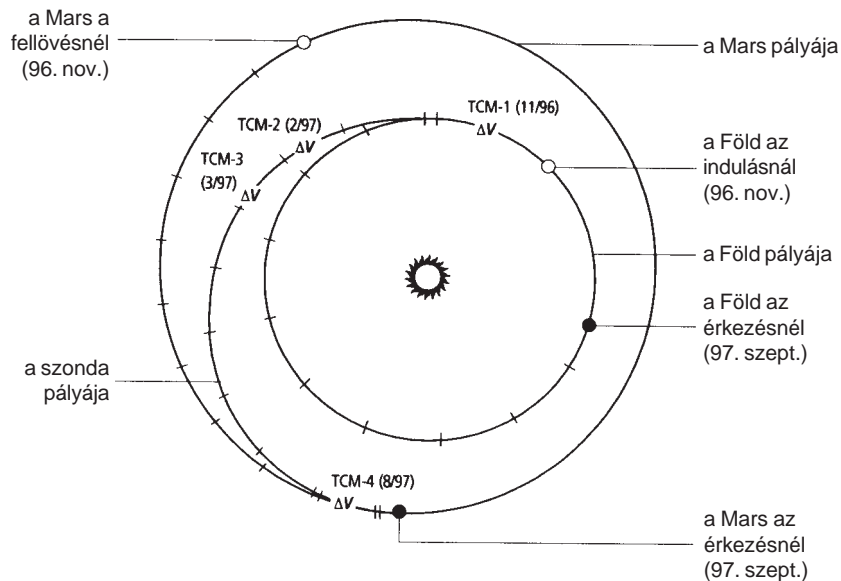
A Pathfinder-nek meg kell felelnie két, a NASA által előírt bolygóvédelmi előírásnak. Az első előírás értelmében a sterilizálatlan hordozórakéta utolsó fokozatának a Mars felszínére való becsapódási valószínűsége 0,0001-nél (1/10000) kisebb legyen. A hordozórakéta ugyanis az utolsó hajtóműindítás utáni különválás esetleges hibái miatt a Pathfinder-rel együtt a Marsra kerülhetne. Ebből az okból a hordozórakéta nem pontosan a Mars felé indítja a szondát. Ez az eltérés éppen csak akkora, hogy megfeleljen a követelményeknek. A TCM-1 feladata, hogy pontosan a Mars felé vezető útra állítsa az űrhajót.

A második, a Mars Pathfinder-re vonatkozó bolygóvédelmi előírás alapján pedig a Pathfinder

### A manőverek időrendi táblázata és a sebességváltozás

TCM-1: a kilövés utáni 37. nap	1997 január 10.*	31 m/s	a kilövési eltérések kiegyenlítése
TCM-2: a kilövés utáni 60. nap	1997. február 4.	1,5 m/s	helyesbítés a TCM-1 hibái miatt
TCM-3: az érkezés előtti 60. nap	1997. május 7.	0,4 m/s	a végleges légköri belépési pont irányának beállítása
TCM-4: az érkezés előtti 10. nap	1997. június 24.	0,1 m/s	a TCM-3 hibáinak javítása
TCM-5: a leszállás előtt 12 vagy 6 órával	1997. július 4.	0,2-2,0 m/s	az esetleges maradék hibák korrigálása.

\* 1997. január 3-ról elhalasztva



**Az MGS pályája**  
 Bejelöltük a pályamódosító manőverek (TCM) helyét. A beosztások a pályakon 30 napos intervallumokat jelölnek.

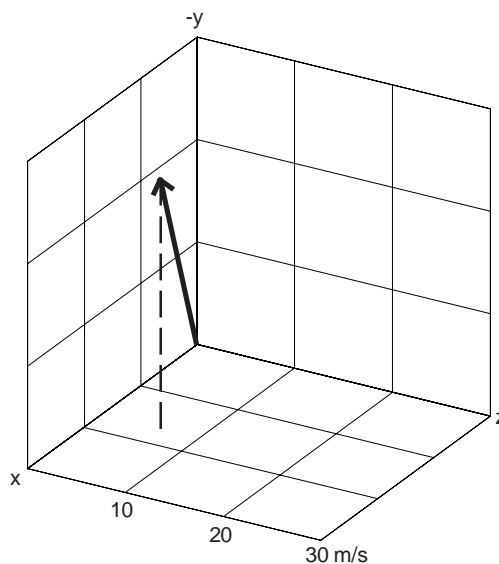
300 m/s-nál nagyobb marsi becsapódási sebességének valószínűsége 0,001-nél (1/1000) kisebb kell, hogy legyen. Ennek az előírásnak az első és második pályamódosítás megtervezése tesz eleget. Olyan pályát alakítottak ki, hogy ha az első vagy a második pályamódosítás után megszakadna a kapcsolat az űrhajóval, a szonda lapos szögben közelítené meg a Marsot, s így a légkör 300 m/s alá csökkentené a sebességét (feltételezve, hogy az ejtőernyő nem nyílna ki).

Az első pályamódosítást (TCM-1) úgy tervezték meg, hogy a szondát a kilövés utáni, a Marstól eltérő pályáról egy, a Marsra érkezési pályától kevésbé különböző pályára állítsa. Mivel a két irány közti különbség ismert, a módosítás pontos névleges értéke kiszámítható. A műveleteknek ezt a típusát nevezik „determinisztikusnak”. Van azonban néhány bizonytalanság a műveletek repülés közbeni végrehajtásával kapcsolatban.

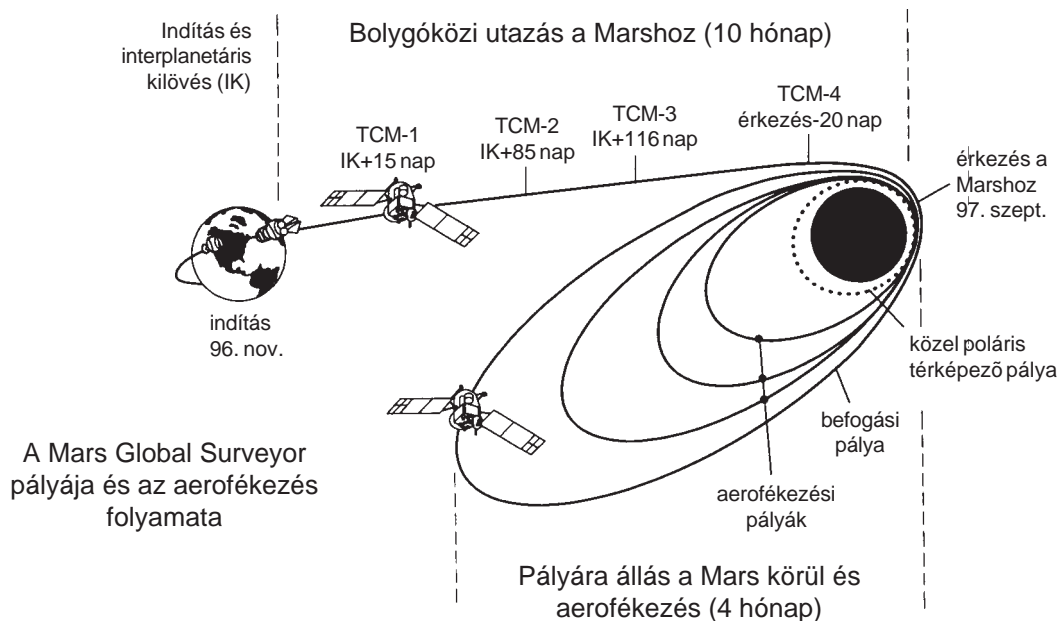
A második módosítás feladata a TCM-1 megtervezésénél és/vagy kivitelezésénél fellépett hibák kiigazítása. Ha ismernénk az űrhajó pontos röppályáját, és ha a hajtómű-rendszer képes lenne a pályamódosítás tökéletes végrehajtására, nem lenne szükség a TCM-2-re. Ezt a manővertípust nevezik „statisztikus” műveletnek, mivel jellemzői csak a számos hibaforrás statisztikai analízisével becsülhetők meg.

**A TCM-1 végrehajtása**

Az első pályamódosító műveletet eredetileg 1997 január 3-ra tervezték, de el kellett halasztani, hogy végre lehessen hajtani néhány változtatást a helyzetérzékelő szoftverben. A művelet pillanatnyilag 1997. január 10-én 02:00 UT-re van betervezve. (Jan. 10-én 3:40 UT-kor hajtották végre. A TCM-2-re pedig febr. 4-én 01:00



**A TCM-1 sebességváltozás vektora**



*UT-kor került sor - a szerk.)*

A navigációs csapat a kilövéstől az 1997. január 1-ig gyűjtött adatokra támaszkodva pályaszámításokat végzett. Összesen 26605 Doppler és 6952 távolságméréshez illesztették a pályát. A csapat erre a pályára támaszkodva számolta ki a manőverhez szükséges sebességváltoztatást. Ezt a  $\Delta v$  vektorral fejezik ki, amely megadja a sebesség nagyságának és irányának változását. Ez a vektor (J2000-re):

$$\Delta v_x = 17,3 \text{ m/s} \quad \Delta v_y = -25,3 \text{ m/s} \quad \Delta v_z = 5,9 \text{ m/s}$$

A  $\Delta v$  nagysága: 31,2 m/s.

Az első pályamódosítás végrehajtásához a hajtóműveknek a  $\Delta v$  vektor irányába kell nézniük. A megfelelő pozícióba történő fordítás 1997. január 7-re van betervezve. A hajtóműveket egy meghatározott pillanatban kell begyújtani, és a  $\Delta v$  nagyságának eléréséhez szükséges ideig működtetni. A hajtóművek begyújtására 1997 január 10-én kerül sor, mint ahogy arról már korábban szó esett. A hajtóművek másfél óra hosszat fognak égni, hogy a szonda elérje szükséges sebességváltozást. A hajtóművek leállása után az űrhajót elfordítják úgy, hogy forgástengelye a Föld felé mutasson.

A TCM-3 és 4

Mint ahogy azt az előző szakaszban kifejtet-

tük, a Pathfinder nem a végső, Marsra vezető pályán halad az első és a második pályamódosítás után. Újabb manőverre van szükség a bolygó légkörébe való sikeres belépéshez, a leereszkedéshez és a felszínre történő leszálláshoz. A harmadik pályamódosítást a Marsra vezető út végére tervezték be, és a megfelelő marsi belépési feltételek kialakításának első lépcsője. A belépés dinamikája meghatározza a leszállási helyet. Az űrhajó pozícióját és sebességét egy keskeny sávon belül kell tartani; különben az űrhajó elég a légkörben, vagy visszapattan az atmoszféráról. A TCM-3 a TCM-1-hez hasonlóan determinisztikus manőver, az első és a második módosítás végső iránytól való eltérésének előzetes ismerete miatt. Mint előzőleg, itt is szükség van egy második, statisztikus manőverre, a TCM-4-re. A negyedik módosítás a TCM-3 esetleges hibáinak kiigazítása miatt szükséges, mint ahogy azt a második módosítás tette az első után.

A TCM 5

A TCM-4 végrehajtása után a Pathfinder-nek a sikeres leszálláshoz szükséges pályára kell állnia. Ha a TCM-4 után a röppálya kikerül a leszállási folyosóból, lehetőség van egy végső módosításra, a TCM-5-re. Ez hat órával a belépés előttig

végrehajtható. A jelenlegi tervek két „ablakot” jelölnek ki egy lehetséges ötödik pályamódosításra: az egyiket 12, a másikat 6 órával a belépés előtt.

A TCM 1-4 „megtervezett” műveletek abban az értelemben, hogy a navigációs csapat pontosan kiszámolja a szükséges sebességváltozásokat, a repülésirányító csapat többi tagja megtervezi és végrehajtja az új parancsokat minden egyes manővernél. Mivel ez a folyamat kb. öt napig tart, ez nem lesz lehetséges az ötödik módosításánál. Ehelyett a sebességváltoztatási lehetőségek egész csoportját dolgozzák ki az ezekhez szükséges parancsokkal együtt. A navigációs csapat a legutolsó pályaadatok alapján az ahhoz legközelebb álló sebességmódosítást fogja kiválasztani.

Navigáció a belépésnél, a leereszkedésnél és a landolásnál

A légköri belépés előtti utolsó 48 óra a navigációs csapat számára eseménydús lesz. A csapat rendszeresen fog számításokat végezni az űrhajó helyzetéről, hogy meghatározza a pontos belépési feltételeket. Ezek az utolsó 24 órában óránként fognak készülni. Ezeket az információkat több célra használják majd fel:

- Annak a meghatározására, hogy szükség lesz-e egy ötödik pályamódosításra a belépés és a leszállási hely kiigazítására.
- A friss értékek a belépésnél és a leereszkedésnél a repülésirányító program számára szükségesegek, hogy mikor nyissa ki az ejtőernyőt, és mikor gyűjtsa be a fékezőrakétákat.
- A leszállási hely becsült helyének pontosítása, a szélesség és hosszúság meghatározása a Mars felszínén.

A TCM-5 szükségességéről csak 24 órával a belépés előtt döntenek. Ha szükséges, 12 órával a belépés előtt kerül sor a műveletre. Ha nem hajtják végre, újra kiértékelik a pályaadatokat. Ha a 24. és 12. óra közti adatok annak szükségességét mutatják, a TCM-5-öt hat órával a belépés előtt is végrehajthatják.

Az ejtőernyő nyitására és a fékezőrakéták beindítására vonatkozó időpontot az utolsó 24 óra alatt többször is kiértékelik, és az űrhajóra küldik. A helymeghatározó program mellett szükség van az AEP-re (Légköri Belépési Program) is a röppálya modellezésére a marsi légkörben. A NASA Langley által készített POST program is ellenőrizni fogja ezeket a számításokat.

1997 január 4.

(Fordította: Bán Levente)

NASA/JPL

## MARS NAVIGATOR

Interaktív multimédia CD-ROM

A CD-ROM részletesen ismerteti a Mars Global Surveyor és a Mars Pathfinder szondák adatait, pályájukat, felépítésüket, tudományos céljaikat. Az anyagot számos videobejátszás és hangfelvétel teszi szemléletessé. Hallható és látható többek között Donna Shirley is. Egy „laboratórium” nyújt lehetőséget saját űrszondák tervezéséhez, és kiértékeli a munkánkat. A CD-ROM-ot kiegészítették egy oktatási célokra is jól felhasználható multimédia csillagászati ismertetővel.

Albireo Amatőrcsillagász Klub

## MARS ÚTIKALAUZ

CD-ROM

A CD-ROM több, mint 150 nagy felbontású felvételt tartalmaz a Mars vulkánjairól, becsapódási krátereiről, a szél felszínformáló hatásáról és egyéb látványosságairól. Külön csoportban megtalálhatók a marsi eredetű meteoritok és a baktérium-szerű fosszíliaak fényképei. A .gif képekhez bármilyen képnézegető program használható. A CD-ROM-on lévő WinWord 2.0-es dokumentum részletes, magyar nyelvű magyarázatot ad minden egyes felvételhez.

# KRÓNKA

## MARS GLOBAL SURVEYOR

**1996.**

**Nov. 7.** A start helyi idő szerint 12:00:49,99-kor (17 h UT) zajlott le. Az első fokozat és a gyorsítórakéták a szondát 115 km magasra emelték fel. 10 perccel a kilövés után a második fokozat 185 km-es magasságban kör alakú parkolópályára állította, ahol kb. 30 percig keringett. Az Indiai-óceán felett a harmadik fokozat 90 másodperc alatt indította el a Mars felé vezető útra. Közben felpörgette percenként 60-as fordulatszámra. A napelemtáblák 17:52 UT-kor nyíltak ki. A szonda rádiójelei 18:11 UT-kor érkeztek meg a Deep Space Network-nek az ausztráliai Canberrában lévő 34 m-es rádióantennájára. A telemetriai adatok szerint az egyik napelemtábla nem nyílt ki teljesen.

**Nov. 8.** Vizsgálják a napelemtábla hibás helyzetének az okát. A hiba ellenére az energiaellátás rendszerben működik. Bekapcsolták a fedélzeti fűtőelemeket, hogy fenntartsák az előírt hőmérsékletet.

**Nov. 10.** Bekapcsolták a csillagérzékelőket. A szonda ezentúl a referenciacsillagok alapján határozza meg a helyzetét. Beállították a forgástengely normál helyzetét. A tengely 60°-ot zár be a Nap irányával. Üzembe helyezték az ultrastabil oszcillátort.

**Nov. 20.** A TCM-1 előkészítéséhez nyomás alá helyezték az üzemanyagtartályt.

**Nov. 21.** Végrehajtották a TCM-1-et. 16:00 UT-kor 44 másodpercre begyújtották a hajtóművet, ami 27 m/s-mal változtatta meg a szonda sebességét.

**Nov. 22.** A TCM után elzárták a nitrogén-tetroxidot és a héliumtartályt összekötő szelepet. Az üzemanyagtartályt csak 1997. szeptemberében fogják újból nyomás alá helyezni. A további TCM-ek során a maradék nyomást használják.

**Nov. 24.** Tesztelési céllal bekapcsolták az összes tudományos műszert. A TES-t a Föld felé fordítva ellenőrizték.

**Nov. 25.** A MOC kb. 3 millió km távolságról felvételt készített a Földről és a Holdról.

**Nov. 27.** A magnetométer kivételével kikapcsol-

ták a tudományos műszereket. A magnetométer kalibrációs céllal majdnem az egész út során működni fog.

**Dec. 11., 12., 13.** Mindhárom reggelen 20-60 másodperces időtartamú vibrációnak vetették alá a szondát, hogy megvizsgálják a hibás helyzetű napelemtábla helyreállításának a lehetőségeit.

**Dec. 16., 17.** Újabb vibrációs tesztekert hajtottak végre. 18-84 másodpercen keresztül többször is megmozgatták a panelt. A legnagyobb kitérés 8°-os volt.

**Dec. 19.** Kipróbálták a MOLA-t. Sajnos a Greenbelt-ben lévő megfigyelőállomás nem tudta fogni a jeleket, mert hóvihár dült.

**1997.**

**Jan. 6.** Az x-tengelyt (forgástengely) a Föld felé fordították, így használható lesz a nagy érzékenységű antenna a gyorsabb adatátvitelhez. Eddig a Nap zavarta volna az összeköttetést.

**Jan. 9.** Átálltak a nagy érzékenységű antenna használatára.

**Jan. 13.** Kipróbálták a MOC-ot. 4 napon keresztül egy-egy felvételt készítettek a Fiastyúkról. Közben a szondát el kellett fordítani a Földtől. Így a felvételeket először tárolta, majd kb. 3 órával később továbbította a Földre. A 250 Mbit-es képek sugárzásához 49 percre volt szükség.

**Jan. 15.** Tesztelték az ultrastabil oszcillátort. Erre a vizsgálatra kéthetenként sor fog kerülni, mert a műszer fontos szerepet játszik a Mars gravitációs terének a felmérésében.

**Jan. 22.** Bekapcsolták a MOC 53 wattos fűtőtestjét, amely kiszárítja a nedvességet a kamera szerkezetéből. Egyébként a lassú párolgás hatására a fókusz fokozatosan eltolódna.

**Jan. 22., 23., 24.** 84 másodperces időtartammal, 8°-os kitérésekkel egy-egy újabb vibrációs tesztet végeztek.

**Jan. 30.** 2 órás rádiós kalibrációs tesztet hajtottak végre. Bekapcsolták a fűtőtestet a fő rakétamotornál. Ez növeli a nyomást a nitrogén-tetroxid tartályban, így hatékonyabb lesz a március 20-ra tervezett TCM-2.

**Febr. 7.** Befejeződött a giroszkópok ellenőrzése.

## MARS PATHFINDER

**1996.**

**Dec. 4.** A start helyi idő szerint 01:58:07-kor (06:58 UT-kor) zajlott le. A rakétafokozatok leválása után 5 perccel már megérkeztek a szonda jelei. Az űrhajó a start után 1 óra 38 perccel lépett ki a Föld árnyékából. A napelemek rendszerben működésbe léptek.

**Dec. 6.** A 4 napelemtábla közül kettőt használnak. Teljesítményük 250 watt, ez a vártnál 10 %-kal nagyobb érték. A szonda belsejében 9 °C van (8 °C volt tervezve). A napérzékelők jelentik az egyetlen gondot. Az 5 szenzorból kettő a forgástengely irányába néz, a többi pedig egyenesen körbeveszi a szondát, 105°-ot alkotva a forgástengellyel. A tengely irányába néző 4. számú egységet valami eltakarja vagy beszennyezte. Az 5. számú egység, amely szintén a forgástengely irányába néz, rendszerben működik, de feszültsége kisebb a szükségesnél. A szonda forgástengelye 55°-ot zár be a Föld és 25°-ot a Nap irányával.

**Dec. 7.** A napszenzorok hibája miatt módosították a fedélzeti programot. A forgástengely már 58°-ot zárt be a Föld irányával, ami éppen az antenna teljesítőképességének a határát jelenti.

**Dec. 12.** A forgástengelyt visszafordították a Föld felé. Először csak 2°-kal mozdították el, majd amikor minden rendszerben működött, még további 20°-kal. Így most 37°-ot zár be a Föld és 44°-ot a Nap irányával.

**Dec. 11.** 2 fordulat/perc-es lépésekben lelassították a forgást 12,3 1/perc-es fordulatszámra 2 1/perc-re. A művelet előtt a forgástengelyt elfordították a Naptól 50°-ra és a Földtől 32°-ra. Így mind a 4 működő napszenzort használni tudták.

**Dec. 12.** A forgás lelassítása után bekapcsolták a csillag-szkennereket. Ezek segítségével határozható meg a szonda pontos térbeli helyzete.

**Dec. 16.** Tesztelték az ASI/MET műszereket és a kamerát.

**Dec. 17.** Felébresztették a Sojourner-t. Az ellenőrzés mindent rendszerben talált.

**Dec. 27.** A TCM-1 előkészítéséhez a forgástengelyt 43°-kal elfordították. Így 35°-ot zár be a Nap irányával és 43°-ot az ekliptikával. Mivel a start nagyon jól sikerült a pályamódosításhoz a 93 kg hidrazinnak csak 25 %-át fogja elhasználni.

Felfedezték, hogy a napérzékelő hibája miatt a fedélzeti számítógép szükségtelenül működtetné a forgatást szolgáló rakétamotorokat. Ezért átprogramozták szoftvert.

**Dec. 30.** Újból tesztelték az ASI/MET műszereket.

**1997.**

**Jan. 3.** A szoftver átprogramozása miatt elhalasztották a TCM-1-et.

**Jan. 7.** Sikerült a helyzetérzékelő program megváltoztatása.

**Jan. 10.** 03:40 UT-kor végrehajtották a TCM-1-et. Másfél órára bekapcsolták a 8 db 4,5 N tolóerejű hajtóművet. Ennek következtében 31 m/s-mal változott meg a szonda sebessége. A manőver után elfordították a forgástengelyt, hogy 35°-ot zárjon be a Föld irányával. A következő TCM-ig a szonda ebben a helyzetben marad.

**Jan. 19.** Egy vizsgálat hibát tárt fel a helyzetérzékelő szoftverben. Ez egy bizonyos matematikai eredmény esetén jön elő. Ekkor újraindítja (reszeteli) a programot, és kikapcsolja a hajtóművezérlő elektronikát (PDE). Keresik a hiba okát.

**Jan. 20.** Kisebbs problémák léptek fel a parancsfogadó egységgel (CDU) kapcsolatban. Az egység leblokkolt, amikor nem voltak kapcsolatban a szondával. Bár a kapcsolatteremtő (uplink) parancsra megszűnt a blokkolás, a jelenség zavarokat okozhat az irányításban.

**Jan. 24.** Két másik időszakban is előfordult, hogy a hardver ismeretlen okból nem reagált a parancsokra. Külön csoport alakult a probléma vizsgálatára.

**Jan. 27., 28.** A leszállás utáni (1. és 2. sol) műveletekre vonatkozó készenléti tesztet végeztek mind a szondával, mind a roverrel. Számos kisebb probléma adódott, melyek megoldása folyamatban van.

**Jan. 31.** A vizsgálatok szerint a rádiókapcsolatban létrejövő interferenciák zavarják meg a CDU-t, és ezek okozzák a blokkolást. Magyarázatra várnak azonban azok a blokkolások, amikor nem volt kapcsolat a szondával.

**Febr. 3.** 01:00 UT-kor végrehajtották a TCM-2-t, amely az első pályakorrekció hibáit javította

ki. Először 5 percre bekapcsolták az előre néző rakétamotorokat, melynek következtében a sebesség tengelyirányú komponense 1,5 m/s-mal változott meg. Majd úgynevezett laterális módban, a 4 oldalsó rakéta 5-5 másodperces működtetésével a forgástengelyre merőleges irányban 0,1 m/s-mal változtatták meg a sebességet. Közben a jobb összeköttetés érdekében a forgástengelyt 15°-kal visszafordították a Föld felé. Így 5°-ot zár be a Föld és 2°-ot a Nap irányával. Az utólagos vizsgálatok szerint a pályakorrekció hibája kisebb, mint 2 %.

**Febr. 5.** A fedélzeti számítógép újraindította

(reszertelte) magát. A vizsgálatok kiderítették, hogy ezt egy 0-val való osztás okozta a helyzet-érzékelő-vezérlő (ACS) programban. A szonda erre használaton kívül helyezi az ACS programot, és lecsökkenti az adatátvitel sebességét (!).

**Febr. 6.** A szonda térbeli helyzete lehetővé tette az adatátviteli sebesség megnövelését. Így egyelőre az ACS-t nem indították újra.

**Febr. 5-7.** Találkozót tartottak a tudományos programban részt vevő kutatók, és módosításokat javasoltak az 1-2. sol programjában.

(Az MGS Flight Status Reports és az MPF Mission Status Reports alapján)

## A Marsz '96 kudarca

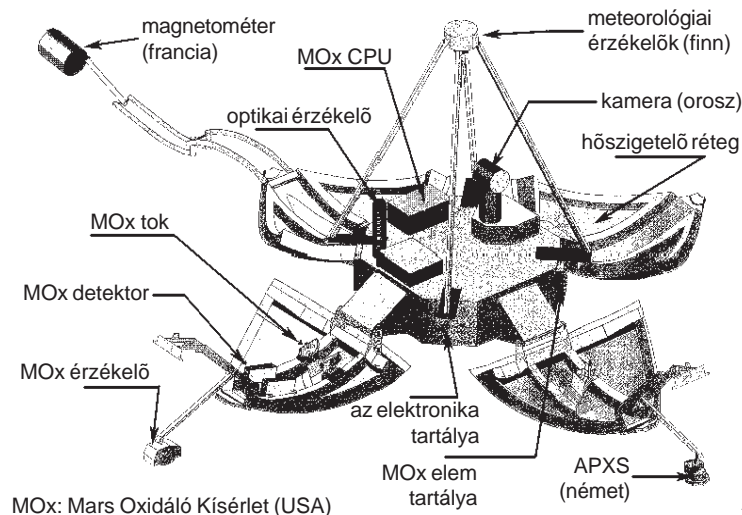
Az orosz Marsz '96 űrszonda egy négylépcsős Proton szállítórakétával startolt 1996. nov. 16-án 20:49 UT-kor. Az USA Űrparancsnokság Űrfelderítő Hálózata (SSN) követte az első három fokozat működését, és megfigyelt egy testet, amely (17-én) 00:49 UT-kor visszatért az atmoszférába. Mivel akkor még nem derült ki a szonda sikertelen indítása, ezt a testet a negyedik fokozatnak hitték. A negyedik fokozat leválasztását nem tudták megfigyelni, mert ez kívül esett a hálózat érzékelőinek látóterén. A három lépcsős leválása után az egyetlen észlelt objektumot a

szondával összekapcsolt negyedik fokozattal azonosították.

November 17-én kiderült, hogy a szonda nem indult el a Mars felé. A hálózat folytatta az objektum megfigyelését, amelyet így a negyedik fokozattal összekapcsolt űrszondának véltek. A beérkező adatok analízise után a szerkezetek valószínű becsapódási helyeként a Csendes-óceánt jelölték meg, 200-300 km-re Chile partvonalától, nov. 17-én 01:30 UT-re jósolva az időpontot.

Nov. 18-án reggel az oroszok beszámoltak arról, hogy a a negyedik fokozat levált a szondáról, és az atmoszférába való belépés időpontját nov. 17-én 00:30 és 01:30 UT közé tették. Így világossá vált, hogy az elsőként visszaeső objektum maga a szonda volt. A zuhanást túlélő törmelékek egy kb. 80 km széles és 300 km hosszú, DNY/ÉK irányú területen szóródhattak szét. A terület centruma kb. 30 km-re K-re van a chilei Iquique várostól, a bolíviai határ felé.

(US SpaceCom Release, 41-96., 1996. nov. 29.)



A Marsz '96 felépítése

MARS SZONDÁK <sup>(1)</sup>				
Start	Szonda (2)	Ország	Megközelítés vagy érkezés dátuma (3)	Eredmények
1962. 10. 24.	Szputnyik-22	Szu		Föld körüli pályán marad.
1962. 11. 01.	Marsz-1	Szu		A Földtől 106 millió km-re megszakad a kapcsolat.
1962. 11. 04.	Szputnyik-24	Szu		Föld körüli pályán marad.
1964. 11. 05.	Mariner-3	USA		A start után nem nyílik ki a védőburkolat.
1964. 11. 28.	<b>Mariner-4</b>	USA	1965. 07. 14.	Az első közelfelvételek a Marsról (22 fotó).
1964. 11. 30.	Zond-2	Szu		A Földtől 5,5 millió km-re megszakad a kapcsolat.
1969. 02. 25.	<b>Mariner-6</b>	USA	1969. 07. 31.	3430 km-ről mérések és fotók készítése az egyenlítő vidékéről és a déli féltekéről.
1969. 03. 27.	<b>Mariner-7</b>	USA	1969. 08. 05.	3450 km-ről mérések és fotók készítése az egyenlítő vidékéről és a déli féltekéről.
1971. 05. 08.	Mariner-8	USA		Sikertelen start.
1971. 05. 10.	Kozmosz-419	Szu		Föld körüli pályán marad.
1971. 05. 19.	<b>Marsz-2</b> keringő leszálló	Szu	1971. 11. 27.	Méréseket és felvételeket készít többek között egy globális porviharról. Becsapódik a felszínbe (az első űreszköz a Marson).
1971. 05. 28.	<b>Marsz-3</b> keringő leszálló	Szu	1971. 12. 02.	Méréseket és felvételeket készít. Simán leszáll, de 20 másodperccel később elhallgat.
1971. 05. 30.	<b>Mariner-9</b>	USA	1971. 11. 13.	1972. 12. 27-ig több ezer fotót és mérést készít. Feltérképezi az egész felszínt, felfedezi a vulkánokat, kanyonokat, csatornákat.
1973. 07. 21.	Marsz-4	Szu	1974. 02. 10.	Panorámafelvételeket készít, de pályára állás helyett elrepül a bolygó mellett.
1973. 07. 25.	<b>Marsz-5</b>	Szu	1974. 02. 12.	Fotókat készít a felszín egy részéről, mágneses méréseket végez.
1973. 08. 05.	Marsz-6 szállító leszálló	Szu	1974. 03. 12.	Repülés közben a bolygóközi tér vizsgálata. Márc. 12-én leszállás közben méréseket készít, de becsapódik a felszínbe.

(1) Legnagyobb részét az Almár-Both-Horváth-Szabó: Űrtan SH Atlasz alapján (Springer, 1996.).

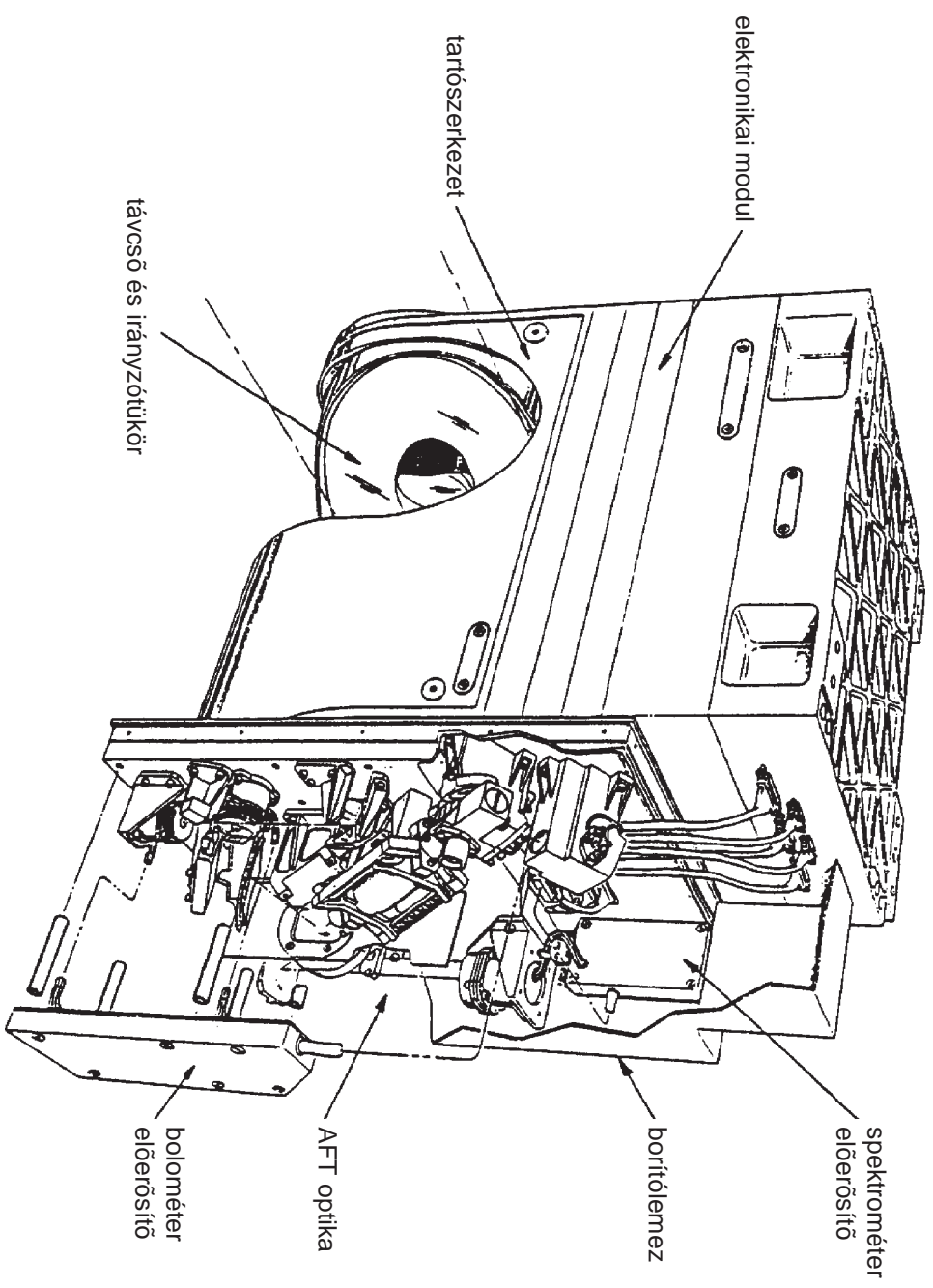
(2) A sikeres missziók neve vastag betűvel szerepel.

(3) A megközelítés dátumát dőlt betűvel írtuk.

(4) A leszálló egység elemei 1994-ig kitartottak volna, de 1982. novemberében az antennája egy hibás parancs miatt elvesztette a kapcsolatot a Földdel. Ezután 6 és fél hónapig próbálkoztak sikertelenül a kapcsolat helyreállításával.



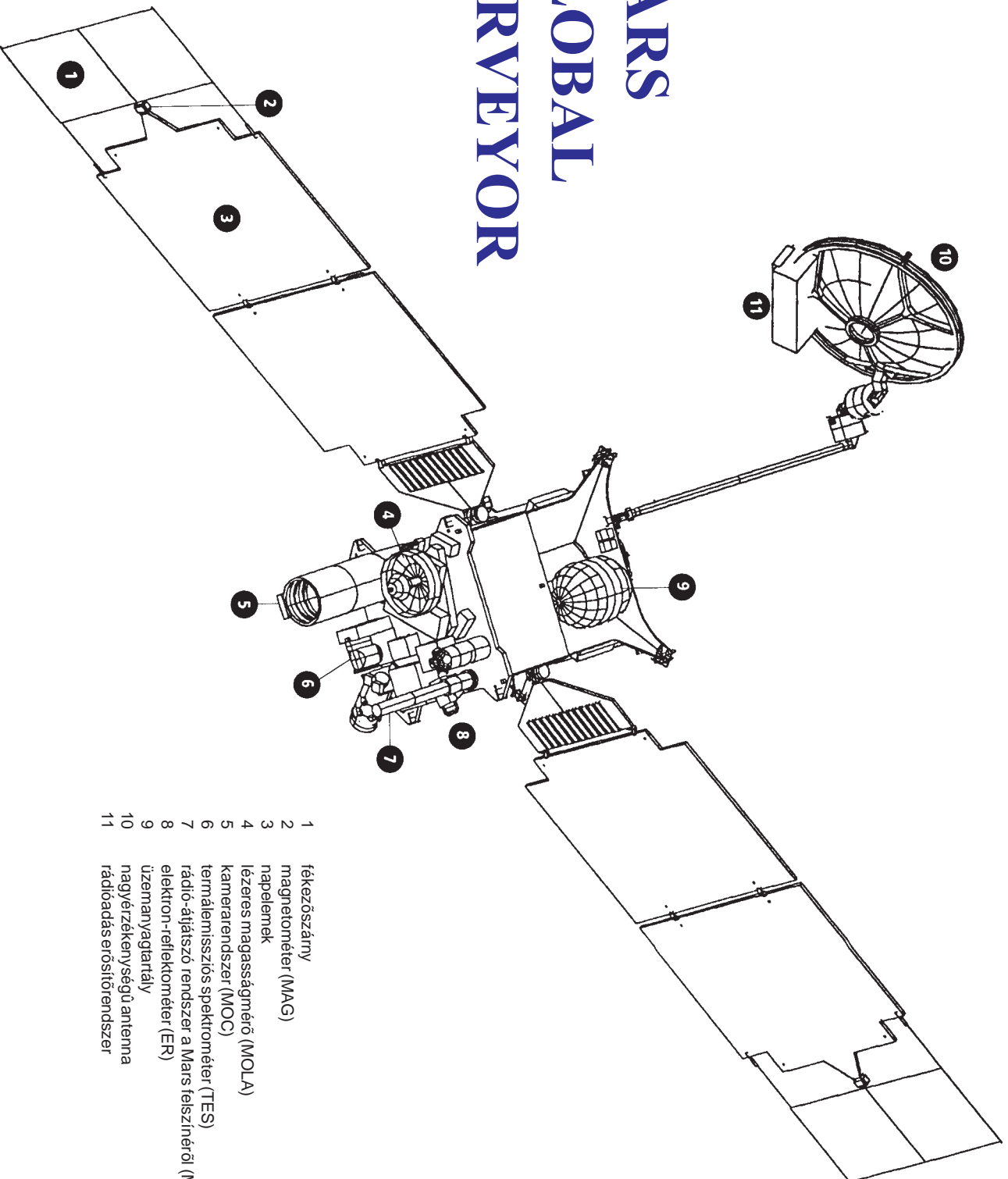




A termálemisziós spektrométer

Start	Szonda (2)	Ország	Megközelítés vagy érkezés dátuma (3)	Eredmények
1973. 08. 09.	Marsz-7 szállító leszálló	Szu	1974. 03. 09.	Repülés közben a bolygóközi tér vizsgálata. Márc. 9-én elrepül a bolygó mellett.
1975. 08. 20.	<b>Viking-1</b> keringő leszálló	USA	1976. 06. 21.	1980. 08. 07-ig mérések, térképezés, fotózás, 1489 keringést végzett. 1976. 07. 20-tól 1982. 11. 08-ig, az első felvételek a Mars felszínéről, meteorológiai, talajtani, biológiai mérések. ( 4 )
1975. 09. 09.	<b>Viking-2</b> keringő leszálló	USA	1976. 08. 09.	1978. 07. 25-ig mérések, térképezés, fotózás, 706 keringést végzett, mielőtt kifogyott a pályakorrekcióhoz szükséges üzemanyaga. 1976. 09. 03-tól 1980. 04. 01-ig színes panorámaképek, meteorológiai, talajtani, biológiai mérések, télen dér megfigyelése.
1988. 07. 07.	Fobosz-1	Szu		A kapcsolat 1988. nov. 3-án repülés közben megszakad.
1988. 07. 12.	Fobosz-2	Szu	1989. 01. 29.	Fotózás, plazma és mágneses mérések, a kapcsolat 1989. márc. 27-én megszakad, mielőtt a leszálló egység elindult volna a Phobos-ra.
1992. 09. 25.	Mars Observer	USA		1993. aug. 21-én a Mars közelében megszakad a kapcsolat.
1996. 11. 07.	Mars Global Surveyor	USA	(1997. 09. 12.)	Széleskörű tudományos mérések, a Mars Observer 8 műszere közül hatot pótol.
1996. 11. 16.	Marsz '96 (Marsz-8)	orosz és európai		Négy leszálló egységet visz magával, de a start után 4 órával visszaesik a Földre.
1996. 12. 04.	Mars Pathfinder	USA	(1997. 07. 04.)	Mars körüli pályára állás nélkül száll le a bolygóra, technológiai kísérletek, meteorológiai, kémiai mérések, a rover lesz az első jármű egy idegen bolygó felszínén.
1998. dec.	Mars Surveyor '98 Orbiter	USA	(1999. szept.)	Kis keringő egység, a Mars Observer infravörös radiométerével.
1998.	Planet B	Japán	(1999. okt.)	15 műszert visz magával, a felső atmoszféra (aerónómia) és a napszél vizsgálata.
1999. 01. 04.	Mars Surveyor '98 Lander	USA	(1999. nov.)	A Mars pólusának közelében fog leszállni, talajmintákat vizsgál meg.
2001.	Marsz 2001	orosz		Egy kis járművet visz magával.
2001.	Mars Surveyor '01	USA		A keringő egység a Mars Observer gammasugár spektrométerével, a leszálló egység tervezés alatt.
2003.	Intermarsnet	európai és USA		Keringő és leszálló egység.
2003.	Mars Surveyor '03	USA		A célok még nincsenek meghatározva.
2005.	Mars Surveyor '05	USA és mások		A tevek szerint talajmintát hoz vissza a Földre.

# MARS GLOBAL SURVEYOR



- 1 fékezőszárny
- 2 magnetométer (MAG)
- 3 napelemek
- 4 lézeres magasságmérő (MOLA)
- 5 kamerarendszer (MOC)
- 6 termálémisziós spektrométer (TES)
- 7 rádió-átviteli rendszer a Mars felszínéről (MR)
- 8 elektron-reflektométer (ER)
- 9 üzemanyagtartály
- 10 nagyérzékenységű antenna
- 11 rádióadás erősítőrendszer



I  
R  
Á  
N  
Y  
  
A  
  
M  
A  
R  
S

**ALBIRO** 1997. 2. szám