

A Mars új arca

Bár a híres marsbéli arcról kiderült, hogy sem emberi, sem más arcra nem hasonlít, az utóbbi két évben a vörös bolygónak egy egészen új arculata kezd körvonalazódni. Az alábbi cikkben a Mars Global Surveyor (MGS) előzetes eredményeiről adunk rövid áttekintést, a teljesség igénye nélkül. Bár még csak a kutatóprogram elején járunk, már most is egészen új kép kezd kialakulni. Az MGS 1997. szeptember 11-én érkezett a vörös bolygóhoz. Korábbi társaival ellentétben, takarékosági okokból a marskörüli pályamódosításokhoz ún. légköri fékezést használt. Ennek előnye, hogy miután elliptikus marskörüli pályára áll, alig kell üzemanyag ahhoz, hogy útvonalát körre alakítsa. Minden keringés alkalmával a bolygó felsőlégkörébe merül, és a légellenállástól lendületet veszít. A jól megtervezett manőverbe azonban beleszólt az egyik napelemtábla hibája. Ez a felbocsátás után nem nyílt ki teljesen, a végpont előtt mintegy 20 fokkal megakadt. A légköri ellenállás a legnagyobb felületű eszközökre, főként a napelemtáblákra nehezedik. Október 6-án a marsi légkör sűrűsége váratlanul megnőtt, a légellenállás pedig a kérdéses napelemet kiegyenesítette, sőt tovább is hajlította. A földi irányítók a lehetőségeket mérlegelve a korábbinál sokkal gyengébb fékezési programra állították a szondát. Így végső, 400 km-es körpályáját 1999. február 4-én, közel egy évvel a tervezett időpont után érte el az MGS. A hivatalos hároméves program (targeted observation) ekkor kezdődött meg, melynek célja a marsfelszín 1,5 m felbontású feltérképezése.

A szakemberek többsége örült ennek, hiszen így megnőtt a térképezést megelőző kutatási időszak. Hamarosan új adatok is születtek a Mars mágneses terével kapcsolatban. Korábban csak a szovjet Fobosz-2 megfigyelései utaltak globális mágneses mezőre. Először az MGS mérései is ezt mutatták — de a további hónapokban kiderült, hogy nem globális, hanem több lokális mezővel van dolgunk. Néhányszor 10–100 km átmérőjű mágneses anomáliákról van szó, melyek főleg a bolygó idősebb, déli felföldjein mutatkoznak.

Senki nem sejtette, hogy a napelem problémája és a légköri fékezés elhúzódása szenzációs felfedezéshez vezet. A magnetométernek a plusz egy év alatt volt elég ideje, hogy 100–200 km magasságból a lokális mágneses anomáliák eloszlását viszonylag részletesen feltérképezze. Kiderült, hogy ezek elhelyezkedése nem véletlenszerű. Főleg a déli felföldeken 150–200 km széles, átlagosan 1000 km hosszú, K–Ny irányú sávok formájában mutatkoznak. Az egymással szomszédos, párhuzamos sávok ellentétes polaritásúak. Ilyen képződményeket a Földön is ismerünk. Az óceánközepi hátságok két oldalán, a hátság vonalával párhuzamosan váltakozó polaritású sávok húzódnak. A hátságban egy hasadékvölgy található, itt új anyag jön a felszínre, illetve hozzáferr a kéreg felszín alatti részéhez. A kőzet kihűlése során megőrzi a mágneses tér irányát. Mivel a földi mágneses tér időnként pólust vált, a gyarapodó kéregben eszerint normál és reverz polaritású sávok váltakoznak. Mindez szimmetrikusan figyelhető meg a hátság két oldalán — ez volt az egyik legfontosabb bizonyítéka a földi lemeztectonikának.

Jelenleg a marsbéli sávokra is ez a legvalószínűbb magyarázat. Egykor tehát a Marson is működött egy vagy több hasadékvölgy, ahol a felnyomuló magma új kérget hozott létre. Ez pedig a kéreg globális mozgását is maga után vonja. A pólusváltásoknak megfelelően ellentétes polaritású mágneses sávok alakultak ki. Különbőség viszont, hogy a marsbéli sávok mágnesezettsége erősebb a földinél, és

sokkal szélesebbek is. Eszerint vagy a kéregképződés volt gyorsabb, mint a Földön, vagy a pólusváltások követték ritkábban egymást. Fontos, hogy a sávok szinte kizárólag a Mars déli, idős felföldjein mutatkoznak (l. később). Legerősebb a mágnesezettség a Terra Cimmeria és a Terra Sirenum területén, itt a leghosszabb sáv kb. 2000 km-es. A globális mágneses tér a bolygó életének első néhány 100 millió évében működhetett, amikor az idős déli felföldek kialakultak. A Mars kis tömege és kevés radioaktív anyaga miatt a mag kb. félmilliárd évvel keletkezése után megszilárdult, és a dinamóhatás elhalt. Délen a mágneses muntázat a Hellas és az Argyre nagy becsapódásos medencékben és azok környékén eltűnt. 3,9 milliárd éve, a medencék kialakulásakor már nem lehetett globális mágneses mező, és a becsapódások keverő hatása itt elmosta a korábbi nyomokat.

További különbség, hogy míg a Földön a mágneses mintázat a hasadék két oldalán szimmetrikusan megtalálható, a Marson ebből csak az egyik oldal ismerhető fel. A déli felföldek sávjainak párját az északi mélyföldek területén várhatnánk. Ilyen nyom viszont alig akad. Az északi Acidalia Planitia mágneses sávjai arra utalnak, hogy itt is volt mágneseződés, de az északi területek a későbbiekben jelentősen átalakultak. Főként a vulkáni aktivitás, továbbá az esetleges kéregmozgások eltörölték a nyomok nagyrészét. Ma az északi területeken alig látunk mágneses szerkezetet. Emellett még nem sikerült kimutatni a Marson ún. transzform vetőket a mintázatban, melyek akkor keletkeznek, amikor egy hasadék környezetében keletkező kőzetlemezek gömbfelületen mozognak.

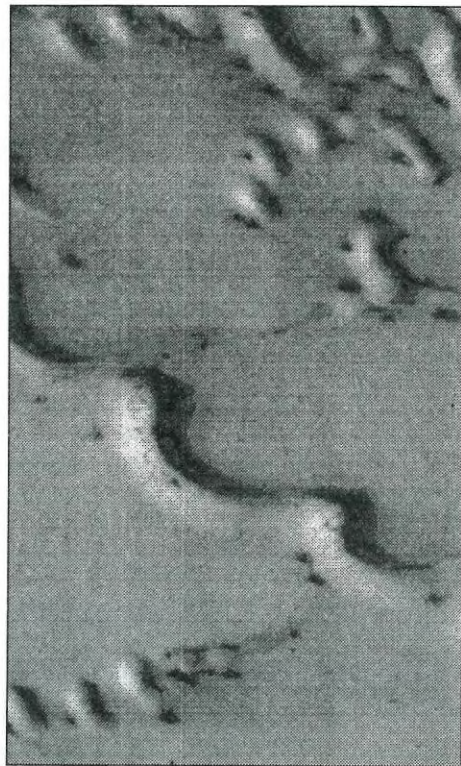


A kráter falán folyásnyomok láthatók, az aljzatán pedig olyan formák, melyeket talán az alul felhalmozódott víz és a finom por, homok keveredése hozott létre. Leginkább egyszerű földi sárfoltokra emlékeztetnek

A Mars főként szénsavhó borította pólussapkái közül 1998 nyarán, a marsbéli tavasz idején, az MGS az északi sapka változásait követte. A lézer magasságmérő adatai megerősítették, hogy a poláris terület — néhány meredek völgytől eltekintve — rendkívül sima. Talán a jéggel együtt fokozatosan halmozódó por hozta létre a sík felszínét, továbbá az is lehet, hogy az egész jégtakaró mozog vagy mozgott a talpzatán. Az északi pólusnál 1 km-es távolságon belül általában max. 20–30 m-t emelkedik vagy süllyed a terep. Ezeken a sima területeken a poláris üledékrétegek borítják el a krátereket. Az évszakos időjárási folyamatok révén évente kb. 100 mikrométerrel nő a rétegvastagság. Egy 10 m vastag réteg néhány 100 ezer év alatt keletkezhet. Az üledékek tehát igen fiatalok, csak néhány 10 millió évesek. Az északi pólusnál a durva becslések alapján összesen kb. 1,2 millió km³ vízjég lehet, ami kb. fele a grönlandi jégtakarónak. A déli pólussapka az újabb megfigyelések szerint is csak fagyott szén-dioxidból áll — legalábbis a

felszínén. Mivel az üledékek az egykori klímaviszonyok nyomát őrzik, a következő marsexpedíciók fontos célterületei lesznek.

A poláris üledékek mindkét sarkon kb. 80 fokos szélességig terjednek. A sima területekbe több száz m mély, spirális helyzetű völgyek vágódnak. Ezek keletkezése pontosan még nem ismert — valószínűleg a szél és a párolgás működött közre kialakításukban. A nagy felbontású képeken látható egyenetlen, „lyuggatott” felszín is ennek a nyoma lehet. Mindkét sarkon homoksivatagok övezik az üledékeket. Ezek a déli féltekén foltokban, főleg a nagyobb kráterekben mutatkoznak, míg északon a Szaharával kb. azonos területű, 500 km széles, összefüggő sivataggyűrű van. Bár egy ilyen kietlen égitesten, mint a Mars, megszokottnak tűnnek a homokdűnék, valójában a homok eredetét nehéz megmagyarázni. A földi sivatagok homokja főként folyóvízi eredetű, mely a nedves időszakokban keletkezett, majd a szárazodás után a szél



Láncszerűen összekapcsolódó homokdűnék



Az Arabia Terra területén egy 33,5 km-es kráter aljzatának részlete látható. A kráterfenék anyagát sávokban kikoptatta a szél, a mélyedésekben pedig apró homokdűnék halmozódtak fel

mozgatta tovább. A Marsnál ez alig működhet, bár a nagy áradásos csatornák jórészt az északi sivatagok felé futnak. Homok persze egyéb aprózódásos folyamattal is keletkezhet, a kérdés csak az, hogy mennyi. Ma úgy tűnik, több homok pusztul a bolygón, mint amennyi keletkezik. Eddig kétféle dűne típust sikerült elkülöníteni. A sötét dűnék láva és vulkáni törmelék aprózódásával keletkezettek, míg a világosabbak szulfátszemcsékből állhatnak. Utóbbiak anyaga idős, kiszáradt folyók, vagy tavak felszakadt és elszállított sós üledékeiből származik. Mindkét típusra ismerünk példákat a Földön. További kérdés, hogy a homokdűnék fosszilis, régi képződmények-e, vagy ma is mozognak. A jelek szerint ma is vannak aktív dűnék a Marson. Ezek

vándorlására a heves porviharok alatt kerül sor, máskor nyugalomban vannak.

A Mars felszíne topográfiailag két részre osztható: a magasabb, idős és sűrűn kráterezett déli felföldekre, és az általában mélyebb, fiatalabb északi régiókra. Ez a kettősség két kéregtípussal, illetve különböző kéregvastagsággal magyarázható. Míg délen megvan az ősi kéreg (a bolygó életének korai szakaszából), északon ez jórészt elpusztult. Északon fiatalabb anyag került a felszínre, és ez vékonyabb kérget hozott létre. Erre épít az az elmélet, amely szerint az északi és a déli kőzetlemez egymáshoz képest elmozdult. Ezzel kapcsolatban keletkezhetett az az óriási ÉK–DNy irányú törésvonal, melyen a Tharsis-hátság vulkánjainak többsége sorakozik. A kép persze még elég hiányos. Egyesek szerint a déli és az északi kéreg — mint két félgömb egymáshoz képest — forgó mozgást végzett. Eközben az északi részben a déli alá bukott (szubdukció), ami vulkáni aktivitással járt. Néhányan így magyarázzák a korábban a Pathfinder által talált andezites vulkáni kőzetek eredetét — igaz, ezzel sokan nem értenek egyet.

Korábban a kb. 8000 km átmérőjű, max. 10 km magas Tharsis-hátság néhány vulkánját tartották a legfiatalabb tűzhányóknak a Marson. Az MGS felvételei azonban megkérdőjelezzik ezt. A második legnagyobb vulkáni terület, a kb. 2000 km átmérőjű, max. 5 km magas Elysium-hátság. Ettől D-re található a K–Ny irányban 3000 km hosszan elterülő sima Elysium-medence. Területét sokszögletű táblák uralják. Ezek „fiatal” lávafolyások felső, megszilárdult darabjai lehetnek, melyeket a láva alsó, lassabban hűlő része tovább mozgatott. A jelek szerint elég híg láváról van szó, melyek néha több 100 km-t utaztak. Pontos korukat persze nehéz megállapítani, de mindenesetre fiatalabbak lehetnek az Olympus Monsnál. Még érdekesebb eredményt hozott az Arsia-hegy kalderájának vizsgálata. A vulkán berogyott tetőszintjét, a kalderát lávasíkság tölti ki. Itt az apró kráterek számlálása arra utalt, hogy a kalderát kitöltő lávák kora mindössze 40–100 millió év.

A Mars egyik legérdekesebb képződménye a Mariner-völgy. Több egymással párhuzamos kanyonból áll, melyek egy része összekapcsolódik. A rendszer a Tharsis-hátság legmagasabb részén ered, a Noctis Labirintus nevű hálószerűen felszabdalt területtel. Innen vágódik be kb. 4000 km hosszan a déli felföldek idős felszínébe, a Tharsis-hátságra mindvégig sugárirányban haladva. A töréses, omlásos, csuszamlásos szerkezetek mellett érdekes réteges üledékeket is tartalmaz. Részben az omlásos falaknál, részben a rendszer fenekén sok réteges kőzet látható. Ezek egy része — főleg a kanyonfalak magasabb területein mutatkozó sötétebb rétegek — vulkáni anyagból állhatnak. Vastagságuk 5–50 m közötti (az eddigi felvételek alapján), és a bolygó életének korai időszakából származnak.

A vörös bolygó vulkáni aktivitása sokkal szélesebb körű lehetett, mint gondoltuk. A Mars kezdeti időszakában a heves vulkanizmus folyamatosan szén-dioxidot pumpált a bolygó légkörébe, mely így elősegítette az üvegházhatást. Ez pedig közreműködött az egykori melegebb klíma kialakításában.

Sok réteg leginkább tavi üledékek tekinthető. Eszerint a Mariner-völgyet egykor kiterjedt tó vagy tenger borította. Ez megfelelő hőutánpótlással még zord klímaviszonyok közt is fennmaradhat, ha a felszínét jég szigeteli. A peremén történt csuszamlások apró szemcséket juttattak a vízbe, melyek kiüledpedve létrehozták az üledékeket.

A víz és a jég egykori jelenlétére több nyom is utal a bolygón. (Jég ma is van a Marson, a felszín alatt.) Ezek közül leghíresebbek a folyóvölgyek, melyeknek két fő csoportját érdemes elkülöníteni. Az egyikbe elágazó, kanyargó völgyrendszerek

tartoznak, melyek elszórtan, főleg a déli idős felföldeken láthatók. Valószínűleg felszíni és felszín alatti vízmozgás együttes hatására keletkeztek. Korábban az ősi, a jelenleginél melegebb klíma egyértelmű bizonyítékának tekintették. Mára a helyzet kissé megváltozott, mivel elképzelhető, hogy pl. jég alatti vízáramlással, illetve a talajvíz révén is létrejöhetnek, de a „hagyományos” eredet (pl. esőzés) sem zárható ki. Sok közülük az észak–déli határ tereplépcsőjénél hirtelen eltűnik — mintha vize a mélyebb északi síkságokba ömlött volna.

A folyóvölgyek másik csoportjába sokkal nagyobb képződmények tartoznak, ezek az ún. áradásos völgyek. Érdekeségük, hogy nagyon gyorsan, hetek, hónapok leforgása alatt keletkeztek, egy-egy katasztrófális áradás során. Ekkor a legnagyobb földi folyókat is jócskán meghaladó vízhozammal hömpölyögtek — néhol akár 50–100 m mély folyamok uralták a felszínt. Nem csoda, hogy látványos eróziós formákat hagytak maguk után. További érdekességük, hogy a mai éghajlaton is kialakulhatnak, mivel a felszínükön keletkező jégréteg hatékonyan szigeteli. (Hasonló eróziós formákat a Földön is ismerünk, melyek szintén rövid idő alatt alakultak ki.) Ha forrásvidéküket nézzük, többnyire egy-egy ún. káoszhoz, vagy kaotikus területhez jutunk. Itt a felszín nagy területen berogyott, tömbökre esett szét, és a felszín alatti víz hirtelen kiszabadulva a lejtő irányába indult. A jelenséget kiválthatja pl. a kőzetanyagba keveredett jeget melegítő vulkáni hő, a kőzetrétegek saját nyomása, csuszamlás, marsrengés stb. Sok áradásos csatorna a Mariner-völgy valamelyik mellékágából, egy helyi káosz területről indul, majd az északi pólussapka felé folytatja útját. Érdemes még megemlíteni az ún. erodált völgyeket. Ezek lapos, sima aljzatú, széles formák, melyek fenekén feltehetőleg vízzel kevert kőzetanyag kúszik lassan a lejtés irányába. Főleg az északi–déli területek határain jellemzők, leginkább a földi sziklás gleccserekre emlékeztetnek. Igen fiatal szerkezetek, könnyen lehet, hogy ma is aktívak.

Mindez csak rövid tallózás volt az előzetes eredményekből. Az MGS térképező programja csak most kezdődik. Érdekes, hogy közel húsz évvel a híres Viking-program után a marsszondák fő kutatási területe még mindig a marsbéli étellel kapcsolatos. Bár nemrég nagy port kavartak a marsbéli meteoritokban talált mikroszkopikus zárványok — mégsem ezért fontos bolygó a Mars. Nagyon sok egyéb tényező van, melyek mind arra utalnak, hogy külső bolygósomszédunkon volt esély az élet kibontakozására. A Mars Pathfinder és az MGS csak az első képviselői egy nagyszabású Mars-programnak. Nem biztos, hogy a közeljövő szondái választ adnak erre az égető kérdésre. Az viszont bizonyos, hogy jelenlegi ismereteink eltörpülnek amellet, amit az elkövetkező 5–10 évben a vörös bolygóról megtudunk.

KERESZTURI ÁKOS

Nem csak tükröt, hanem távcsövet is Csatlóstól!

Készít, javít, átalakít!

Csatlós Géza (1021 Budapest, Szajkó u. 4. II/7., tel: 274-3070)