

Mit tudunk a Marsról?

Az eget fűrkésző embereknek már a legrégebb időkben feltűnt egy, a többiek-től vörös színével eltérő csillag, mely fényességét két évenként erősen változtatva rója köreit az égbolton. Az ókori görög csillagászok bizonyára a vérhez hasonló színe miatt a háború istenéről nevezték el Aresznek. Innen származik e bolygóval foglalkozó tudomány elnevezése, az *areológia*. A római mitológiában Aresznek Mars felelt meg. Szomszédos bolygónkat így róla nevezték el.

Csatornák és oázisok

Percival Lowell (1855—1916) amerikai csillagász 37 éves korában, mint amerikai konzul, Japánban teljesített szolgálatot. A ragyogó diplomáciai karrier várományosát azonban rendkívüli módon érdekelné kezdtek Giovanni Virginio Schiaparelli olasz csillagász munkái nyomán a titokzatos Mars-csatornák. Erdéklődése annyira fokozódott, hogy az anyagilag független diplomata 1892-ben végképp búcsút mondott eddigi hivatásának, és egész életét a Mars tanulmányozásának, illetve más csillagászati kutatásoknak szentelte.

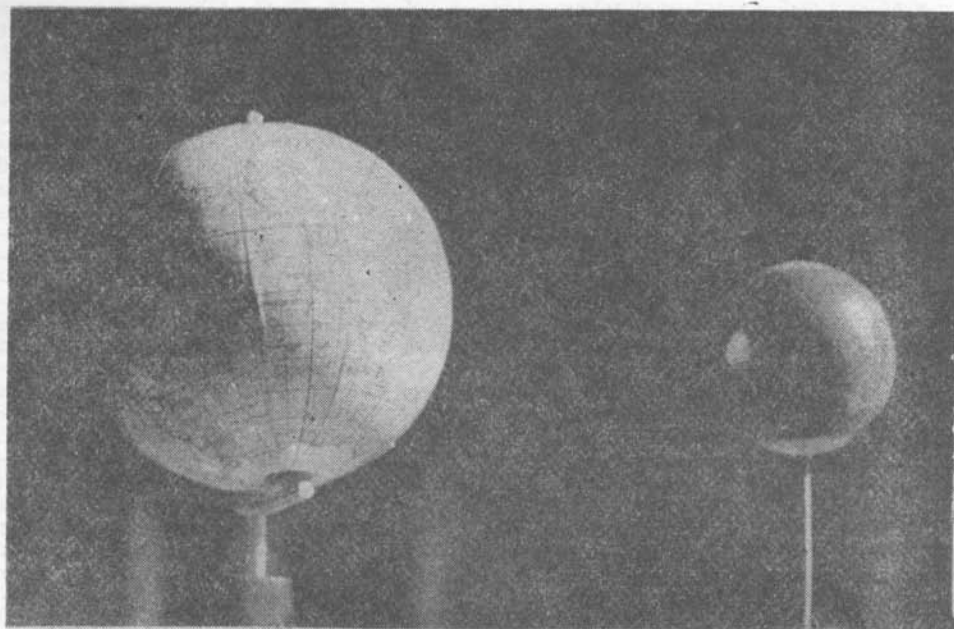
A Mars további tanulmányozása erősebb távcsövet s kiváló légköri viszonyokat igényelt. Lowell két évig kereste a megfelelő helyet csillagvizsgálója számára. 1894-ben a 2200 méter magas arizonai fennsíkon levő Flagstaff település mellett döntött. A levegő itt szokatlanul nyugodt, átlátszó. A statisztikai adatok szerint évente háromszáz derült éjszakával lehetett számolni. 24 collos (61 centiméteres) átmérőjű tárgylencsésű refraktorral kezdte meg munkatársaival a Mars tanulmányozását, és húsz éven át megszakítás nélkül folytatta eredményesen.

1901-ig Lowell munkatársai 400-nál több csatornát számoltak össze és rajzoltak le. Egyesek közülük elérték az 5000 kilométer hosszúságot is. Két évvel később készítették el a csatornák első — egyelőre még gyengén sikerült — fényképeit. Az 1909-i nagy szembenálláskor készített térképek már közel 700 csatornát és 186 oázist tüntetnek fel. Lowell oázisoknak nevezte el azokat a kerek, zöldes színfoltokat, amelyeket a csatornák kereszteződésénél lehetett megfigyelni. Szerinte a csatornák jóval szabályosabbak és egyenesebbek, mint ahogy

azokat Schiaparelli feltűntette. Lowell és munkatársai közel 11 000 rajzot készítettek a Mars csatornahálózatáról. Mind-egyik rajzon megjelölték a kérdéses csatorna láthatósági fokát. Így derült ki, hogy a csatornák nem mindig láthatók. Azon a félgömbön, ahol a tél kezdődik, a csatornák elhalványodnak, s végül láthatatlanná válnak. A másik félgömbön viszont, ahol nyár van, a csatornák pontosan megfigyelhetők. A tavasz beköszöntésekor a sarki fehér sapka egyre kisebb lesz. A csatornák közül először azok lesznek újra láthatóvá, amelyek a sarki sapka közelében vannak. A láthatóság növekedése 3—4 kilométeres óránkénti sebességgel halad az egyenlítő felé és át is szeli azt. Ekkor lesznek láthatók ott a kettős csatornák. Az utóbbiak csak az egyenlítő környéki kontinenseken fordulnak elő, a tengerekben sohasem figyelhetők meg. Fél év elteltével az egész folyamat fordított sorrendben ismétlődik meg.

Lowell véleménye szerint az élet fejlődése a Marson már régen elérte a gondolkodó lények stádiumát. Szerinte a marslakók összehasonlíthatatlanul fejlettebbek és technikailag előrehaladottabbak az embereknél. Az egyetlen államba tömörült marslakók nemzedékeken keresztül óriási csatornarendszert építettek a vízszükséglet biztosítására. Az öntözőberendezések Lowell szerint a talajba süllyesztett és így láthatatlan csatornából állnak. A Földről csak a vezetékek mentén keletkezett és öntözéssel táplált növényi sávok láthatók: ezek a zónák alkotják az észlelt vonalakat a Mars felületén. A Mars-csatornák áthaladnak az egykori tengerek fenekén. Ebből következtette Lowell, hogy azok a tengerek kiszáradása után épülhettek. A vizet a csatornarendszerben hatalmas szivattyútelepek tartják áramlásban. Az itt vázolt elgondolás valóságosságáról csak Lowell és kisszámú munkatársa volt meggyőződve. A Mars-csatornák mibenlétét a legújabb kutatások sem tisztázták elfogadható módon.

Az 1939-es nagy szembenállás alkalmával a Lowell csillagvizsgáló intézetben dolgozó Slipher 500 Mars-csatornát fényképezett le. A fényképek tehát igazolták a megfigyelt csillagászok látta és lerajzolta vonalak létezését a Mars felszínén anélkül, hogy a vonalak természetéről bármit is elárultak volna.



*A Föld és a Mars modellje méretarányban
(Janiczky Pál felvétele)*

1956 augusztusában N. P. Barabasov harkovi professzor fényes mozgó pontokat figyelt meg a Marson. Mások ugyanekkor porviharokat észleltek ott. A homokvihar kitörése augusztus 31-én történt. A légkörbe jutó homoktól még szeptemberben is homályos volt a bolygó felszíne. Ekkor volt megállapítható, hogy a Mars sarki sapkáit felhő és kőd alkotja, s alattuk jégburok rejtőzik.

Dollfus francia csillagász 1956-ban 4000 polarizációs mérést végzett. E mérések szerint a Mars felületét porréteg borítja, amely főleg limonitból (vörös vasoxid) áll. Azt is kimutatta, hogy a tavasszal észlelhető zöld foltok csak kontrasztjelenségeknek tekinthetők. Valójában szürke színűk van, és ott is kimutatható a porréteg. A Mars-tengerek anyaga barna vasérc és alacsonyrendű szervesanyag keveréke.

1958-ban William Sinton a Mount Wilson-i csillagvizsgáló intézet Palomar-hegyi 5 méteres átmérőjű távcsövével vizsgálta a Marsot. Színképelemzéssel kimutatta, hogy a 3,5 mikrométeres elnyelési sávok, amelyek száraz növényekre jellemzőek, megtalálhatók a Mars sötét folt-

jainak, régebben tengereknek gondolt felszíni képződményeinek a színekében. Azt is kimutatta, hogy ugyanezek az abszorpciós sávok hiányoznak a sivatagok színekéből. Sikertült végül kimutatnia a klorofillra jellemző elnyelési sávokat is. A Mars légköre kétszer annyi széndioxidot tartalmaz, mint a földi légkör. Az oxigén ezerszer kevesebbnek bizonyult, víz pedig nem sikerült kimutatni a Marson. Kék színszűrővel a Mars korongja nagyobb volt a fényképeken, mint vörös színszűrővel. A kék fényt a Mars légköre veri vissza, a vöröset a bolygó szilárd felülete. A színszűrős felvételek tehát a légkör létezésének közvetlen bizonyítékai.

Belső felépítés, légkör

A geofizika már régen tisztázta azokat a módszereket, amelyek segítségével a Földhöz hasonló típusú bolygók belső felépítése kimutatható. Ilyen irányú vizsgálatok — tekintetbe véve a Mars kisebb tömegét és sűrűségét — arra engednek következtetni, hogy e bolygó belső szerkezete lényegesen eltér a Földétől.

A Mars felszíne színárnyalatokban elég változatos. A vörössérgától a kékeszöldig terjedő színek az uralkodók. A legnagyobb földi távcsövekkel sem lehet 160 km méretűnél kisebb tereptárgyakat felismerni, illetőleg észlelni a felületén. Felszíne távcsövön keresztül elég egyenletesnek látszik. A Marson nincsenek magas hegyek. A bolygó felszínének nagyobbik részét borító vörössérga területeket nevezték régebben szárazföldnek. Ma ezeket a részeket a sötétebb részeknél mélyebben fekvő sivatagoknak ismertük meg. E sivatagok nem alkotnak összefüggő felszínt. Kékeszöld sávok, pontok vagy vonalak szelik őket keresztül-kasul. A sötétebb részek tekinthetők inkább kontinenseknek. Szürkés, barnás, kékes és kékeszöld színek változtatják egymást. A tapasztalat azt mutatja, hogy a marsi területek nincsenek egymástól élesen elhatárolva és korántsem olyan állandó jellegűek, mint a Földéi. A sötétebb részek több helyen az évszakokkal periodikus változást mutatnak. Éppen ezért több tudós úgy véli, hogy éppen ezek a sötétebb foltok lehetnek primitív növényi élet hordozói.

A Marsnak légköre van, amit több jelenség bizonyít. Légkörének fizikailag kimutatható vastagsága pár száz kilométer, ami a valóságban természetesen sokkal nagyobb. A legújabb mérések szerint a légnyomás a bolygó felszínén nem nagyobb, mint a földi légnyomás 76-od része. A kisebb vonzóerő miatt a Mars légkörének sűrűsége kisebb mértékben csökken a magassággal, mint a Földön. Ebből következik, hogy a közepes talajszint felett (100 kilométeres magasságban) a két bolygó légkörének sűrűsége megegyezik. Ezenfelül a Mars légköre sűrűbb a földi légkörnél. Ezért a Mars légkörének vastagsága az 1000 km-t is felülmúlhatja.

A Mars légkörének nagyobb részét a széndioxidon kívül valószínűleg nitrogén alkotja, esetleg egy százalékos argon kíséretében. Ez azonban a földi légkör nagy nitrogéntartalma miatt nem mutatható ki. Kevés víz és oxigén előfordulhat a Mars légkörében is. A magasabb rétegekben lebegő kék felhőket főként jégkristályok alkotják. Alacsony légrétegben gyakoriak a nagy kiterjedésű sárga felhők, és nagyon hasonlítanak a szaharai számumhoz. Porviharok esetén a Mars felszínének részletei homályossá válnak.

A Marsot éghajlat szempontjából földi analógia alapján három zónára oszthatjuk. A sarkvidék éghajlata a légszélsőségesebb. Nyáron a hőmérséklet elérheti

a plusz 15 °C-ot, télen pedig mínusz 100 °C alá is süllyedhet. A mérsékelt égöv nyarán a hőmérséklet plusz 10–15 °C. Télen azonban az északi félgömbön mínusz 80, a déli félgömbön mínusz 60 °C a minimum. (Ezzel szemben a Földön a déli félgömb bizonyult hidegebbnek.) Az egyenlítő környékén a levegő hőmérséklete elérheti a 15–20 °C-ot, a talaj pedig ennek kétszeresére is felmelegedhet. Éjjel azonban a nagy kisugárzás miatt erős fagyok keletkeznek. Mérték már itt ilyenkor mínusz 46 °C hőmérsékletet is. A Mars éghajlatát jellemzi az erős téli fagyok és az aránylag meleg nyarak. A Földön hasonló éghajlat a sarkkörök környékén, a tundraövezetben található. A ritka légkör miatt igen nagy különbség van ugyanazon hely nappali és éjszakai hőmérséklete között. Hasonló hőmérsékleti kilengések tapasztalhatók egyes földi fennsíkokon. Azon a félgömbön, ahol a Marson tél van, a sarki fehér foltok lehúzódhatnak a 45-ik szélességi körig is. Átmérőjük ilyenkor elérheti a 3000–4000 km-t. Mivel a fehér folt aránylag hamar elolvad, nem alkothat vastag réteget. Jégből vagy szilárd széndioxidból állhat. Visszahúzóási sebessége 3–4 km/ó.

A Marsnak főleg azért hidegebb az éghajlata, mert távolabb van a Naptól, mint a Föld. Napközben csak a felét, naptávolságban pedig harmadrészt kapja annak a hőmennyiségnek, amelyet földtávolságban nyerne. Ritka légköre miatt éjszakákon ennek a hőmennyiségnek nagy részét is a világűrbe sugározva elpazarolja.

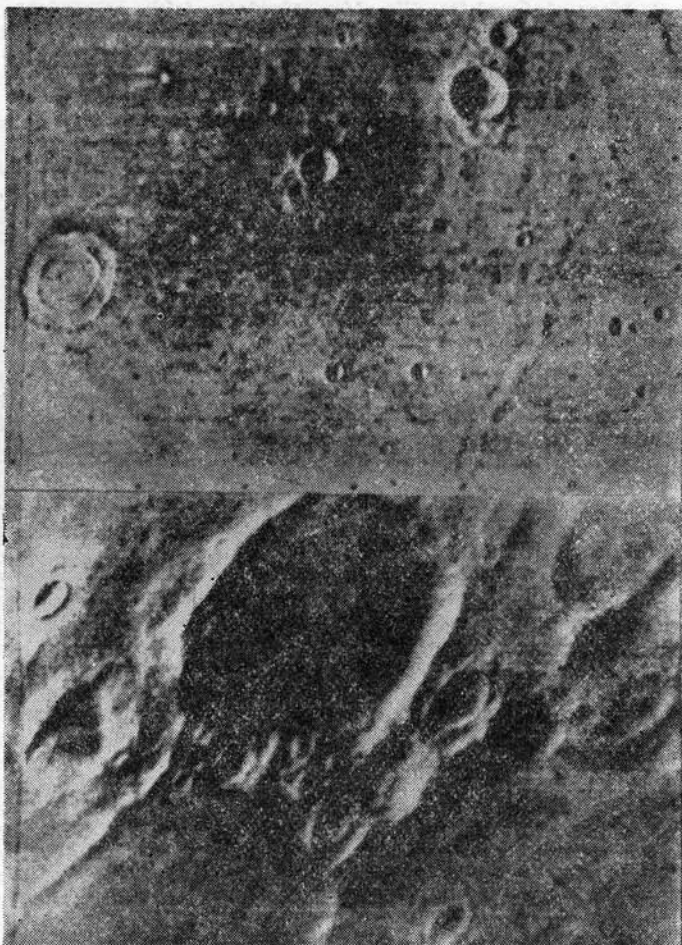
Útnak indulnak az űrrakéták

Tárgyilagosan megállapíthatjuk, hogy az optikai csillagászat sok új ismeretet szolgáltatott a Marsról. További kutató-sokra és az eddigi eredmények megerősítésére egészen új módszert kellett kidolgozni.

Az űrkutatás az 1960-as évek elején már annyira fejlett volt, hogy lehetségessé vált megfelelő műszerekkel felszerelt űrrakéták küldése a Mars bolygó felderítésére. Ezek a bolygó közelében elhaladó önműködő kozmikus laboratóriumok tízezer kilométer távolságból — és nem 55 millió kilométerről — végeznek rendkívül fontos tudományos megfigyeléseket és televíziós képeket közvetítenek a Mars felszínéről.

Az űrrakéták indítása rendkívül nagy pontosságot igényel. A 11 800 m/sec sebésztől minden egy méteres eltérés a Mars távolságában 20 000 kilométeres célté-

A felső képet a *Mariner-6* űrrakéta készítette a Mars felületétől 3400 kilométeres távolságból. A legnagyobb kráter átmérője 8 km, a legkisebbeké 1 km körül váltakozik.



Az alsó kép a *Mariner-7* felvétele; a Mars déli sarkvidékének egy része látható rajta a 75. fokos szélességi övezetből. E terület alig valamivel nagyobb Ciprus sziget felénél. A közepén látható óriási kráter átmérője 70–80 km (Štiintă și tehnică, 1969. 10).

vesztést okoz. Ekkora lesz az eltérés abban az esetben is, ha a sebesség nagyságát sikerül ugyan pontosan beállítani, de irányát 0,1 fok eltéréssel valósítják meg.

Leonyid Szedov szovjet akadémikus 1962 októberében a szovjet űrkutatási tervek közelebbi távlatairól nyilatkozott. A Szovjetunió 1962. november 1-én űrrakétát indított a Mars bolygó irányába. Első ízben haladt űrrakéta a Mars felé.

Az új típusú hordozórakéta utolsó lépése közbeeső röppályára juttatta a Föld egy nehéz mesterséges holdját, amelynek fedélzetéről űrrakétát indítottak el a Mars bolygó felé irányuló röppályán. Az űrrakétát a 893,5 kg súlyú *Mars-1* bolygóközi automata állomással

szereztek fel, s több mint hét hónap alatt teszi meg az utat a Mars bolygóig.

A repülési program olyan pályát ír elő, amelyen a *Mars-1* 0,5 millió km távolságban halad el a Mars bolygó előtt. Szovjet tudósok olyan különleges motorszerkezetet építettek be az űrrakétába, amely a Földről továbbított rádióparancsra pontos asztroirányítási rendszer alapján működésbe lép és elvégzi a szükséges pályakorrekciót. 1962. november 4-ének első negyedében haladt át 0,9 millió kilométer távolságban a Föld hatásgömbjének a felületén 4 km/sec sebességgel. Ettől kezdve pályáját kizárólag a Nap gravitációs erőtere szabta meg.

A *Mars-1* űrrakéta állandóan távolodott a Naptól. Ezért az állomás megvilágítása fokozatosan csökkent. 1963. január 5-én a napelem-csoportokat távirányítással soros kapcsolásból párhuzamos kapcsolásba kötötték át. 61 rádiókapcsolat útján 3000 rádióparancsot hajtott végre az űrrakéta. Műszerei kimutatták, hogy a napszél hatása a Földtől mért nagy távolságokra is kiterjed. Azt is jelezték a műszerek, hogy a kozmikus sugárzás mindinkább növekszik. 1963. március 21-én 106 276 000 km távolságra volt a Földtől. Ekkor az állomás tájoló-rendszerében üzemmazar keletkezett, véglegesen megszünt a rádiókapcsolat a *Mars-1* és a Föld között.

Az Amerikai Egyesült Államokban a Cape Kennedy-i rakétatámaszpontonról 1964. november 5-én indították a *Mariner-3* űrrakétát a Mars bolygó felé. A 260 kilogramm tömegű űrrakétának az volt a feladata, hogy 8,5 hónapos repülés után a Marsról televíziós felvételeket készítsen, és azokat a Földre juttassa. Sorozatosan fellépő hibák miatt ez a kísérlet meghiúsult. Az űrrakéta 1965 júliusában 67 millió kilométer távolságban haladt el a célbolygó mellett.

1964. november 28-án indult Atlas-Agena D új típusú hordozórakétával a *Mariner-4* űrrakéta. A Mars felé tartó űrszonda pályájának bemeiérese azt mutatta, hogy 300 000 kilométer távolságban halad majd el a célbolygó mellett. Ezért került sor december 5-én pályájának helyesbítésére. Az űrrakéta ekkor már 0,65 millió kilométerre távolodott el a Földtől. Rádióparancs kapcsolta be a fedélzeten levő mikrorakétákat. Működésük a *Mariner-4* sebességét úgy változtatta meg, hogy a Mars mellett 14 000 kilométer távolságban repüljön el. 1965. július elsején lépett be a Mars 0,6 millió kilométer sugarú hatásgömbjébe. A bolygó gravitációs erőtere gyorsuló mozgásra kényszerítette az űrrakétát, és irányát is megváltoztatta. A *Mariner-4* pályamódosulásából az eddigi számításoknál pontosabban meg lehet állapítani a Mars tömegét.

Az űrrakéta a Mars fényképezését 1965. július 15-én, bukaresti idő szerint 2 óra 20 perccor kezdte meg 16 000 km távolságból. A Mars ekkor 215 millió kilométer távolságban volt a Földtől. A rádióhullámok ezt a távolságot kereken 12 perc alatt hidalják át. Félóránál nem több idő alatt összesen 21 felvételt készített a Marsról. A *Mariner-4* kamerája északról dél felé mozogva fényképezte le a Mars felszínét. A pasadenai szakértők az első felvételektől várták a leg-

jobb minőséget. Később azonban kiderült, hogy éppen ezek viszonylag kedvezőtlen szögéből készültek, ami értékelhetőségüket erősen csökkentette. Ez vonatkozik az első két felvételre. A három utolsó felvétel semmiféle részletet nem mutatott, mert a kamera ekkor a Mars déli félgömbje felé irányult, ahol akkor éjszaka volt. Az értékelés szempontjából teljes értékű felvételek száma így 16-ra csökkent. Egy-egy felvétel 14×17 km² nagyságú Mars-felszint ábrázol.

Az első felvételeket a dél-afrikai Johannesburgban levő követállomás vette, amely a pasadenai központ megfigyelő hálózatának fontos láncszeme.

Az első felvételen a Mars egyenlítőjének északi részén lévő, Elízium nevű vörös színű sivatag látható. A széles, nagyrészt sima pusztaság egyik szélén látható néhány kisebb halom. A balra levő sötét rész a fekete eget ábrázolja. A láthatár görbülete elárulja a bolygó gömb alakját. Az összes felvételek közül a legérdekesebb a tizenegyedik sorszámot viselő kép. A Mars bolygó felszínét látjuk rajta kráterekkel. A legnagyobb kráter átmérője 120 km. A Nap 43 fokra van a látóhatár felett. A Mars felszínének Atlantis nevű kontinense látható a Mare Sirenum és a Mare Cimmerium között.

A képsorozatnak a Földre való továbbítását a *Mariner-4* rádióadója július 25-én befejezte. Egyes képeken homályos foltok voltak láthatók. A pasadenai központból rádióparancsot adtak a *Mariner-4*-nek a képközvetítés megismétlésére, hogy a vételből származó esetleges zavarokat kiküszöböljék. Az űrszonda szeptember 1-én hiánytalanul végrehajtotta a parancsot. A képek a Mars felületének egy százalékát ábrázolják. 70-nél több kráterszerű képződmény számlálható össze rajtuk 3 és 120 km-es átmérővel. A gyűrű alakú kráterfalak magassága pár száz méter. Belső szintjük ugyanilyen nagyságrendben sülyed be a Mars-talajba.

A *Mariner-4* kozmikus útja során körülbelül 28 millió információt sugárzott a felvevő állomásoknak. A fényképek úgynevezett „finomítását” a Jet Propulsion Laboratory tudósai végezték Pasadenában. Az eredmény meglepő. A fényképeken feldolgozásuk után sokkal több tereptárgyat lehet felismerni, mint annak előtte. A javított feltételeken összesen 300, minden kétséget kizáróan megállapítható krátert lehet összeszámolni az eredeti felvételen szereplő 70-nel szemben. Ezenkívül további 300, valószínűleg kráternek tekinthető képző-

mény ismerhető fel. A javított feltételeken a méretek is módosulnak. A legnagyobb kráter átmérője 180 km, a két legkisebbé csak 2,8 km.

Néhány fényképen egy olyan kráter részei láthatók, amelynek átmérője talán 350 km is lehet. A 40—180 km átmérőjű kráterek százalékaránya nagyjából ugyanolyan, mint a Holdon. Néhány felvétel 150—300 km hosszú és 3,5—11 km széles egyenes képződmények, továbbá kevésbé világosan felismerhető görbe felszíni struktúrák is láthatókká váltak. A felvételeken csak viszonylag kevés, 800 méternél magasabb emelkedés ismerhető fel. A gondos vizsgálatok 350 méter magas kráterperem-emelkedéseket állapítottak meg. Némelyik kráterben körülbelül 100 méter magas központi kiemelkedés volt felismerhető. A Déli-sark közelében lévő néhány kráter világos, illetve fehér krátergyűrűket mutat, a Nap vetette árnyék ellenére. Feltételezik, hogy szénsav-hóról, esetleg zúsmarórl van szó.

A fényképezésen kívül a *Mariner-4* útján sor került egy rendkívül érdekes csillagászati kísérletre. Miután az űrhajó 9850 km-re megközelítette a célbolygót, távolodni kezdett tőle. 26 000 km távolságban, a Földről tekintve, 54 percre eltűnt a bolygó korongja mögött. A Mars légkörének és ionoszférájának közvetlen vizsgálatára ekkor nyílt lehetőség. A Mars légköre ugyanis mérhető módon megváltoztatta a *Mariner-4* rádióadója által kibocsátott és a Földön pontosan ismert rádiójelek rezgésszámát, fázisát és amplitúdóját. A bolygó legszorosabb megközelítése után egy órával tovább a *Mariner-4* a napsütötte Electris és Mare Chronium mögött, majd az északi oldalon lévő Mare Acitulum mögül bukkant elő. Amikor a *Mariner-4* a Mars déli féltekéje mögött eltűnt, az észlelt adatokból az eltűnési ponthoz tartozó felátmérőt kiszámították: 3384 km-nek bizonyult. Amikor ismét előtűnt az északi félgömb mögül, a rádiójelek vétele 3379 km-es felátmérőt eredményezett. Ezek a mérések azt mutatják, hogy a Mars déli féltekéjének vizsgált része 5 km-rel magasabban fekszik, mint az északi. Hegység nem lehet, mert ez a Földről is felismerhető volna. Itt csak nagykiterjedésű lapos fennsík lehet. Az is előfordulhat, hogy a Mars felépítése nem szabályos, hanem torzult. A kísérlet megbízható értékeléséhez arra volt szükség, hogy az összes, nem marsi eredetű változást legalább egytized billiomodnyi pontossággal meghatározzák. A modern technika egyik csúcsteljesítményének tekinthetjük, hogy ezt a hihetetlennek lát-

szó pontosságot a kutatók valóban biztosítani tudták.

A mérések értékelése előtt légkör-modellt kellett készíteni a számolások végrehajtására. Az első modell szerint a Mars légkört csak széndioxid alkotja. A második változatban is ez a széndioxid a túlnyomó (80—100 százalék). A maradék a feltételezés értelmében argon vagy nitrogén. A harmadik elképzelés szerint a légkört egyenlő mennyiségben széndioxid és argon alkotja.

Bármelyik légkör-modellből kiindulva a rádióhullámok elhajlása alapján számított talajszintű nyomás a déli félgömbön 4—7 millibár, az északi félgömbön pedig 7—10 millibár értékűnek mutatkozott. (Egy millibár 0,76 torr, vagyis 0,76 higanymilliméter nyomást jelent.) A nyomások közötti különbség is alátámasztja a kiszámított felátmérő valóságát, amely szerint a déli félgömb kérdéses része magasabban fekszik, mint az északi. A Mars felszínén a légnyomás a Földön uralkodó légnyomásnak körülbelül egy százaléka. A Marson a légnyomás átlagosan kilenc kilométerenként csökken a felére. Ugyanezekből a mérésekből az is kiderült, hogy a Marsnak 125 km magasságban van ionoszférája, amelyben köbcentiméterenként 90 000 elektron található. Az elektronsűrűség itt csak tizedrésze a földi ionoszféra hasonló értékének. Ezenkívül 95 km magasságban találtak egy kisebb maximumot is.

A légkör-modellekből kiindulva lehetőség nyílik arra is, hogy a Mars felszínén a hőmérsékleti határokat fel lehessen becsülni. Ezek mínusz 100 és mínusz 70 C° értékeknek adódtak.

A Mars esetleges magnetoszférájának megállapításából fontos következtetéseket lehetne levonni a bolygó központi szerkezetére. A *Mariner-4*-et az ilyen fajta mérésekhez három végablakos Geiger-Müller-számlálóval és diódás detektorokkal szerelték fel. A készülékeket földi mágneses térrel hitelesítették. Ezekkel a különböző detektorokkal a részecskék sűrűségét eltérő belépési szögben mérhették. Bár a Föld környezetéből való távozáskor a műszerek pontosan jeleztek a földi magnetoszféra jelenlétét és változását, a Mars közelében semmi ilyen nem jeleztek. *A Marsnak tehát nincs sugárzási övezete.*

Ebből a kísérletileg megállapított tényből egyenesen következik az is, hogy a Marsnak erős mágneses tere sem lehet. A Mars és a Föld mértani hasonlóságából kiindulva, bizonyos fizikai törvényszerűségekkel számítva, a Mars bolygó

mágneses nyomatéka nem lehet nagyobb, mint a Földének egyezred része. Még valószínűbb az a feltevés, hogy ennek is csak harmadrésze. Van Allen professzor szerint, aki a földközeli sugárzási övezetet felfedezte, ez az érték is csak felső határnak tekinthető. Ezen az alapon végzett számítások szerint a Mars felszínén a mágneses tér erőssége 100—200 gamma körül lehet. (A *gamma* a geofizikában használt mágneses térerősség egységének, a gaussnak százezred része.) A Föld felszínén ez az érték 50 000 gamma körül váltakozik.

A rendkívül gyenge mágneses tér a jelenlegi elméletek szerint kapcsolatban van a Mars belső szerkezetével. Mivel a két bolygó tengely körüli forgásideje majdnem egyforma: a Mars sokkal gyengébb mágneses teréből a Földtől mérőben eltérő belső szerkezetre lehet következtetni, többek között arra is, hogy a bolygónak nincs folyékony belső magja.

A televíziós képeken a déli félgömb egy része felett átlátszó, világos színű fátyol helyezkedett el. A szakértők először képhibának tekintették, és csak később mutatták ki, hogy valószínűleg 80—100 km magasságban levő széndioxid-kristályokból álló felhő lehet.

A *Mariner-4*-nek az elektronikus háttérzörejektől megszabadított felvételeit fényesség-kimérés útján tovább lehet finomítani. Az így tökéletesített fényképeken olyan csatornák is láthatók, amelyekről feltételezhető, hogy hosszú tektonikus írkok. *Mesterségesen készített csatornák azonban egyik felvételen sem észlelhetők.*

Egyébként az űrrakéta jelenleg is folytatja keringését a Nap körül. 1966. november 28-ig 1,6 milliárd km-t tett meg a Kozmoszban. Továbbra is közvetített gyenge jelzéseket a tőle 331 millió km távolságban lévő Földre. Az amerikai szakértők szerint az űrállomás villamosenergiával való ellátását a napelemek már nem tudják tökéletesen biztosítani. Ezért csak hetenként háromszor kéri a Földről a mért adatok sugárzását.

A pasadenai űrkutató központ bejelentette, hogy 1967. szeptember 14-én délután a *Mariner-4* űrhajó meteorrajjal találkozott. A kozmikus részecskék hét percen át bombázták az űrhajót. Ezalatt helyzetének meghatározása lehetetlen volt. Később észlelték a Földre sugárzott jelzések gyengülését. Az űrhajó belső hőmérséklete is csökkent. Végül a szakemberek megállapították, hogy a *Mariner-4* fedélzeti készülékei nem rongálódtak meg; rádióadását továbbra is folytatja.

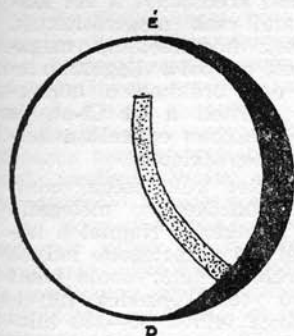
1964. november 30-án indították a Szovjetunióból a *Zond-2* elnevezésű űrrakétát a Mars felé. Stabilizálódására a világon első ízben plazmahajtóművet használtak. A gondosan megtervezett szovjet plazmahajtóműnek ez a változata legalább négyszer hatásosabbnak bizonyult a megfelelő kémiai hajtóműveknél. A *Zond-2* százszor erősebb rádiósugárzást észlelt, mint amit az eddigi mérések szolgáltattak. Útja folyamán azonban híradástechnikai berendezéseit ismételt erőfeszítések után sem sikerült működésbe hozni. Véglegesen megszűnt az összeköttetés az űrrakéta és a Föld között, mielőtt az célját elérhette volna.

1966-ban csillagászati szempontból ismét kedvező alkalom kínálkozott, de ekkor egyik űrnyaghatalom sem indított kutatószondát a Mars felé.

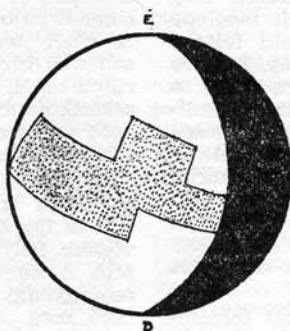
1969. február 24-én indult a Mars felé a *Mariner-6* és egy hónappal később a *Mariner-7* (a *Mariner-5* előzőleg sikeres Venus-kutatást hajtott végre). A *Mariner-4* eredményekben gazdag útja után tovább folytatódott az előkészületek a Mars kutatására. Amerikai tudósok tovább tökéletesítették a televíziós berendezéseket és a képtovábbító készülékeket. Egyéb új mérőműszerek beszerelése következtében a 24 000 alkatrészből álló űrrakéták tömege majdnem 50 százalékkal nagyobb lett.

A *Mariner-6* űrrakéta a Mars bolygótól 1 232 000 km távolságban kezdte meg 1969. július 29-én a fényképezést a nagy felbontóképességű kamerával. Az automata készülék körülbelül félóránként készített egy-egy felvételt. 20 óra alatt 724 000 km-re csökkent a bolygótól való távolsága, miközben 33 képet készített. A harmadik sorozat felvételére július 31-én került sor, amikor a *Mariner-6* 3400 km-re megközelítette a Marsot. Ekkor mindkét kamera 12—12 képet készített a bolygó egyenlítőjének a környékéről. Ezalatt az űrrakéta félig megkerülve a Marsot, a Földről nézve eltűnt annak korongja mögött. A rövidhullámú rádiójel-ek változása a takarás kezdetén és a kibukkanás időpontjában a Mars légkörének és méretének vizsgálatát tette lehetővé. Az utolsó fényképsorozat közvetítésére csak akkor került sor, amidőn a *Mariner-6* ismét a 60 méter átmérőjű gondstone-i rádióteleszkóp vételi zónájába került.

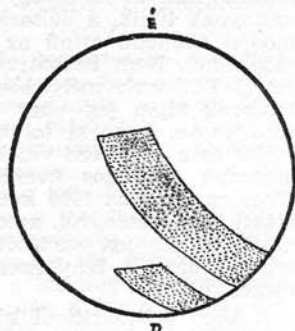
Már a legelőször közvetített képek is tiszter élesebbek voltak a földi távcsövekkel készített fényképeknél. A képeken a Mars nem vörös, hanem csillogó



A Mariner—4



Mariner—6



Mariner—7

felvételei a Mars-felületről (pontozott rész). A fekete rész a bolygó éjszakai oldala

szürke színűnek látszik. Jól kivehető a sarki fehér folt csipkézett volta. Ez a Földről nem vehető észre. A sarki sapka csipkézetttségét kézenfekvő olvadással magyarázni, hiszen akkor ott marsi tavasz volt.

Az előzőleg marsbeli hegláncnak feltetelezett Nix Olympus 800 km átmérőjű óriási kráternek bizonyult.

A teleobjektív kamera egy másik felvételen egy körülbelül 12 km-es rendkívül egyenlőtlen domborzatú övezetet és egy 80 km-es átmérőjű krátert ábrázol, amelynek belsejében, különösen a nyugati oldalon, nagyszámú kisebb kráter észlelhető. A Mare Eruthraeum néven ismert övezet szintén nagyszámú és különböző méretű kráterekkel teleszórta, sőtét színű, kietlen sivatagnak bizonyult. A július 29-én közvetített második fényképsorozat egyik felvételén egy hozzávetőleg 484 km átmérőjű kráter fölött felhőszerű képződményt lehetett látni. A kutatók még nem tudták eldönteni, hogy működő tűzhányóról vagy pedig vízpáráról, illetve széndioxid-kristályokról van-e szó.

Charles A. Barth, az amerikai Űrhajózási Hivatal egyik szakértője sajtóértekezleten a következőket hozta nyilvánosságra a Mariner—6 kutatási eredményeiről:

1. a földi élethez nélkülözhetetlen nitrógen jelenléte a Marson nem állapítható meg;

2. a Mars légköre olyan ritka, mind a Földünket körülvevő légburok 30 km magasságban;

3. a Mars hőmérséklete plusz 22 és mínusz 73 °C között ingadozik;

4. jóval a marsi egyenlítő felett a légkörben vékony jégréteget észleltek;

5. egy, a Földön eddig ismeretlen anyagot észleltek, amelynek tulajdonságai hasonlítanak a metángázéihoz;

6. a Mars kráteres vidéke, amelynek létét a földi távcsövek eddig nem észlelték, valószínűleg nagyobb meteoritok, sőt talán aszteroidok — úgynevezett minibolygók — becsapódásának a következménye;

7. az ismert Mars-csatornák inkább a Földünk felszínén található repedésekhez hasonlítanak, s szélességük eléri a 150 km-t is.

A Mariner—7 130 nap alatt 380 millió kilométert tett meg az űrben. A közvetítés időpontjában mintegy 100 millió kilométerre volt a Földtől. Első felvételeit 1126 000 km távolságból készítette a Marsról. Feladata volt a bolygó déli sarkának tüzetes vizsgálata. A fedélzetén levő 93 távközlési csatorna közül 15 nem működött. Ezért augusztus 4-ig csökkentették az elektronikus információk számát. Másfél óra alatt 31 képet közvetített, de az adás technikai szempontból nem volt kifogástalan. A Mariner—7 parancsot kapott, hogy éjjel újra közvetítse ezeket a képeket. Ami meg is történt. A harmadik felvétel-sorozatot 3500 km távolságból készítette.

A fényképek értékelését végző amerikai tudósoknak az volt az érzésük, mintha évmilliárdokkal előbb magát a Földet látták volna a felvételeken kialakulóféiben. Ilyen lehetett bolygónk, amikor még nem volt légköre, sem óceánja.

Az egyik legérdekesebb fénykép több tucatnyi kilométeres átmérőjű krátert ábrázol meredek és szabálytalan külső lej-

tökkal. Bár a hó- vagy jégréteg elég vastagnak tűnik, a délsarki folt meglepő módon sötétebb színű az északi féltéke vidékeinél. Nem tudhatjuk még, hogy a marsi Déli-sark mélyedéseiben, főleg a kráterek alján jég vagy szilárd széndioxid van-e. A sarki foltot meglehetősen széles és a környező vidéknél sokkal világosabb sivatagos övezet veszi körül. Előzőleg erről az 1900 km átmérőjű, kör alakú képződményről, amelyet Hellasnak neveztek el, azt gondolták, hogy egy óriási kráter. A fényképek ezt a nézetet megcáfolták.

A Mars déli sarkáról készített felvételeken látszanak olyan hosszú, elmosódott körvonalú felszíni alakzatok, amelyek nem függnek össze a kráterekkel. Megoldatlan még a sarki fehér takaró kráter alakú sötét foltjainak a mibenléte. A párhuzamosan végrehajtott sugárzás-mérés tanúsága szerint a néhány centiméter vastagságú sarki sapkák hőmérséklete mínusz 140 °C körül van, ami a széndioxid fagyáspontjának felel meg a Marson. Eszerint a sarki sapkát kristályos széndioxid is alkothatja.

A két legutolsó Mariner-űrhajó adatai szerint a Mars felszínén a légnyomás átlagos értéke 5–8 torr. A medencék legmélyebb pontjain eléri a 15–20 torr-t. A fennsíkban azonban 3 torr-ra csökken a légnyomás értéke.

A légkör túlnyomó részben széndioxidból áll, amely a kevés szénmonoxid-dal együtt a légkör 98 százalékát alkotja. Az ibolyántúli mérések tanúsága szerint a magaslégtérben nyomokban található hidrogén és oxigén is. A vörösön inneni spektrométer adatai szerint a víz a Marson részben jégkristályok alakjában fordul elő, de kimutatható vízpára is.

A *Mariner*—6 és *Mariner*—7 vörösön inneni spektrométerének mérései szerint a Mars felszínének hőmérséklete igen alacsony. A mérési eredményeket G. Neugebauer dolgozta fel. Ezek szerint a Mars egyenlítői vidékén napkeltekor a talaj hőmérséklete mínusz 90 °C körül ingadozik. Déli órákban eléri a legnagyobb értéket, a plusz 27 °C-ot. A talaj lehülése lassúbb folyamatnak bizonyult a felmelegedésnél. A mélypont napkelte előtt jelentkezik mínusz 100, illetve mínusz 120 °C körüli értékben. Közepes szélességen a talaj hőmérséklete a déli órákban sem emelkedik mínusz 20 °C-nál magasabbra. A sarkvidéken állandóan mínusz 120 °C körül ingadozik a hőmérséklet. D. Morrison újra feldolgozta W. M. Sinton és J. Strong a vörösön inneni tartományban végzett méréseit, és ezek alapján elkészítette a Mars hőmérsékleti

térképét. A kapott eredményt a két Mariner-űrhajó adatai csak megerősítették. A sötét területek hőmérséklete magasabbnak bizonyult nappal a világosabb területekenél. A déli órákban a hőmérsékletkülönbség elérheti a 24 °C-ot, és csak az éjszakai órákban egyenlő a két-féle vidék talajhőmérséklete.

A talajhőmérséklet különbsége miatt a levegő is különbözőképpen melegszik fel, és így szél keletkezik. Nappal a hűvösebb helyekről fúj a melegebb helyek felé. A sötét területek határvonala felett fehérgyöngyszerű felhőképződés figyelhető meg. A sárga felhők 50–150 kilométeres óránkénti sebességgel haladó homokviharoknak bizonyultak. A talaj felett 16–27 km magasságban észlelhető kék fátyolfelhők nagy területet borítanak be. Feltehetően széndioxid-kristályok alkotják.

Hegytömegek — óriáskráterek

A Mars-kutatásba bekapcsolódott radarmérések szerint a sötétebb területek magasabb szintben helyezkednek el, mint a világos részek. A kettő közötti szintkülönbség 17 km. A csatornák többnyire a világos vidéken találhatóak. Hosszuk több száz, esetleg néhány ezer kilométer. Szélességük 50–100 kilométer között változik. A rövid csatornák majdnem mindig egyenesek, a hosszúak azonban valamely gömbi főkör mentén húzódnak. Gyakori eset, hogy több csatorna nagyobb sötét foltba fut össze. A Marsról készült felvételek *egyikén sem lehet a Földről látott csatornákat felismerni*. Lehetséges, hogy a nagy, sötét foltok az oázisok, nagyméretű kráterek vagy hegy-ségvonulatok csomópontjai. Az ezekből kiinduló kráterláncok összefüggő vonalnak, csatornáknak látszanak a Földről. Ebben az esetben azonban a csatornák nem mélyedések, hanem éppen kiemelkedések: a egyes krátereket összekötő hosszabb-rövidebb hegyhátak. Sagan és Pollack amerikai csillagászok szerint a csatornák egy része kiemelkedés lehet. Két, korábban csatornaként ismert képződményről, a Geraunilusról és a Deuteronilusról radarmérések közvetlenül igazolták, hogy a környező sivatagos területekből 6 kilométernyire kiemelkedő gerincek. Lejtőjük meredeksége 3–4 fokos. A Syrtis Maior és a Moeris Lacus nevű sötét területek 12, illetve 17 kilométer magas roppant hegytömegek. A magasságokat a radarkészülék a medencék legmélyebb részétől számította. A Földön is előfordulnak hasonló magasságkülönbségek.

R. A. Wells angol kutató részletesen foglalkozott a Mars-csatornáknak irány szerinti megoszlásával. Szerinte ezek olyan képződmények, amelyek mentén a Mars szilárd kérge gyengébb, mint másutt. Tombaugh professzor szerint kozmikus tömegek becsapódásai okozták e gyengebb zónákat. Wells pedig tektonikus mozgásokkal magyarázza létrejöttüket.

A Mars-csatornáknak százéves kérdése ma már közel jár a megoldáshoz. Az, amit felfedezésükkor neves csillagászok is intelligens lények építette csatornáknak vélték, a valóságban régi és leomlott óriáskráterek szélei vagy pedig ormlófélben levő hegyek lehetnek. Előfordulhatnak közöttük völgyek, törések, repedések, illetve az ezek mentén kialakult rövidebb hegygerincek és kisebb kráterekből álló hegyláncok: vagyis *természetes eredetűek*.

R. Goldstein 1969-ben végzett radar-mérései szerint a világos vörös területek részben mély medencék, melyeket vörös sivatagoknak lehet tekinteni. A Mars felszínének világos részei magas fennsíkot alkotnak. A kettő között az átmenetet a sötét területek alkotják. Az újabb mérések szerint a Syrtis Maior elnevezésű, háromszög alakú sötét folt lankásan emelkedő, 800 kilométer hosszú lapos fennsíknak bizonyult, amely kelet felé 1—2 fokos lejtéssel éri el az Aeria nevű világos kontinentet. A Mars egyenlítőjének a vidékén a magasságkülönbségek elérik a 13 kilométert. A *Mariner—4* felvételek értékelései szerint a magasságkülönbségek 15 kilométeresek lehetnek.

A Mars-krátereket földi távcsövekkel azért nem lehet észrevenni, mert a Marsot szembenálláskor a napsugarak merőlegesen világítják meg. Ilyenkor a hegyek nem vetnek árnyékot. A körvonalak egybeolvadnak. A Mars-hegyek alacsonyaknak bizonyultak. A hegyoldalak kis lejtése is megnehezíti észlelésüket.

Bár a csillagászok között voltak, akik a Mars felületén is krátereket sejtettek, éppen úgy, mint ahogy az a Hold felületén van, a többség ezt az elgondolást megalapozatlannak vélte és nem fogadta el. Ez volt az oka annak, hogy a Mars-krátereket tulajdonképpen nem is keresték. Igaz ugyan, hogy J. E. Mellish a Yerkes csillagvizsgálóban 55 évvel ezelőtt már látott a Mars felületén egy gyűrű alakú képződményt. Megfigyelését a többi csillagász nem tartotta reálisnak. Később észlelték a csillagászok a Mars felszínén a Nix Olimpuss nevű képződményt, amely a *Mariner-felvételek* alapján 800 km átmérőjű óriási kráternek bizonyult.

A Mars-kutatás legfontosabb eredménye az, hogy a *Mariner-űrhajók* fényképei útján megismerhették a Mars felszínének mintegy ötödresztét. Ezek a fényképek azt mutatják, hogy a Mars felszíne sokkal inkább hasonlít a Hold felszínéhez, mint a Földéhez.

Arvydas Kliore, a Kaliforniai Technológiai Intézet munkatársa az Amerikai Csillagászati Társaság 131. kongresszusán ismertette, hogy a *Mariner-űrhajók* értékelte mérései alapján a Mars bolygó átmérőjére az eddigi méréseknel nagyobb értékeket kaptak. A Mars átmérője 6740 km volt, 30 km-es hibahatárral. A legújabb adatok szerint ez az érték 6788 km lett 9 km-es hibalehetőséggel.

A Mars-légkör nitrogénhiányának megállapítása kétségtelenül a *Mariner-űrhajók* egyik legváratlanabb felfedezése volt. Ez az elem nélkülözhetetlen alkatrésze a földi élet alapját alkotó fehérjének.

Arra a kérdésre, van-e élet a Marson, a *Mariner-felvételek* nem tudnak felelni. Nem is csoda, hiszen a földi élet létezésére sem lehet következtetni a mesterseges holdaknak hasonló magasságból készített felvételeiből.

A Marson uralkodó rendkívül mostoha időjárás nem zárja ki az alacsonyabbrendű növényi élet lehetőségét. Az élőlények alkalmazkodóképessége szinte a csodával határos. Az evolúciós elmélet szerint a földi élet először a sekély tengerekben alakult ki. A *Mariner-felvételek* megállapítható, hogy a Marson sohasem voltak tengerek. Talajformáló hatásaikat a fényképek minden bizonyítással elárulták volna. Ha a jövőben a Marsra leszálló önműködő űrlaboratóriumok vagy jóval később az űrhajósok kétségtelenül megállapítják ott az élet létezését, a biológiának kell majd megoldania keletkezésének körülményeit.

1971-ben újra rádiókapcsolatot létesítettek a *Mariner—6* és *Mariner—7* űrhajókkal, mert napközeli pályájukon ekkor kerülnek földközelpelbe. A Szovjet Tudományos Akadémia Csillagászati Tanácsának Bolygófizikai Bizottsága plenáris ülésen tárgyalta meg az 1971. évi nagy opposzió idejére kidolgozott Mars-kutatási programot.

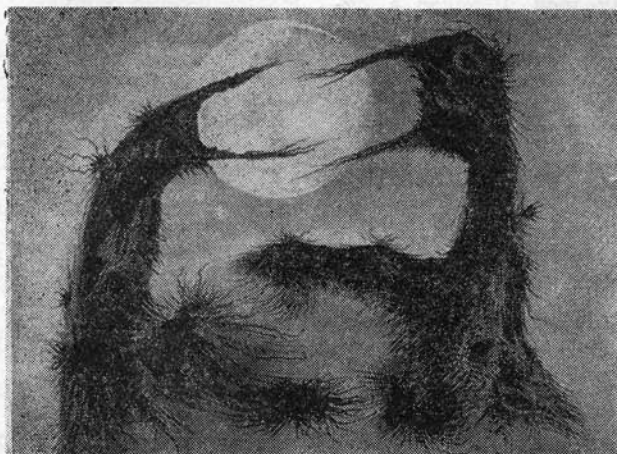
A Nemzeti Űrhajózási és Űrkutatási Hivatal (National Aeronautics and Space Administration, rövidítve NASA) bejelentette, hogy 1971 márciusában két *Mariner* típusú űrhajót indít a Mars felé. Az űrhajók tömege két és félser nagyobb lesz a legutóbb felbocsátott *Mariner-űrhajókénál*. Az űrrakéták tömeg-

növekedése azt jelenti, hogy felvevő kamerákkal, egyéb fontos műszerekkel és üzemanyaggal jobban lesznek felszerelve elődeiknél. 1600 km távolságban a Mars felszínétől működésbe lépnek a fékező-rakéták, és az űrhajók a célbolygó mesterséges holdjává válnak. Tüzetesen tanulmányozzák műszereikkel a Mars amaz övezeteit, amelyek évszakos változást mutatnak. Három hónapig megszakítás nélkül sugározzák mérési adataikat és televíziós felvételeiket a Földre. Ezenkívül alkalmas leszállási helyeket keresnek a Viking-terv számára. Az űrhajók indításának időpontját az a csillagászati körülmény határozza meg, hogy 1971. augusztus 10-én a Mars ismét nagy szembenállásban lesz a Földdel, amikor a tőlünk való távolsága mindössze 56,3 millió kilométer lesz.

A Viking-terv szerint 1975-ben két űrhajó végez majd sima leszállást a Marson. Az önműködő űrlaboratórium 3 méter hosszú csuklós karja 10 cm mély árkot áshat a bolygó talajában. Három hónap alatt 14 szerves vegyelemzést végez együttesen a két laboratórium.

Az élet létezésének felderítésére szolgáló egyik elgondolás az, hogy a szén-14-es izotópját tartalmazó táptalajra olajos kötéllel baktériumokat juttatnak a bolygó talajából. A keletkezett radioaktív széndioxid jelzi a baktériumok életműködését. A Kaliforniai Technológiai Intézet készíti azt a miniatűr szeizmográfot, amely a Viking-terv keretében kerül a Mars felszínére. A készüléket úgy szerkesztik össze, hogy még akkor is működik, ha az űrhajó a sima leszállás helyett valamilyen okból a bolygóra zuhan. A készülék tanulmányozza majd a Mars rengéseit, amelyek földi viszonylatban földrengéseknek felelnek meg. Adatokat szolgáltat ezenkívül a meteorológiai állapotathatózókról és a meteorit-záporokról is.

Az űrkutatás óriási összegeket igényel. A legutóbbi kettős Mariner-kísérlet számáján 148 millió dollár szerepel. A Viking-terv költségeiről még nem közöltek adatokat, de bizonyosra vehetjük, hogy az előbbi összeg többszöröse lesz. Úgy látszik, az emberi tudásszomj nem ismer anyagi akadályt.



Dobos Sándor: Holdfaló