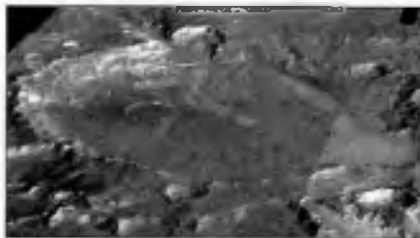


Támadás a Mars ellen

Ez év elején két amerikai marszonda érkezett a bolygóra, mindkettő egy-egy speciális MER-t, marsjárót vagy marsautót szállít. A MER kifejezés a Mars Exploration Rover, azaz Mars Felderítő Rover rövidítése. Az elnevezés jól mutatja a célt: nem csak a leszállóhelyen akarunk körülnézni, hanem a klasszikus földrajzi felfedezések korát idézve a járművek bebarangolják a vidéket. A MER sorozat egyik tagja, a Spirit, a tavi üledékkel feltöltött Gusev-krátert, társa, az Opportunity a vízzel kapcsolatban keletkezett ún. hematit régiót vizsgálja. A Spirit (MER-2) 2003.06.10-én startolt Delta-7925 hordozórakétával, és 2004.01.04-én landolt a Gusev-kráterben. Az Opportunity (MER-1) 2003.07.07-én indult Delta-7925 H hordozórakétával és a tervek szerint 2004.01.25-én landol a hematit régióban.



A Gusev-kráter észak felől nézve

A két egyforma, kb. 130 kg-os marsjárót eredetileg egy 2001-es misszióhoz tervezték az ún. Athena Rover Design program keretében. A projektet elnapolták, ezért csak most repülhettek – ellenben bőven volt idő a tesztelésre és a finomításra. Hat kéreken, sima felszínen 5 cm/s a végsebességük, de átlagos sebességük kb. 1 cm/s. Egyfolytában maximum 10 másodpercig mozognak, aztán legalább 20 másodpercig megállnak nézelődni és vizsgálozni – az érdekes helyszíneken órákat is töltenek. Egy marsi nap alatt 40–100 métert haladhatnak, a tervek szerint összesen 1 km-t tesznek meg három hónapos üzemelésük során.



A Spirit leszállása során 1905, 1690 és 1400 m magashól készült felvételek

A marsjáró testének középső részét egyszerűen meleg elektromos doboznak (warm electronics box-nak, azaz WEB-nek) keresztelték el. Ez egy fűtött szerkezet, amelynek $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ felett kell tartania belső hőmérsékletét. Itt található az energiafenntartó és irányítórendszer, a fedélzeti számítógép 128 Mbyte RAM és 3 Mbyte ROM memóriával, közel ezerszer akkora kapacitással, mint amivel az 1997-es Sojourner látták el. A házat kívülről a hővesztéséget csökkentő aranybevonat és hőszigetelő aerogél borítja. A rover maximálisan 45 fokos szögig dőlhet meg, de a rendszer a 30 foknál nagyobb

dőlésszöget igyekeznek elkerülni. A testre rögzül a három helyen ízelt kar (instrument deployment device, IDD), végén ujjakként négy berendezéssel: mikroszkóp, Mössbauer-spektrométer, alfarészecske röntgenspektrométer, közetfelszín-tisztító. A kar tömegének 30%-át az ujjakat alkotó négy műszer adja. Menet közben a kar behúzott állapotban van, megállás után kinyúlik és megvizsgálja a célpontokat. Az autó energiaellátását a tetején elhelyezett napelemtáblák biztosítják. Ezek teljes megvilágítás esetén mintegy 140 W-ot termelnek, amiből a jármű kb. 100 W-ot használ fel. A program folyamán teljesítményük csökken, mert por rakódik rájuk és a Mars egyre távolabb kerül a Naptól. (Az apró Sojourner mindössze 16 W-tal üzemelt.) A rover nagy nyereségű antennájával közvetlenül a földre sugározhat, adását a Deep Space Network antennái veszik, de az MGS-sel és a Mars Observerrel is képes kommunikálni.

A MER-ÉK MŰSZEREZETTSÉGE

Sztereo panorámakamera (Pancam)

1,5 méter magas rúd tetején lévő két 270 grammos kamera CCD-érzékelőkkel 360 fokos szögben képes körbenézni. A közeli tereptárgyak távolságát is megturlija becsülni. Felfelé és fölfelé 180 fokos a mozgási szabadsága, a zenitre is pillanthat. Különböző hullámhosszú szűrőkkel a kőzetek és a légkör jellemzőjére következtethet.

Kőzettisztító berendezés (Rock Abrasion Tool, RAT)

A 720 grammos berendezésen három apró acélfog van, amelyeket elektromotor forgat. Így képes a kőzetfelszínüket borító mállási kéregbe 45 mm átmérőjű, 5 mm mély lyukat fúrni, és friss felületet biztosítani a többi műszer vizsgálatához.

Miniatur infravörös spektrométer (miniature thermal infrared spectrometer, MiniTES)

A hőmérséklet-eloszlást és annak időbeli változását tanulmányozza a felszínen és az égbolton, utóbbiról függőleges hőmérséklet-profilokat is készít.

Mikroszkóp (Microscopic Imager, MI)

Hagyományos mikroszkóp és egy CCD-kamera kombinációja.

Mössbauer-spektrométer (Mössbauer spectrometer, MS)

Elsősorban a vastartalmú ásványok vizsgálatára.

Alfarészecske röntgenspektrométer (alpha-particle-X-ray spectrometer, APXS)

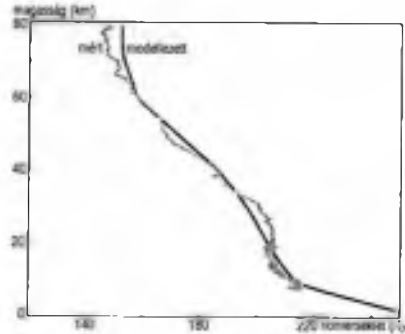
Részletes összetétel meghatározására.

Mágnes (magnet, M)

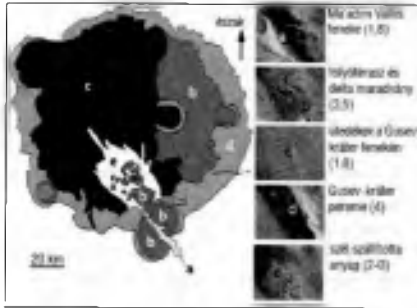
Mágnesezhető szemcséket gyűjt és ad át a Mössbauer spektrométernek, vagy az APXS-nek.

A fenti műszerekhez természetesen kalibrációs standardok is tartoznak. Ezek közül legfurcsább a panorámakamera színbeállító standardja, ami nem más, mint egy színes marsi napóra. A MER-eket 90 napos élettartamra tervezték. Hosszabb működésük fő akadályá, hogy napelemtáblaikon egyre több por halmozódik fel, és a 90 nap alatt teljesítményük kb. 50%-ra csökken. Leszállóhelyük kiválasztását hosszas elemzés előzte meg, amelyek legfontosabb szempontjai: 1. egyenlítőhöz közeli hely legyen (a napelemtáblának szükséges fény mennyiség miatt), 2. kis magasságú terület legyen (az ejtőernyős lassításhoz szükséges, hogy a légkör alsó, sűrű részében is repüljön a szonda ejtőernyőjével), 3. nem túl meredek terep és nem is túl sziklás terep, 4. tudományos szempontból minél érdekesebb legyen a vidék. Összesen 155 potenciális leszállóhelyet tanulmányoztak éveken át a kutatók javaslatai alapján, így esett a választás a bolygó két érdekes vidékére: a Gusev-kráterre és a hemalit régióra

A két MER közül a Spirit érkezett elsőként a Marshoz 483 millió km utazás után. A leszállóegység rakétás fékezés nélkül, 19 300 km/óra sebességgel lépett az atmoszférába. Négyperces légköri fékezés végére 1600 km/óra sebességre lassította a hővédőpajzs, ekkor olyan magasan volt a felszín felett, mint az utasszállító gépek a Föld felett. Innen kezdve már csak 100 másodperc volt a Marsot érésig. A kinyíló ejtőernyő 321 km/óra sebességre lassította a szondát. Eközben egy egyszerű kamera fotókat készített a tájról, amivel a szonda oldalirányú soródását lehetett megállapítani. Másfél perc után, kb. 91 méter magasan bekapcsoltak a fékezőrakétát, az ejtőernyő levált, és az ütközést tompító légszákok felúvódtak. Ekkor a fékezőrakéták révén a szonda gyakorlatilag „megállt” a levegőben, majd néhányszor 10 méter magasan a huzal eleresztette és szabadeséssel zuhant tovább. A szél erejétől függően kb. 50 km/óra sebességgel csapódhatott a felszínbe, ahol a légszákok tompították az ütközést. 27 pattanás után, az első ütközés pontjától kb. 300 méterre állt meg. Ezután a légszákok leeresztettek, a burok kinyílt, a marsjáró pedig elkezdte magát felélesztetni



Az ejtőernyőnyitáshig mért (szürke) és modellezett függőleges hőmérséklet-eloszlás (fekete)

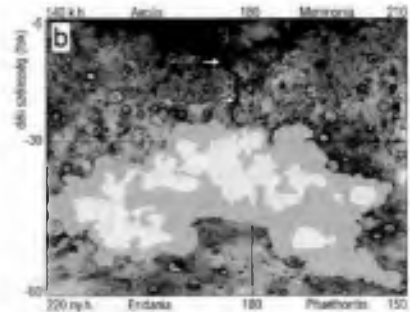


A Gusev-kráter geológiai térképe. Zárójelben a formációk kora milliárd évben

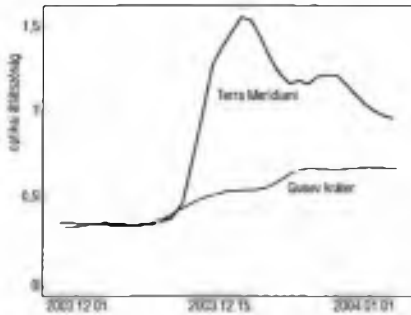
hogy a víz egy ősi tóba folyt. Deltatorkolatok ott keletkeznek, ahol egy folyó vize lelassul, és a benne szállított üledék kihullik. A deltát a későbbi vízáramlás szétszabdalta, amikor a tóban már alacsonyabb volt a vízállás. A delta maradványait képviselő dombok oldalán kibukkannak az elmetszett rétegfejek. A feltételezett Gusev-tó maximális mélysége 310 m lehetett, az utolsó vizes időszak egészen fiatal (közép Amazoniai korú), kb. 0,5 milliárd éves. Ekkor csak 35 m-es vízborítás volt, a tavi időszakokra utaló partvonalmunkok azonban elég bizonytalanok. A leszállási ellipszis a medence legmélyebb részén volt, ahol legtávolabb lehetett jelen víz, és a legvalószí-

nübbek az ún. evaporitok, a bepárlódó sóüledékek. A víz forrása egyébként a déli felföldök egy nagyságrendileg 200 ezer km²-es területén lévő vízgyűjtője lehetett.

A Spirit leszállóhelye már első pillantásra is különbözik a Vikingekétől és a Pathfinderétől. Míg az előbbiknél 20% körüli volt a sziklaboritás, a Spirit környezetében ez kb. 3%. A képeken látszik, hogy a berendezés egy nyugodt üledégyűjtőben landolt, nincsenek akkora sziklák, mint a Pathfindernél, az Ares-völgy trókusvidékén. Ugyanakkor itt is az aprózódott kődarabok látszanak, és a szél apró dűnékbe rendezi a homokot. További érdekesség, hogy a por látványosan kitölti a krátereket, amelyeknek a fenekén



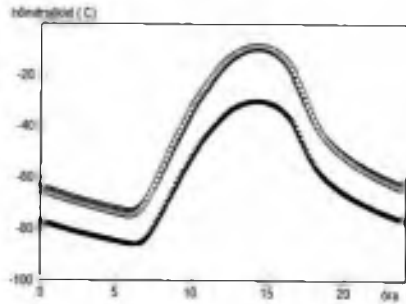
A Ma'adim Valles lorrászvidékén feltételezett ősi tó, két képzeletbeli vízszinttel



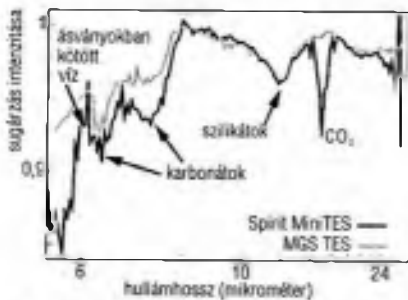
A légköri állátszóság változása 2003 decemberében

2004 januárjában mutatja szürkével a Gusev-kráter, feketével pedig a hematit régió (Terra Meridani) felett a légkörben lebegő por mennyiségét, a légkör állátszósága alapján. Az MGS TES hőkamerája segítségével szerkesztett görbék jól érzékeltek, hogy az Opportunity leszállóhelyén december közepén kezdődött egy porvihar. A függőleges lengelyen a 0,1 érték tiszta, míg az 1,0 szmogos városi levegő optikai átlátszóságát közelíti. Mint arról a Meteorban írtunk, az MGS TES spektrométere nem akadt nyomára azoknak a nagy karbonátos kőzeteknek, amelyek elméletileg nagy mennyiségben keletkeztek az ősi vizek és a légköri széndioxid kölcsönhatásaitól. Kis mennyiségű karbonátot azonban detektáltak, ez a kőzetek felületén a légköri vízpára hatására keletkezhet. Karbonátokra utaló jeleket a Spirit MiniTES berendezése is rögzített, egyelőre azonban nem tudni, hogy ugyanazt vette-e észre, mint az MGS. A MiniTES víztartalmú ásványokat is talált, de egyelőre azokat sem sikerült meghatározni, legvalószínűbb jelöltek a gipsz és a különböző zeolitok.

A Spirit a Mars felfedezésének egy új, „emberközeli” korszakát nyitja meg – könnyűható „végtagja”, közetfelszín-tisztító képessége, 1,5 m magas sztereokamerája egy sétáló geológus kezét, kalapácsát, és pástlázó szemét imitálja. Ez nem csak az emberes Mars-expedíció felé tett fontos lépés – a bolygó felfedezésének más okból is új időszaka kezdődik. A korábbi szondák (még a Pathfinder is) csak egy-egy szűk területet vizsgáltak. A terep bejárása új és hatékonyabb módszer: olyan, mintha egy kísérleti laboratóriumban sok mérést végezhetnénk, ráadásul eltérő körülmények között. Szakmai szempontból ezzel csökken a hibahatár és szélesedik a vizsgált környezeti feltételek spektruma – olyasmí történik, mint amikor sok magányos csillagot tanulmányozva állítjuk össze a csillagfejlődés modelljét.



Napi hőmérsékleti görbék a leszállóhelyre. A felső görbe a leszállás utáni első napra modellezett görbe, míg az alsó a századik napra, a projekt tervezett végére vonatkozik, amikor már közelítünk a télhez



A MiniTES spektruma a környezetről

(vagy eltérő) életet avagy annak a nyomait, közelebb kerülnénk saját eredetünk megértéséhez. A Gusev-kráter tavi üledékei egy nyugodt körülmények között lerakodott „történelemlap” lapjainak is tekinthetők, ami több milliárd év történelméről árulkodik. A Spirit ebből a könyvből fog nekünk felolvasni – reméljük, olyan fejezeteket is, amelyek egy esetleges ősi marsi életről regélnek (lásd: <http://mars.csillagaszat.hu>).

A jövő kutatásait tekintve a NASA 2005-re tervezi Mars Reconnaissance Orbiter keringő szondáját, ami minden eddiginél nagyobb (30 cm!) felbontással vizsgálja a Mars-felszínt. Ebben az évben várhatóan nem indul leszállóegység. 2007-ben három űrszonda indítása képzelhető el. A francia-amerikai közös építésű Mars NetLander feladata a keringés mellett négy darab, külsőre a Beagle-2-höz hasonló leszállóegység felszínre juttatása, utóbbihoz képest lehetőleg nagyobb sikerrel. Ám a CNES francia űrhivatal jelenlegi anyagi helyzete és a Beagle-2 kudarca úgy tűnik, nem teszi lehetővé ezt a programot. Kína kb. 2007 környékére tervezi indítani első Mars-szondáját, egy keringőegységet Minihogy nem történt még hivatalos bejelentés, eb-

ben sem lehetünk biztosak Végül a NASA 2007-ben indítaná el a már korábban részletesen megtervezett Phoenix nevű szondáját, melyet eredetileg 2001-ben indítottak volna (ezért is Phoenix), ám akkor marsjárót is vitt volna magával, most ez elmarad.

Oroszország legkorábban 2009-ben tér vissza a Marshoz, pontosabban annak holdjához. A Fobosz-3 vagy másképp Fobosz-Grunt szonda az első lenne, mely a térségből mintával tér vissza a Földre.

A Luna-szondák visszatérési tapasztalatait felhasználva indulna, hogy a Phobos anyagából mintát véve, visszatérjen bolygónkra. Ha záros határidőn belül nem kap a szonda állami támogatást – amire kicsi az esély –, akkor ismét halasztani kell a terveket, először ugyanis 2005-re tervezték az indítást.

Az állandó Hold-bázist célként, az emberes Marsra-szállást pedig végcélként megjelölő európai Aurora-program első, Mars felé induló szondája az ExoMars lenne. A 2009-ben induló misszió során az anyaszonda felszínre juttatná Pasteur nevű Marsjáróját, aminek fő feladata a biológiai kísérletek végrehajtása lesz.

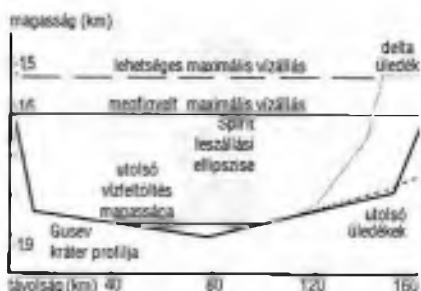
Az ezt követő időszakra kidolgozott terveket eddig csak az ESA készítette. A NASA természetesen tervezi a Mars további kutatását, de egyelőre nem tudni, milyen szondákkal, noha ötletekben nincs hiány. Az ESA legkorábban – de mindenképp csak az ExoMars sikere esetén – 2011-ben indítja a Mars Sample Return nevű űrszondát, mely szintén keringő- és leszállóegységből áll majd. Az MSR leszállóegysége a Marsról talajmintát venne, majd azt Mars körüli pályára juttatná. Ott dokkolna a keringőegységhez, ami a mintát visszajuttatná a Földre. A bonyolult manőverek célja a majdani emberes küldetések esetleg felmerülő problémáit is hivatott felderíteni. Ezután az ESA az addigi technikai fejlesztéseket próbálná ki az ISRU-missziók során a Holdon és a Marson. A 2018-as ISRU-misszió célja a marsi légköri fékezés, a dokkolás és a leszállás tökéletesítése. Emellett Európa marskörüli kommunikációs hálózat telepítését tervezi, ami elengedhetetlen a majdani emberes expedíciók számára.

Ha addig minden űrszonda teljes sikerrel jár és a fejlesztések sem csúsznak, 2026-ban indulnának az első űrhajók, még legénység nélkül, a Marsra. A kétféle egység neve Trans-Earth Module és Mars Excursion Module. Előbbi a Földre, illetve a Mars körüli pályák közötti utat tenné meg, utóbbi szállna le a felszínre és térne onnan vissza bolygó körüli pályára.

2030 után lakómodulokat küldenének a Marsra, melyek azonos helyen leszállva – mozgathatóságuk révén – távirányítással összekapcsolhatók lennének, így sor kerülhetne az első, időnként meglátogatható Mars-bázis kiépítésére.

Az Aurora-programban felhasználnák Oroszország korábbi, hasonló tervek előkészítésekor szerzett tapasztalatait.

A hosszútávú amerikai tervek ugyan célozzák a Holdra való visszatérést és a Mars-utazást, azok azonban még nincsenek részletesen kidolgozva, s jelenleg még kongresszusi jóváhagyás sincs Bush elnök erre irányuló terveire.



A Gusev-kráter keresztmetsvénye

KERESZTURI ÁKOS–HORVAI FERENC