

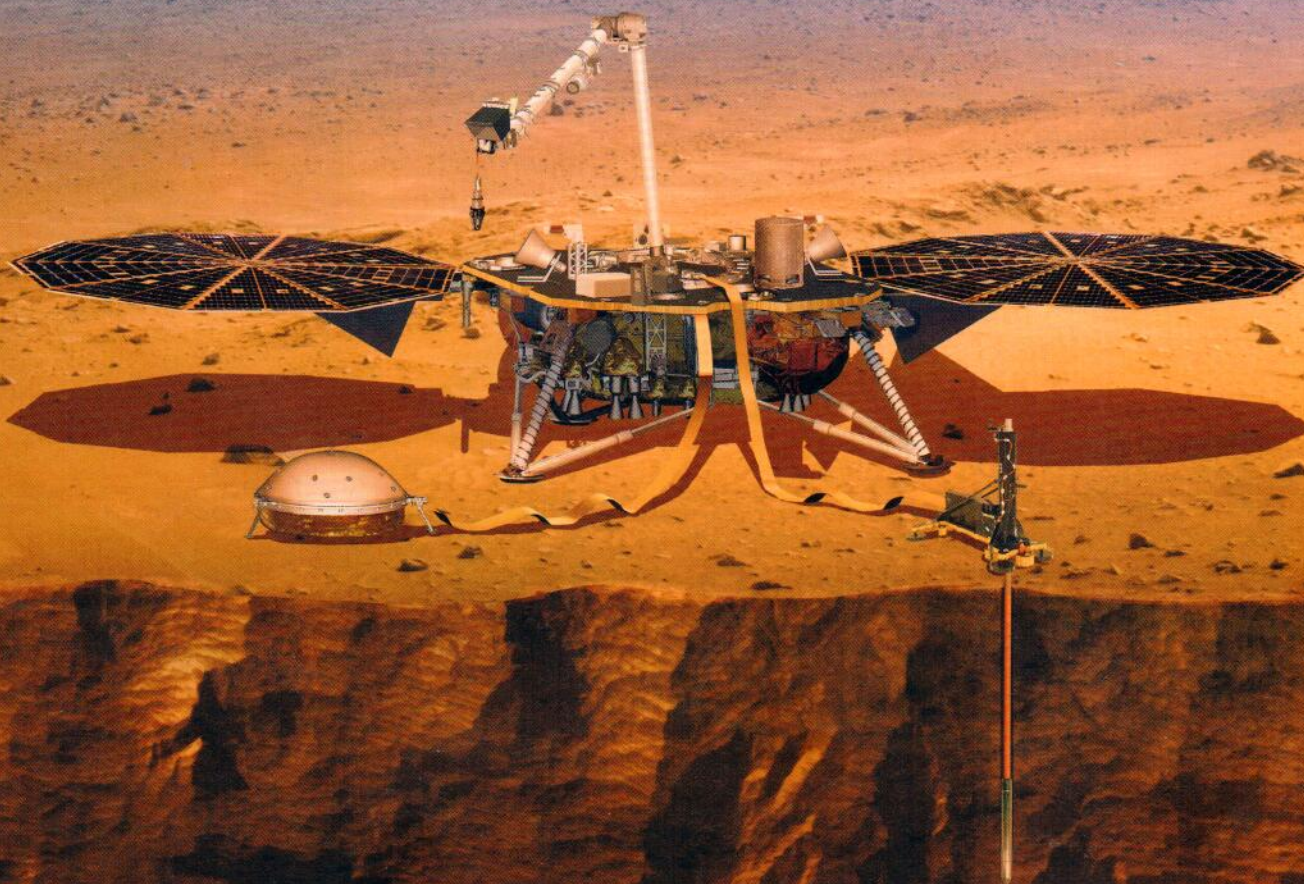
OKTATÓ KÁOSZ • IGAZGATÓ SEGÉD • HÉLIUMHAJSZA • NANOPECSÉTELÉS • VULKÁNI GYÍKOK

LXXIII. évfolyam ■ 22. szám ■ 2018. június 1.

Ára: 400 Ft

Előfizetőknek: 310 Ft

ELET és TUDOMÁNY



MARSRENGÉSEK

A VÖRÖS BOLYGÓ MEGFÚRÁSA

METEORBECSAPÓDÁSOK MARSRENGÉSSSEL

Május 5-én a NASA sikeresen elindította űrszondáját a Marsra. Az InSight egy geofizikai leszállóegységet fog telepíteni, amely a Mars belsejét hivatott tanulmányozni, hogy adatokkal segítse a kutatókat a bolygó keletkezésének és összetételének megismerésében. Küldetésének fő célja, hogy felderítse: egy kőzetbolygó miképpen alakul ki, hogyan fejlődik. A misszió várhatóan egy évig tart és közben folyamatosan adatsorokat küld a tudósok és érdeklődő diákok számára – az űrszonda észlelései ugyanis szabadon hozzáférhetők lesznek az interneten.

Az InSight (Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy és Heat Transport) pontos leszállási helyét egy ellipszisen belül jelölték ki; ez egy viszonylag sík terep nagy kráterek nélkül, ahol a felszíni kőzet elég puha ahhoz, hogy a szonda képes legyen a talajba beleásni. Annak érdekében, hogy a landoláskor az ejtőernyők működjenek, viszonylag alacsony magasságra van szükség, és hogy elég napos legyen a leszállóhely környezete, mivel a leszállóegységet napemelés látja el energiával, ezért ennek a helyszínnek az egyenlítő közelében kell lennie. A marsi leszállás tervezett időpontja 2018. november 26-a, helyszíne az Elysium Planitia területének nyugati részén lesz.

A Mars éghajlata sokkal hűvösebb a bolygónkénál, az átlagos hőmérséklet körülbelül mínusz 63 Celsius-fok, ami részben a Naptól való nagyobb távolságával és a vékony, szén-dioxidban gazdag légkörével magyarázható. Az időjárását porviharok uralják, melyek képesek az egész bolygót beborítani és valamennyire megemelni a hőmérsékletet. Míg a Föld felszínének mintegy kétharmadát óceánok borítják, a Mars felszínén nincs folyékony víz. A tudósok azonban úgy vélik, hogy 3,5 milliárd évvel ezelőtt az éghajlata hasonló

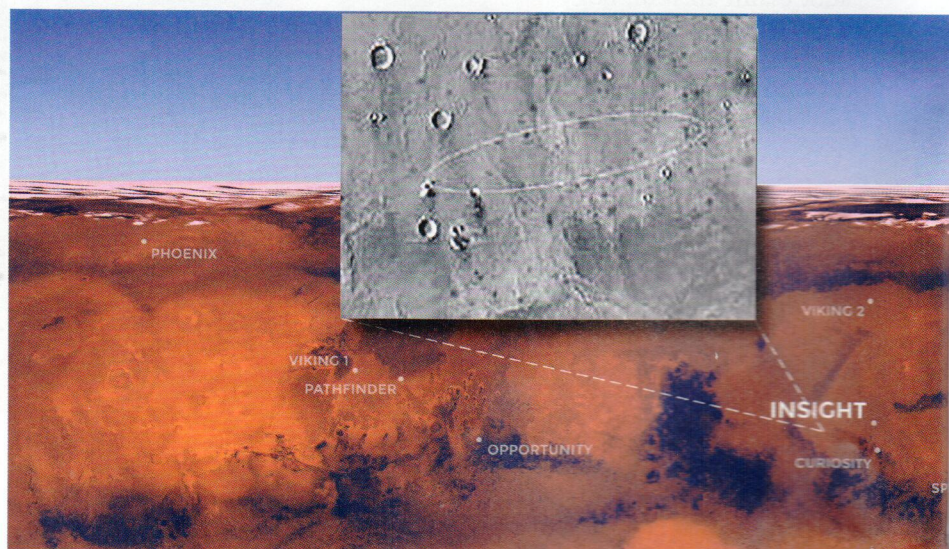
lehetett az akkori korai Földéhez, vagyis melegebb és nedvesebb volt, mint most. A Mars nedvesebb éghajlatának bizonyítékát láthatjuk folyóvizek, vízelvezető csatornák és egykori tavak megmaradt nyomaiban.

Mind a Föld, mind a Mars felszínét meteorok bombázták az évmilliók során. A Mars kráterei azonban sokkal jobban megőrződtek a lassú erózió miatt, mivel az időjárási hatások a csapadék hiányában sokkal kevésbé pusztították le a felszínt. Továbbá a kisebb meteorok elégnék a Föld légkörében és soha nem érik el a földfelszínt, míg a Marson a kis meteorok is

krátereket ütnek, mert a bolygónak sokkal vékonyabb a légköre, ráadásul a Földénél 100-szor ritkább!

Egy szilárd égitest kialakulása általában anyagbefogási (akkréciós) folyamat során megy végbe: porrészecskék és kis meteorok fokozatosan összeragadnak és egyre nagyobb méretet öltenek, amely végül eléri egy bolygó kiterjedését. Ahogy nő a bolygókezdemény, úgy melegszik a belseje, megolvad és gömbformát vesz fel. Az anyag ezután lehűl, és kikristályosodik, azaz kialakul a Föld-típusú bolygónak nevezett égitest.

A korábbi marsexpedíciók és az InSight tervezett leszállóhelye (FORRÁS: NASA)



Az összes Föld-típusú bolygó hasonló szerkezetű, anyagának összetétele nagyjából ugyanaz, mint a meteorok anyaga, amelyből kialakultak, de ez semmiképpen sem jelenti azt, hogy egyformák is lennének. Mindegyik Föld-típusú bolygó a differenciálódás folyamata során nyerte el jelenlegi szerkezetét és formáját. Eszerint a különböző elemek és ásványok kikristályosodnak, és eltérő mértékben süllyednek le a megolvadt bolygómasszába. A belseje övekre – mag, köpeny és kéreg – válik szét.

A tudósok még vitakoznak azon, hogy miért nem tapasztalható a Mars-on lemeztectonika. Talán a folyékony víz a felszínen nélkülözhetetlen feltétele a lemeztectonikának? Esetleg a Mars egyszerűen túl gyorsan hűlt le, és emiatt nagyobb a fajlagos felület-térfogat aránya? A lemeztectonika (no és persze az időjárási erők sokasága) szabályozza a Föld felszínének alakját, az óceáni medencéktől kezdve a hegyvonulatokig. A lemeztectonika az oka egy sor természeti jelenségnek, így a földrengéseknek és a vulkánkitöréseknek. Sőt, a lemeztectonika az a fő mechanizmus, amely során a Föld elveszíti belső eredetű hőjét. Am lemeztectonika csak a Földön figyelhető meg! Ez rejtélyes! Miért csak a Földön fordul elő? Hiányában a többi Föld-típusú bolygó hogyan veszíti el akkor belső hőjét? Ezek nagy kérdések a Föld és a többi bolygó kutatása során.

Az InSight elsődleges küldetése, hogy a bolygó kialakulása során történő differenciálódás rejtélyét megoldja, segítségével megértjük az akkréciós folyamatot és a Föld-típusú bolygók teljes kialakulását, azaz a mag, a köpeny és a kéreg létrejöttéhez vezető utat. A NASA programjának másodlagos célja az, hogy a vörös bolygón tanulmányozza a marsrengéseket és a meteorbecsapódásokat. Ezek mind értékes ismereteket adhatnak a Földön zajló folyamatokról is.

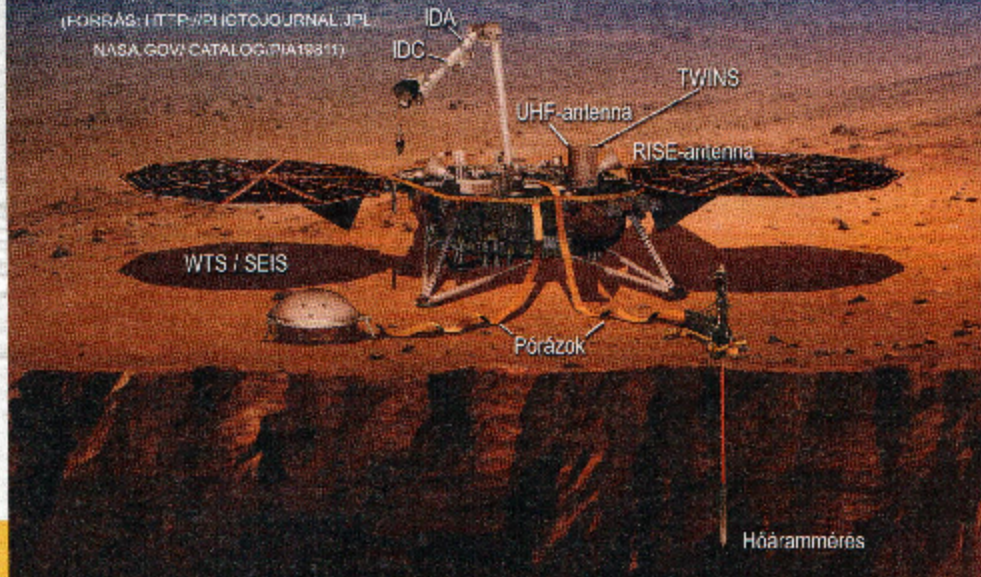
A Mars szeizmológiai tanulmányozásával, azaz a marsrengések és meteorbecsapódások révén részben felderíthetjük a bolygó belső szerkezetét.

Marsrengéseket okozhatnak a meteorbecsapódások, a légköri jelenségek és a tektonikus folyamatok. A Mars holdja, a Phobos keringése bolygója körül egy nagyon alacsony frekvenciájú „árapály” mozgást okoz a Mars felszínén, amelynek periódusideje körülbelül nyolc óra. A hosszú periódusú SEIS-eszköznek elég érzékenynek kell lennie ahhoz, hogy mérje ezt az árapálymozgást és kimutatható legyen a több mint egy évig (esetleg két évig) tartó méréseinek kiértékelése után.

Várhatóan az is kiderül a marsrengések elemzéséből, hogy mekkora és milyen összetételű a Mars magja, és

Fantáziarajz az InSight leszállóegységről a Mars felszínén, jobbról a robotkar közvetlenül méri a felszín hőmérsékletét, balról a kiépített szeizmométer (WTS / SEIS) látható

(FORRÁS: [HTTP://PI100JOURNAL.JPL.NASA.GOV/CATALOG/PIA18311](http://pi100journal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA18311))

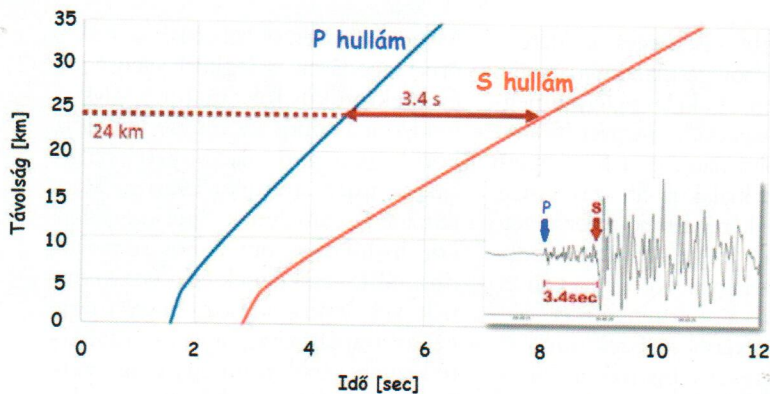


AZ INSIGHT – PÓRÁZON

Maga az űrszonda egy hagyományos ejtőernyős statikus leszállóegység, amely a NASA Phoenix Lander által tesztelt és egy már kipróbált technológiának számít. Több műszerét Európában tervezték: Franciaországban a hosszú periódusidejű szeizmométert, Angliában az egyszerűbb és robosztusabb rövid periódusú szeizmikus műszert, Németországban a hőmérsékletmérő egységet, amely akár 5 méterrel a talajba (vagy kőzetbe) tud fúrni és ott megmérni a minta hőmérsékletét, valamint a bolygó hőfluxusát. Svájcban a fedélzeti elektronikát és a nagy felbontású helyzeti adatokat szolgáltatató egységet fejlesztették ki.

A leszállóegységhez tartozik egy robotkar, amellyel a hőárammérő érzékelőegységét telepítik ki, és a felszínre helyeznek még egy szeizmométer-egységet is (SEIS). A talajjal közvetlenül érintkező szeizmikus érzékelőhöz egy szélvédő fedél tartozik, amely nagymértékben csökkenti a háttérzajt, és növeli a műszer érzékenységét a marsrengések észlelésére. A holdrengések esetében az Apolló-küldetés során maximális érzékenységgel dolgozhattak a szeizmométerek a légkör zavaró hatásának hiánya miatt (lásd a *Holdrengések – Ha égi kísérőnk megárazza magát* című cikket az Élet és Tudomány 2016/40. számában – A szerk.).

A SEIS egy hosszú periódusú érzékelőegység (Párizsban az IPGP tervezte), érzékenysége és a frekvencia átvitele a legjobbak közé tartozik a Földön. Az eszközben három elkülönített érzékelőt helyeztek el vákuumkamrákban, ami lehetővé teszi a talajmozgás három irányban történő mérését (fel-le, észak-déli és kelet-nyugati). E szenzor korai változata repült a Marsra az orosz Mars-küldetés során (1996), ám sajnos meghibásodott. A SEIS tartalmaz egy mikro-elektromechanikus rendszert (MEMS), amely egy gyorsulásmérő egység (ezt Londonban az Imperial College tervezte és építette). Utóbbi a magas frekvenciájú szeizmikus jeleket rögzíti ugyanannak az elvnek a segítségével, mint ami az okostelefonok számára „megmondja”, hogy merre van a felfelé. Noha nem annyira érzékeny a legalacsonyabb frekvenciákra, de cserébe nagyon erős (robosztus) és könnyű.



A P és S hullámok menetideje egy, a felszín alatt 5 kilométerre történt eseményből kiindulva

KIBŐL LESZ MARSKUTATÓ?

Angliában, a MarsQuake program keretében iskolák is bekapcsolódhatnak a Mars kutatásába. A diákok első kézből láthatják a NASA InSight misszió legújabb Földre küldött képeit, és azokon meteorbecsapódásokat kereshetnek. Várhatóan 2019-től a földöntúli marsi rengések jeleit is megnézhetik az IRIS honlapról (<https://www.iris.edu/hq/>). A marsrengések iskolai programjának honlapja: <http://www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/hazards/earthquakes/marsQuake/home.html> Szívesen várom az érdeklődők jelentkezését egy hazai marskutató elkezdéséhez: MTA CSFK GGI Kövesligethy Radó Szeizmológiai Intézet, marta@seismology.hu.

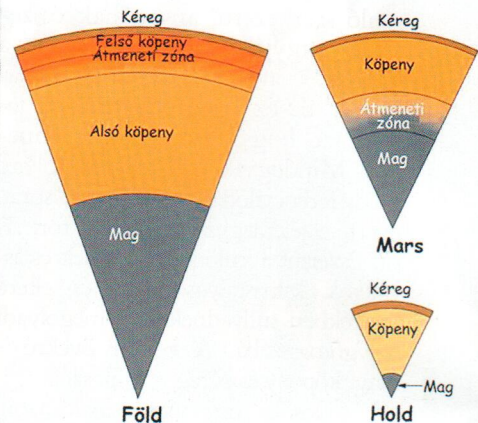
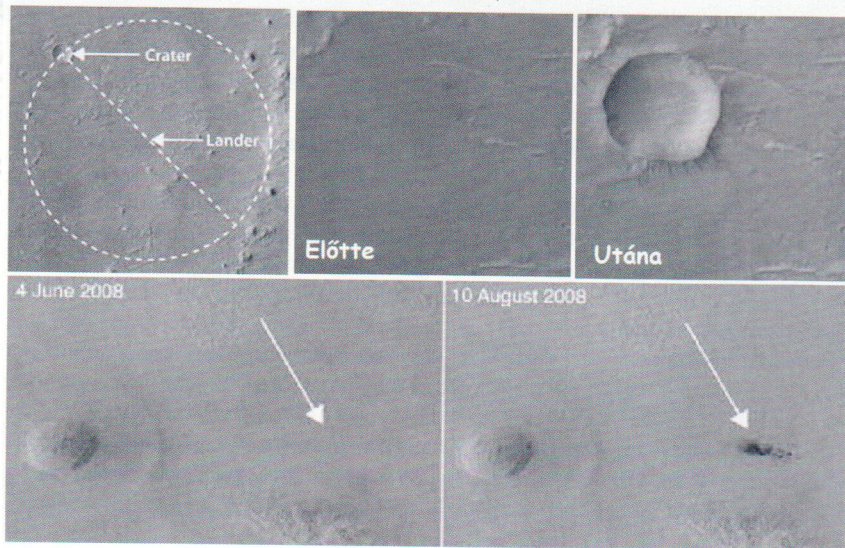
feltárul a fizikai állapota is, azaz hogy szilárd vagy folyékony. Meghatározhatjuk a Mars kérgének vastagságát és pontos szerkezetét, valamint megismerhetjük a köpenyének összetételét és méretét. Izgalmas feladat lesz megfigyelni a Mars szeizmikus tevékenységét, elemezni a

marsrengések magnitúdóját és földrajzi eloszlásukat, valamint meghatározni a bolygó felszínére becsapódott meteoritok számát.

A Mars szeizmikus eseményeit kísérő P nyomáshullám és az S nyíróhullám közötti sebességkülönbség lehetővé teszi a kutatók számára,

Ha egy megfelelő sugarú kört rajzolunk a gyorsulásmérő műszer köré, a térképeken megkereshetjük az új krátert. A HiRISE képei alapján összehasonlíthatjuk a területet a szeizmikus jel észlelése előtt és után: részletesen tanulmányozva a felvételeket, jól behatárolható a kráter. 2013-ban 213 új becsapódást rögzítettek a Marson.

(FORRÁS: NASA)



A Föld, a Mars és a Hold szerkezetének összehasonlítása

hogy „megnézzék” a Mars belsejét, hasonló módon, ahogy a földrengések esetében. A különböző tulajdonságú réteghatárokon ugyanis visszaverődnek és megtörnek a szeizmikus hullámok, illetve az eltérő tulajdonságú kőzetekben más-más a terjedési sebességük, csak vissza kell fejteni ezeket a rengéshullámok adataiból.

A szeizmométerből kapott rengéshullámokat kombinálhatjuk azokkal a képekkel, amelyeket az NASA HiRISE nevű orbitális űrjárműve szolgáltat. Az új kráterek keletkezését összekapcsolhatjuk a megfigyelt szeizmikus jelekkel! Ha a szeizmométertől egy bizonyos távolságban becsapódás történik, akkor ennek hatására először a gyorsabb P hullámokat érzékeli a műszer, azok kisebb amplitúdóval jelennek meg a szeizmogramon. Amikor az S hullámok elérik a műszert, egy újabb, nagyobb amplitúdójú nyom lesz megfigyelhető. Míg a P hullámok terjedési sebessége 5–7 kilométer percenként a földkéregben, addig az S hullámok lassabban, 3–4 kilométer/perc sebességgel haladnak. Az eltérő beérkezési időket fel tudjuk használni arra, hogy kiszámítsuk az eseménytávolságát a szeizmométertől. Nagyobb távolság esetén hosszabb idő fog eltelni a két hullám beérkezése között. Egy grafikon segítségével meghatározhatjuk ezt a távolságot, és megkereshetjük a krátert...

KISZELY MÁRTA