

36. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Had- és Rendészettudományi Szekció
Budapest, 2023. április 18-20.
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Rendészettudományi Kar

Mars misszió lehetőségei és sugárvédelme

Jelige: *Irány a Mars!*

Pályamunka lezárásának időpontja: 2022.11.

2023.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani témavezetőnknek, dr. Szűcs Endre adjunktus úrnak a támogatásáért, ami nélkül ez a tudományos diákköri dolgozat nem készülhetett volna el.

Hálával tartozunk Ujhegyi Péter doktorandusznak, akinek a segítőkészsége és folyamatos útmutatása döntően hozzájárult munkánk kidolgozott leadásához.

Tiszta szívvel köszönjük az egyetem könyvtárvezetőjének, Széll Gábornak az értékes tanácsait.

Tartalomjegyzék

Előszó	1
Úr és Mars történelme	2
Marsjárók és szondák	13
A Starship nyújtotta lehetőség.....	18
Legénység fizikai és pszichológiai védelme	20
Sugárvédelem	28
Végszó	40
Irodalomjegyzék.....	41
Ábrajegyzék	44

Előszó

Az emberiség hosszú történetének során mindössze pár ezer évet sikerült őseinknek dokumentálnia és megőriznie a mai napig. Ezalatt az idő alatt számos kultúra fejlődött ki, virágzott, majd tűnt el a történelem süllyesztőjében. Ezen közösségek merőben eltértek egymástól, hisz más korban és más földrészen éltek. Ettől függően az életvitelük és céljaik is nagyban különböztek. Hisz az első civilizációk és népközösségek legfontosabb feladata egy biztonságot jelentő központ kiépítése, és a természeti elemektől valamint a vadállatoktól és ellenséges törzsektől való oltalom volt a prioritás. A technika fejlődésével és az idő múlásával azonban a fontossági sorrend is nagyban változott. Civilizációk születtek, néztek szembe saját problémáikkal, amiket vagy megoldottak, vagy elbuktak benne. Habár ezen népek számos alkalommal okultak más kultúrák hibáiból, gyakran ez sem biztosította fennmaradásukat. Az egyetlen kihívás, ami véleményünk szerint minden civilizációt egyaránt érintett, az a terjeszkedés és saját életterük tágítása volt.

A Római Birodalom évszázadok alatt hódította el a szomszédos barbár törzsek és királyságok területét, míg Kolumbusz Kristóf, James Cook vagy Roald Amundsen hajóra szállt, hogy felfedezze az ismeretlent. Az emberiségnek évezredekbe telt, mire a mai szintre eljutott a Föld feltérképezésében, és habár még a 21. században is vannak a bolygónknak felfedezésre váró titkai, az emberi faj már inkább a csillagok között keres lehetőségeket, hogy az ismeretlen feltérképezése iránti vágyát kielégíthesse. Sajnos a technológia még nem elég fejlett ahhoz, hogy akár csak a saját naprendszerünkön belül erőfeszítés nélkül utazzunk másik bolygóra, továbbá a lehetőségek tárháza sem végtelen.

Dolgozatunkban az emberiség előtt álló eddigi legnagyobb kihívást, modern technológiával mégis „legkönnyebben” elérhető bolygót, a Marsot és a marsutazás nehézségeit vesszük górcső alá. Röviden összefoglaljuk az űrutazás történelmét, valamint listába szedjük a legnagyobb sikereket és kudarokat egyaránt. Ezt követően kitérünk a Mars naprendszerben betöltött szerepére és a bolygó történelmére. Részletesen foglalkozunk a jövőbeli Mars expedíciók során felmerülő nehézségekkel és kihívásokkal, amiket az emberiségnek le kell győznie, ha a felfedezések hosszú listáját a vörös bolygóval szeretné kiegészíteni. Végezetül pedig összefoglaljuk a véleményünk szerint legnehezebben legyőzhető akadályt, az űrben fellelhető kozmikus sugárzás egészségügyi hatásait az emberi testre nézve.

Űr és Mars történelme

Az űrutazás az emberiség történelméhez viszonyítva meglehetősen rövid időintervallumot ölel fel. Habár a Harmadik Birodalom már 1944-ben elérte az űr határát, az első műholdat a Szovjetunió lőtte fel 1957-ben. Ez a dátum az első mérőföldkő a modern űrkutatás felé vezető úton, valamint az űrverseny kezdetét is jelzi.[1]

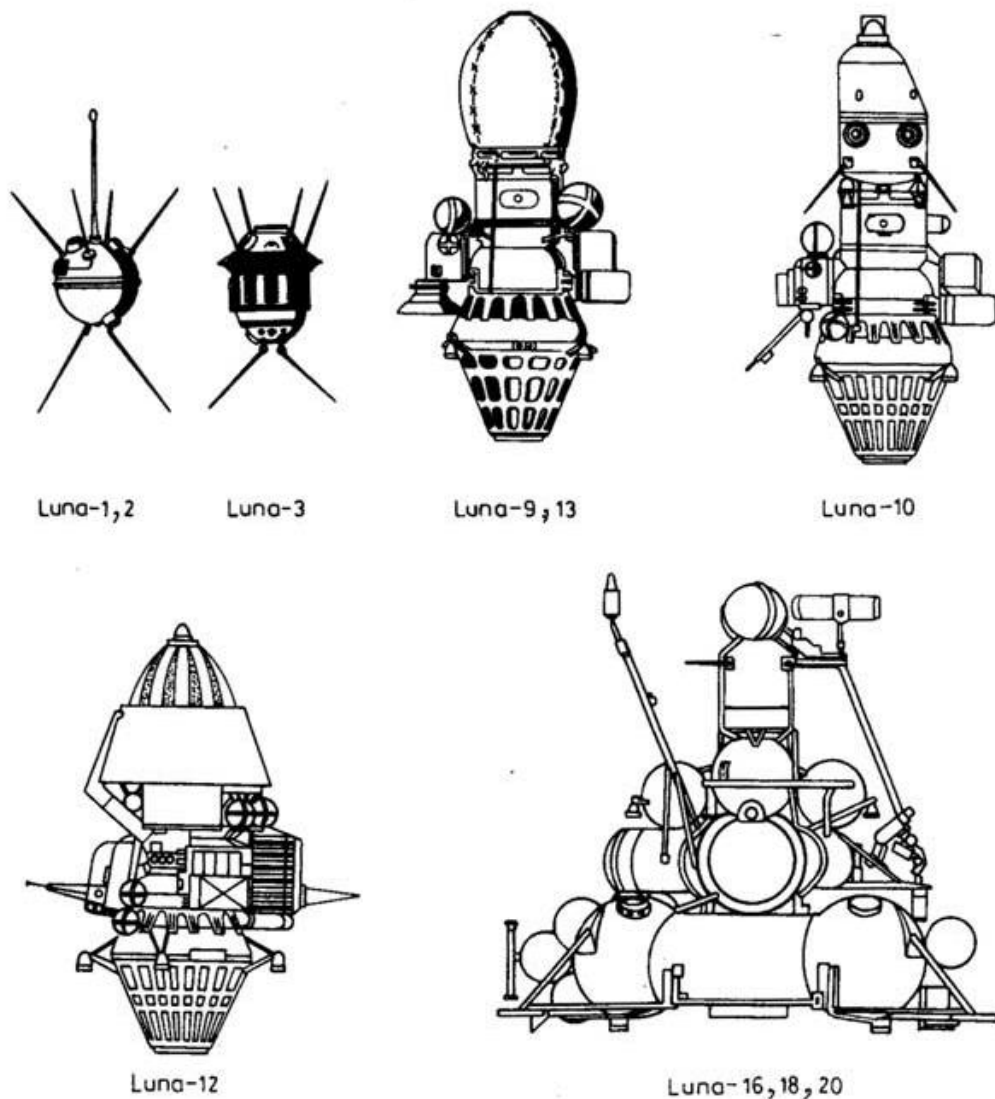
Az űrverseny fogalma és hatása az űrtechnológia fejlődésére:

Űrversenynek nevezik az 1957 és 1975 közötti időszakot, amikor a hidegháború során szembenálló két nagyhatalom, az Egyesült Államok és a Szovjetunió versengésbe kezdett, hogy melyik nemzet tudja meghódítani az űrt. Kezdetben a mérnöki találékonyságnak és a nagyobb terhet elbíró rakétáiknak köszönhetően a szovjetek álltak nyeresre. Hozzájuk köthető az első műhold fellövése, valamint az első élőlény (Lajka kutya) és az első ember (Jurij Gagarin) küldetése is. Az Egyesült Államok az orosz sikerek hatására felgyorsította saját űrprogramját. Ennek eredményeképpen született meg a 1958-ban a NASA, vele együtt pedig a *Mercury program*, mely sikeresen zárult és számos műholdon és állaton kívül hat asztronautát is feljuttatott a világűrbe 1963-ig. A két rivalizáló nagyhatalomnak köszönhetően az emberiség alig húsz év alatt eljutott a propeller hajtotta repülőktől egészen addig a fejlettségi szintig, hogy nem jelentett „földöntúli” kihívást az űrhajók föld körüli pályára állítása.[1]

Cél a Hold:

1959-ben a Szovjetunió indította az első olyan szondát, amit nem föld körüli keringésre szántak. A *Luna-1* a Holdat célozta meg, azonban a küldetés sikertelen volt, mivel a szonda hatezer kilométerrel elhibázta célját. A *Luna-2* azonban ugyanezen év szeptemberében sikeresen elvégezte küldetését és becsapódott a Holdba. A *Luna-3* pedig alig egy hónappal később fényképeket készített a Hold sötét oldaláról, míg a *Luna-9* 1966-ban landolt sikeresen az égitesten.[2] Ezeket a sikereket felvonultatva pedig egyértelműen kimondható, hogy a Holdra szállás előzetes lépéseiben a Szovjetunió szerzett előnyt. Ezt a lemaradást azonban a NASA hamar behozta, hiszen 1969-ben ők hajtották végre az első emberes küldetést, mely során ember lépett a Holdra. Az amerikai *Apollo program* a kezdeti nehézségek és a végzetes balesetek ellenére rendkívül sikeres volt. Összesen hat küldetés során 24 asztronauta érte el a Holdat. Ezzel szöges ellentétben a Szovjetunió képtelen volt kifejleszteni egy olyan megbízható

hordozórakéta-rendszert, mint az amerikai *Saturn rakéta*. Ehhez még hozzá kell tenni, hogy az *N1* rakéta-család, ami a szovjetek „embert a holdra” álmát volt hivatott megvalósítani, valójában teljesen alkalmatlan volt holdrakétának. Ezért négy katasztrofális baleset után, és mert addigra az amerikaiak már többször is megismételték Neil Armstrong sikerét, 1976-ban a Szovjetunió végleg törölte a programot.[2]



[1.kép] Luna űrhajó család

Űrállomást föld körüli pályára állítani:

Az űrverseny második felében, tehát a 60-as évek elejétől fogva mindkét fél tisztában volt vele, hogy mekkora előnyre is tehetnek szert a másik oldallal szemben, ha sikeresen létrehoznak egy

űrbéli állomást, mely hosszabb ideig marad föld körüli pályán, valamint alkalmas egyszerre több ember befogadására, és ahol kísérleteket végezhetnek az űrhajósok.[3] A Szovjetunió *Szaljut programja* versengett az amerikai *Skylab programmal*. Utóbbi majdnem négyszer akkora volt, mint szovjet ellenfele, ezért az Egyesült Államok hamar elvégzettnek tekintette a projektet és inkább az űrsiklók kifejlesztésére csoportosította át erőforrásait. Később a Szovjetunió válasza, a *Mir program* már nem az űrverseny része volt, hanem egy nemzetközi együttműködést mozdított előre.



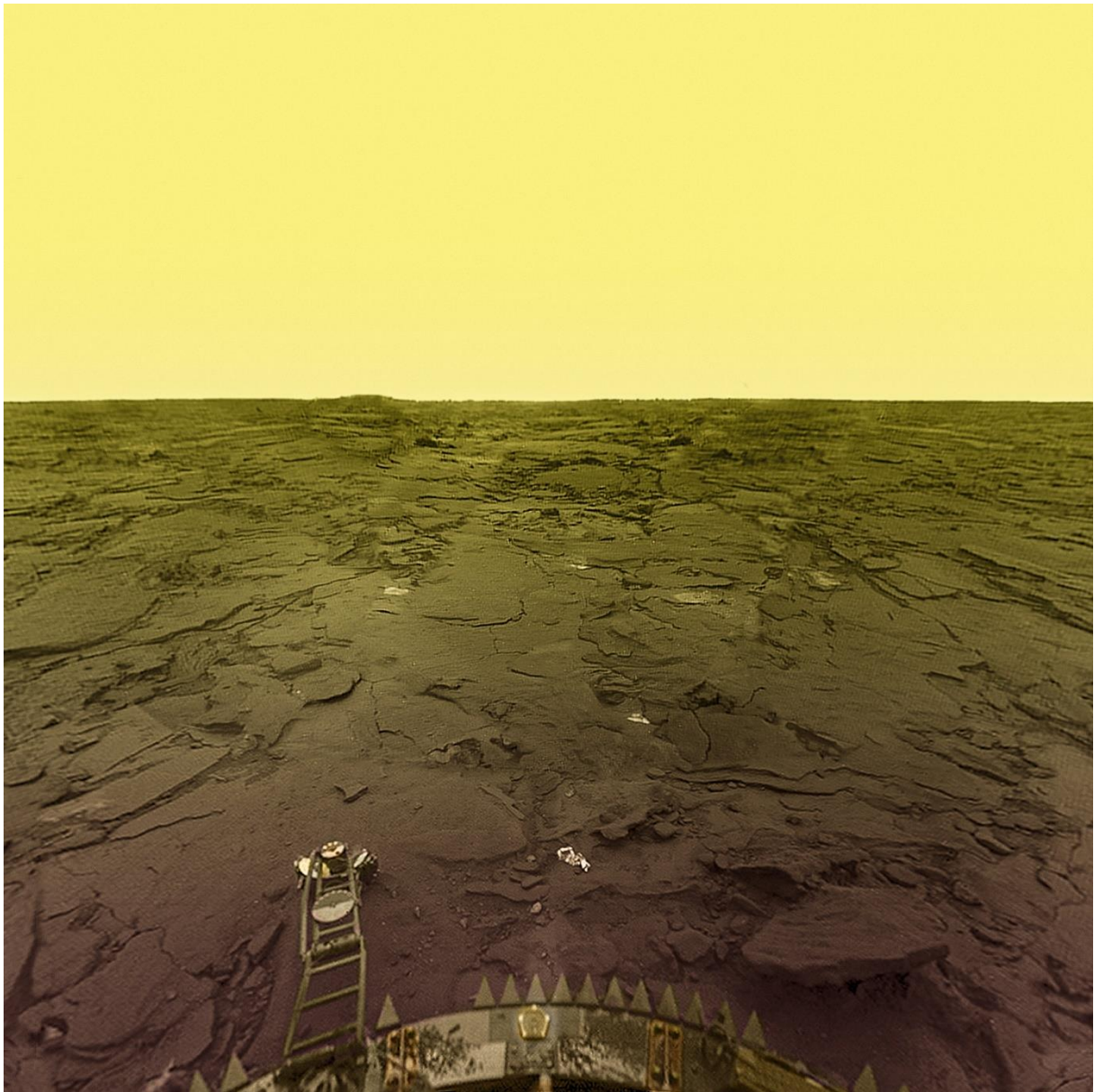
[2.kép] Skylab

A Naprendszer felfedezése az űrverseny alatt (és után):

Összesen kilenc küldetés indult a naprendszer távolabbi bolygóinak a feltérképezésére. Ebből néhány az űrverseny során indult, a többi viszont csak utána. Dolgozatunk kohéziójának fenntartása érdekében nem teszünk különbséget a start időpontjának szempontjából. Mind a

kilenc szonda sikeresen elérte a Jupitert 1973 és 2016 között és megvizsgálta az égitestet, valamint a holdjait. Ebből a kilencből négy felhasználta a Jupiter gravitációs mezőjét és egy parittyá manővert végrehajtva haladt tovább és érte el a Szaturnuszt 1979 és 2017 között.[6] Itt érdemes megjegyezni, hogy 2005-ben a *Cassini-Huygens* szonda landere terv szerinti, sikeres leszállást hajtott végre a Szaturnusz legnagyobb holdján, a Titán-on. A négyből egy szonda, a *Voyager 2* pedig elérte sorban az Uránuszt 1986-ban és a Neptunuszt is 1989-ben, mielőtt kilépett volna a Naprendszerből.[7] A *New Horizons* űrszonda pedig 2007-ben repült el a Jupiter mellett, majd 2015-ben a Pluto és holdjai közelében is.[2]

A hidegháború során a két oldal más bolygók feltérképezését is megkísérelte. A szovjetek a Vénuszt, az Egyesült Államok a Marsot vette célba. 1961 és 1970 között a Szovjetunió hat küldetést indított a naprendszer szerinti belső szomszédunk felé. A *Venyera-1* sikeresen repült el a bolygó mellett, majd számos landolási kísérlet után végül a *Venyera-7* érte el a Vénusz felszínét, ahol 23 percig működött és továbbított hasznos információkat a földre.[4] Ez az időtartam nem kis teljesítmény volt, hiszen a felszíni légnyomás és a 400° C körüli átlaghőmérséklet nem az ideális működési környezet egy gépnek. Mindezt úgy, hogy a Vénuszon eltöltött legtöbb idő rekordja is mindössze 127 perc. Ezt a működési időt az 1981-ben elindított *Venyera-13* űrszonda érte el. Rövid „életének” köszönhető az első színes fotó a Vénusz felszínéről.



[3.kép] A Venera-13 űrszonda képe a Vénusz felszínéről.

Habár az Egyesült Államok ezidőben nem kísérelt meg küldetést indítani a Vénuszra, a Marsot viszont komoly erőfeszítések árán érték el. 1964-ben a *Mariner-4*-es szonda képeket készített a bolygóról. Az első landolót, a *Marsz-3*-at a Szovjetunió küldte, az csupán 20 másodpercig volt aktív. A következő lépést a Mars elérésében a NASA tette meg a *Viking-1* és *Viking-2* űrszondákkal. Azonban ezek a küldetések már az űrverseny után folytak le.[14]

Az űrverseny végét a hidegháború enyhülése hozta el. A két nagyhatalom számos fegyverkezést lelassító szerződésen kívül közös űrkutatási munkatervet is indított. Az *Apollo-Szozuz-program* 1975. július 15-i kezdetét tekintjük a versengést lezáró dátumnak.

Az utolsó nem megvizsgált bolygó a Naprendszerben a Merkúr. Közhiedelemmel ellentétben ez a Földhöz legközelebb keringő önálló planéta (nem a Vénusz), hála a Naphoz közeli pályájának, sosem távolodik el igazán a Földtől a keringése közben. Ide a NASA 1974-ben indított egy szondát, a *Mariner-10*-et, amely háromszor repült el a bolygó mellett. Valamint 2004-ben a *Messenger*-t, ami sikeresen keringési pályára állt a Merkúr körül 2011-ben. A NASA végül négy év keringés után szándékosan megsemmisítette a szondát, amikor az túl közel került a bolygóhoz.

A Naphoz küldött első űrjármű, a *Parker* napszonda volt, amely alig egy évvel ezelőtt, 2021-ben gyűjtött adatokat a Nap legfelső rétegeiből. A szó legszorosabb értelmében berepült a Nap atmoszférájába, majd sikeresen távozott is belőle.[5]

Az űrsiklók úttörő munkája:

Dolgozatunk elsődleges témája a Mars és a bolygóhoz köthető jövőbeli projektek feldolgozása. Ezen tervek és megvalósításuk menetének megértéséhez azonban elkerülhetetlen, hogy a modern űrrepülés nagyobb sikereit össze ne gyűjtsük. Hiszen ezeknek a küldetéseknek a tapasztalata nagyban hozzájárulhat egy marsi expedíció sikeres lebonyolításához.[1]

Az Egyesült Államok az űrversenyt követően szerette volna megreformálni az űrrepülést. A legmodernebb technológiák felhasználása a mai napig elengedhetetlen egy biztonságos küldetés végrehajtásához, azonban a projektek mérhetetlenül drágák voltak. A legnagyobb költséget természetesen maga az űrhajó tervezése és legyártása jelentette. Az űrrepülés hajnalán minden küldetésre teljesen új járművet terveztek és építettek. Ezt orvosolandó, a NASA az amerikai kormány kérésének eleget téve, a hetvenes évek végén elindította az űrsikló programot. Néhány évvel és 190 milliárd amerikai dollár elköltésével később pedig elkészült az első olyan űrjármű, amit többször fel lehetett használni. A robosztus kialakításnak, a hatalmas raktérnek és a vákuumban tanúsított strapabíróságának köszönhetően a küldetések célja nem számított. Egy űrsikló átépítés nélkül képes volt asztronautákat szállítani egy űrállomásra, valamint műholdakat föld körüli pályára állítani és javítani is. Sajnos egy űrsikló képtelen lett volna embert akár csak a Holdra juttatni és visszahozni épségben. Üzemanyag gazdálkodási szempontból ez szinte megoldhatatlan kihívásnak számított a nyolcvanas-kilencvenes évek űrtechnológiája számára. A *Columbia* és a *Challenger* katasztrófája pedig rávilágított, hogy az újra felhasználásnak ára van. A járművek karbantartását és az

elhasználódásból eredő problémákat effektíven megoldani képtelen NASA végül a 21. század elején leállította a programot.[1]



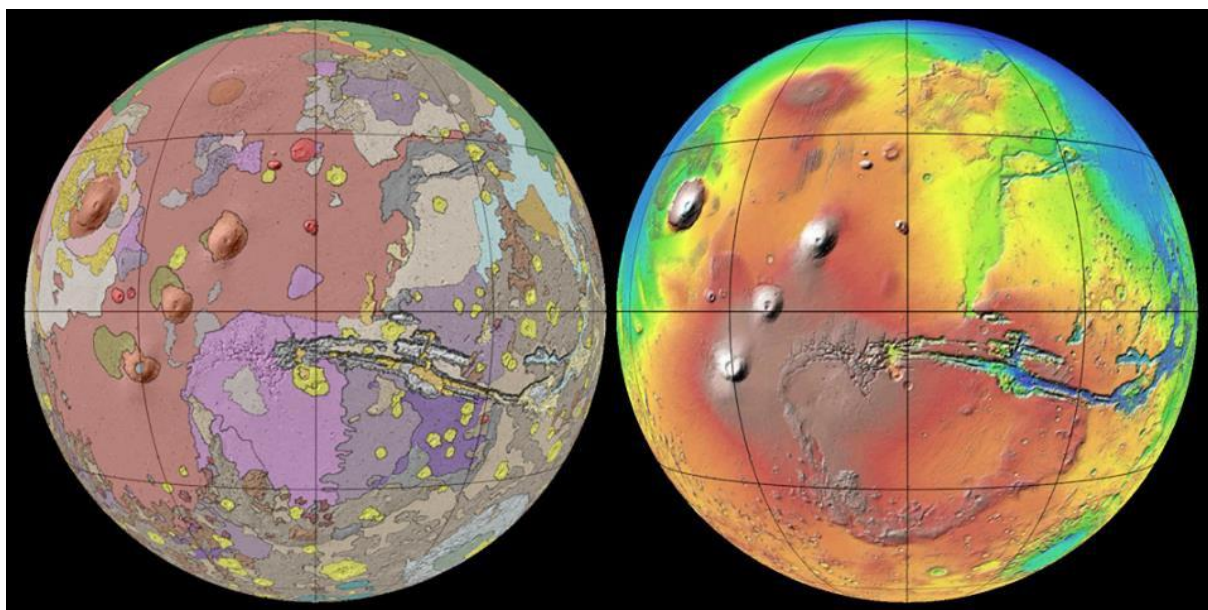
[4.kép] Űrsikló küldetés közben.

Az amerikai űrsiklók összesen 135 küldetést végeztek el. Részt vettek űrállomások létrehozásában és fenntartásában. Kutatók otthonául szolgáltak a zero gravitációban végzett kísérletek során. Műholdak telepítése és szervizelése is lényegesen könnyebb volt egy sokoldalúan használható űrsikló fedélzetéről. Az emberiség pedig rengeteg értékes tapasztalatot szerzett arról, mennyire más egy újra felhasználható űrjármű egy egyszerű használatoshoz képest. Ez a tudás pedig szinte nélkülözhetetlen egy Mars misszió lebonyolításához.

A Mars történelme:

Mielőtt mélyen belemerülnénk egy marsi küldetés részleteibe és nehézségeibe, összegeznénk azon alapvetéseket, melyeket az emberiség felfedezett a vörös bolygóval kapcsolatban. A Mars naprendszerünk sorban a negyedik bolygója a Föld közvetlen szomszédja. Felfedezésére az emberiség történetében korán került sor, az összes nagy ókori civilizáció ismerte, egymással

párhuzamosan felfedezve azt. Ha éppen közel jár a Földhöz, 120 millió kilométerre, fényesebben ragyog, mint bármely csillag az égen és még vöröses színe is jól kivehető. Ezt a vörös színt a vérrel összekötve minden nép a háborúhoz kötötte. Babilonban Salbatani, Kínában Ying Huo, az északiaknál Tyr, Egyiptomban Vörös Hórusz, Indiában Mangala, a görögöknél Árész, Rómában Mars és még a korai magyaroknál is úgy emlegették Hadakozócsillag, Vérszeműcsillag.[9] A példákból látszik, hogy ugyanazt a megfigyelést tették a népek külön-külön. Közelebbről, először Galileo Galilei figyelte meg kezdetleges távcsövével 1610-ben. Ekkor sikerült elkülöníteni a csillagokat és a bolygókat egymástól, mégpedig úgy, hogy a csillagok fénypontok maradtak csupán, de a bolygók korong alakot vettek fel. 1666-ban Giovanni Cassini kiszámolta, hogy egy marsi nap 24 órából és 40 percből áll, ami a valódi marsi naptól két és fél perccel (!) több csupán. Wilhelm Beer és Johan Heinrich Mädler 1830-ban rajzolták meg az első Mars térképet, mely olyan részletgazdag volt, hogy csaknem ma is megállja a helyét. Közösén figyelték meg azt a jelenséget, hogy időnként „ködös lesz” a bolygó, ami a marsi homokviharnak az első dokumentációja volt. 1877-ben kezdte marsi megfigyeléseit Konkoly Thege Miklós, a Marskutatók egyik úttörője. Több tudós is látni vélte csatornákat a bolygó felszínén és egészen addig, amíg nagyteljesítményű távcsövekkel meg nem tudták nézni, ezek vita tárgyát képezték. Egyesek egészen addig elmentek, hogy életet is feltételeztek szomszédunkon. Ezen találgatások H. G. Wells írásából Orson Welles által készített rádiójátékban kulmináltak. A világok harca c. regény oly hitelesen lett előadva a rádióban, hogy abból tömeghisztéria kerekedett, mert az emberek elhitték, a valóságot hallják. Ez volt a világ első „médiashack”-je, s ez is a Marshoz kapcsolódik. [9]



[5.kép] Mars areográfája

A Földhöz képest igen gyorsan, 50-100 millió év alatt alakult ki, sokkal kevesebb kezdetleges objektumból. A Mars talajában található hasadó anyagok összetétele alapján az is kiderült, hogy tömegének felét igen korán, a Naprendszer születésétől számított 2 millió év alatt gyűjtötte össze. Magja összetétele hasonló a Földéhez, azzal a lényeges különbséggel, hogy több könnyű elemet tartalmaz. Ez azért van így, mert anyabolygónkhoz képest távolabb helyezkedik el a Naptól és hamarabb is keletkezett. Akkor még több könnyű elem volt megtalálható. A bolygó folyamatosan hűl le, ennek következtében zsugorodik is. Modern eszközökkel sikerült feltérképezni a bolygót egészen, leírni földrajzát és a történetébe is sikerült betekinteni.[9] Az *InSight űrszonda*, amely egyébként éppen most, 2022. november 6.-án küldte az utolsó képét önmagáról, 2019 óta vizsgálja a Mars földmozgásait érzékeny szeizmométerével, információkat adva a kéreg összetételéről [39] Különböző anyagokban, különféle módon és mintázattal terjednek a rengések hullámai, így következtetni lehet a szerkezetére. A kéreg viszonylag vékony, 15-47 km-es vastagság között változik, ellenben a folyékony köpennyel, ami 400-600 km közé tehető. Erre az a magyarázat, hogy nincs már a Marson több kőzetlemez, csak egy nagy, de ez azt is jelenti, hogy a radioaktív anyagok nagyobb százalékban vannak jelen a felszín közelében. A köpeny hasonló felépítésű kémiaiilag, mint a Földön, viszont a mag sokkal több vasat tartalmaz. A légkör ritka, a légnyomás a 0,76-szorosa a földiének. Összetétele merőben más, mint bolygónké, hiszen 95%-ban szén-dioxidot, 3%-ban nitrogént és 1,6%-ban argont tartalmaz.[10] Hidegebb időben, -125°C környékén kicsapódik

a szén-dioxid és sajátos csapadék, szénsavhó keletkezik. Ez a bolygó sarkkörein figyelhető meg a leginkább. A légkörben nagy a por koncentrációja, és éppen ezért a felszínről nézve vöröses az égbolt. A Marson látható néhány híresebb képződmény is. Ilyen például az Olympus Mons, a Naprendszer legnagyobb hegye és vulkánja, 600 km átmérővel a lábánál és tekintélyes, 25 kilométeres magasságával csaknem az űrbe ér. Tharsis, egy 5000 km hosszú és 10 km magas szintén vulkáni fennsík. Egy Afrikában talált meteorit tanúsága alapján, legalább 2 milliárd évig zajlott ott vulkáni tevékenység, ám ez napjainkra teljesen eltűnt. Valles Marineris, a Naprendszer legnagyobb kanyonrendszere, a legszélesebb részén 580 km van a két partja között, 4500 km hosszan terül el és legmélyebb pontján 10 km-es. Ez egy törésvonal volt a Mars litoszféráján, azonban sosem mozdult el klasszikus földi értelemben, csak a szélei távolodtak el egymástól. Rengeteg kráter található még a bolygón, hiszen a kisbolygóöv mellett kering és rendszeren éri találat egy-egy ilyen égitesttől. Folyékony víz nincsen rajta, sőt víznek a kutatása még folyik a bolygón, de az minden kétséget kizáróan megtalálható rajta, mivel a légkörben megtalálható vízgőz. Hajdanán, amikor a Mars még rendes légkörrel és magasabb átlaghőmérséklettel rendelkezett, nagy mennyiségű víz volt rajta, hasonlatosan a földi óceánokhoz. Egészen addig hullott csapadék is, voltak gleccserek is, amíg mintegy 3 milliárd évvel ezelőtt el nem vesztette a légkörének szinte egészét, ezzel együtt eltűnt a víz is róla és a bolygó felvette mai, kietlen formáját. Két holdja van a Phobos és a Deimos. Nevüket Árész két fiáról kapták. Mindkét hold kötött pályán kering, mint a Föld holdja, vagyis ugyanaz az oldal fordul a bolygó felé mindig. Pályájukból következtetve valószínűleg befogott aszteroidák. A Phobos pályamagassága egyre csökken, átlagosan 9387 km-re van a felszíntől, ami rendkívül alacsony és egyszer bele fog csapódni. A Deimos pályaképe pont fordított és ezért ki fog szabadulni a Mars vonzásából.[8]



[6.kép] Olympus Mons homokviharban

Marsjárók és szondák

2022-ben a naprendszer összes bolygója közül a Marson és körülötte volt a legtöbb ember által gyártott gép. Az évek során indított küldetések nagyjából fele semmisült meg vagy az odaút során, vagy felszínre érkezését követően. Habár ez az arány mára javult, az űrkutatásban még mindig ez a fajta bolygóközi utazás a legbonyolultabb az összes típus közül. Ez nem meglepő, tekintve, hogy egy sikeres földről való indítás után az űrhajónak megfelelő pályára kell állnia a Mars irányába, majd meg kell tennie egy hosszú hónapokig tartó utat, végül pedig sikeres, autonóm landolást kell végrehajtania a vörös bolygó felszínén. A távirányítás természetesen kizárt, mivel a Mars a földhöz legközelebbi keringési pálya pontján is nagyjából 54,6 millió kilométerre van, ami azt jelenti, hogy a földről érkező rádiójelek 5 és 20 perc között utaznak, mire elérik a bolygót és azzal együtt a parancsra váró landert.[12]

Amikor az űrügynökségek arról beszélnek, hogy szondát terveznek indítani egy másik szilárd felszínű bolygóhoz, 3 típusú, különböző célú gépet készíthetnek. Orbitert, ami a célbolygóhoz való érkezését követően pályára áll és nagy magasságból készít képeket, valamint gyűjt adatokat. Landert, ami a felszínre érkezést követően mozgásképtelen, azonban pontos adatokat küld az őt körülvevő közvetlen környezetről a Földre.[12]

A harmadik típus pedig a marsjáró (angolul: rover). Ezen kompakt, általában kerekeken guruló kisméretű járművek feladata, hogy nagyfelbontású képeket és egyéb adatokat rögzítsen. Előnyük a landerekkel szemben a mozgékonyaságukban rejlik. Némelyik marsjáró a bőséges adatgyűjtés közben akár kilométereket is képes megtenni a nehéz terepen. A Marson rendkívül nehéz az energiaellátás problémáját megoldani. A NASA általában napelemek segítségével generál elektromos áramot, ami a felszínre küldött gépek ellátását, valamint fűtését látja el. A Mars klímája nem kedvez az elektromos árammal működő gépeknek. Az egyenlítő környékén a hőmérséklet -153°C és $+20^{\circ}\text{C}$ között mozog. A hideg ellen a gépeket éjszaka és nagy hidegben fűteni kell, különben megfagynak. A napelemek hatásfoka jóval kevesebb, mint a Földön, mivel a Mars távolabb van a Naptól, ezért a vörös bolygón működő szolár cellák maximum 590 W/m^2 hatékonysággal működnek, szemben a föld 1370 W/m^2 hatékonyságával.[13]



[7.kép] InSight lander utolsó felvétele (2022.11.06)

A Marson ráadásul nincs ott az ember, hogy karban tartsa az odaküldött gépeket. A vörös bolygó pedig arról kapta a nevét, hogy a felszínt vas-oxid alapú por borítja. Ez a por pedig gyakran rátelepszik mindenre vastagon, így a gépek napelemeire is. A Marson néha félteke méretű homokviharok tombolnak, amik még tovább redukálják a felszínre jutó fény mennyiségét. A homokkal borított napelemek természetesen nem termelnek áramot. Ma már a NASA úgy gyártja a marsjáróit, hogy azok képesek legyenek önmagukat megtisztítani a működést befolyásoló szennyeződésektől.[12]

A probléma ott kezdődik, amikor a szóban forgó napelemek huzamosabb időn keresztül csökkentett módban termelnek, vagy egyáltalán nem termelnek. Jelen esetben az ok nem számít. A Marson uralkodó éghajlat rendkívül gyorsan képes tönkre tenni a marsjáró elektromos alkatrészeit, helyrehozhatatlanul. A fűtés sok energiát emészt fel, az akkumulátorok pedig, ha egyszer kimerülnek, áramellátás híján a marsjáró megfagy és tönkremegy. Ez történt 2018-ban az *Opportunity marsjáróval* is.[12]

Marsi gépek történelme röviden:

Az első lépést a Szovjetunió tette meg a Mars program létrehozásával. A projekt 1960 és 1973 között futott, azonban a tizennégy tervezett próbálkozásból mindössze kettő ért el korlátozott

sikereket. A *Marsz 2* 1971-ben eljutott a Marsig, azonban a landoló rendszer hibájából adódóan a marsjáró nem landolt, hanem lezuhant a bolygóra. Azért tekintjük ezt a kísérletet sikeresnek, mert a *Marsz 2 orbitere* 1972-ig működőképes maradt bolygókörüli pályán és képeket küldött a Szovjetuniónak a Marsról. A műhold még most, 2022-ben is a Mars körül kering.[2]

A másik, sikeresnek mondható próbálkozás a *Marsz 3* missziója volt, melynek során egy nagyjából 5 kilogramm tömegű landert juttatott el a bolygóra. Sajnos a gép összesen 15 másodpercet működött. A végzetes jelvestést feltehetőleg a Mars felszínét sújtó hatalmas homokvihar okozta. A gyors vég után a szovjetek nem voltak képesek többször landert vagy marsjárót a bolygóra juttatni, habár több orbiter projektjük nevezhető sikeresnek.[12]

A szovjet és későbbi orosz próbálkozásokat azonban messze felülmúlták a NASA kísérletei. 1976-ban a *Viking 1* és *2* sikeresen végrehajtották feladatukat. A projekt első fázisában az orbiterek által készített képek segítségével a NASA eldöntötte a két lander leszállási pontját, ezután mindkét lander probléma mentesen hajtott végre a leszállást a felszínre.[11]

A Mars felszínéről készült első éles képet a *Viking 1*-nek köszönhetjük. A fáj 1976. július 20-án készült és a projekt orbiterei továbbították a földre. Érdekes megjegyezni, hogy a projekt landereit nem napelem, hanem RTG (radioizotópos termoelektromos generátor) látta el árammal. [15]

A két projekt számos kísérletet végzett „élete” során. A képeken túl végeztek biológiai teszteket, melynek segítségével volt képes bizonyítani a NASA, hogy a Marsi talajban nincs élet. A program utolsó működőképes gépe, a *Viking 1* landerét végül emberi hiba miatt kellett leállítani 1982. november 13-án, amikor egy hibás kódsor miatt a lander antennája becsukódott és elvesztette a jelet a föld felé, amit már nem volt képes ismét megtalálni. Több, mint hat évvel a program indítása után.

A NASA a *Viking program* sikere után döntött úgy, hogy elkezd mozgásra képes robotokat küldeni a vörös bolygóra. A marsjárók feladatai közé tartozik mind a mai napig, hogy az emberiség számára pontosabb képet adjanak a bolygó areográfiájáról és időjárásáról, hogy a kinyert adatokkal hozzájáruljanak egy sikeres, emberes marsi küldetés végrehajtásához. [11]

1997-ben a *Sojourner marsjárónak* és a 2015-ös hollywoodi sikerfilmnek, a *Mentőexpedíció*-nak hála, a mai napig is jól felismerhető *Pathfinder lander* sikeresen megérkezett a Mars felszínére. A *Sojourner* összesen 100 métert tett meg a bolygó felszínén, miközben légköri, időjárási, valamint geológiai kísérleteket végzett. A marsjáró adatait a *Pathfinder* továbbította

a Földre. A lander 3 hónapos működése alatt nagyjából 287,5 MB adatot sugárzott, köztük képeket a marsi égboltról. A tudományos eredményeken túl fontos tény, hogy a *Pathfinder* küldetés rendkívül alacsony költségvetéssel volt sikeres. A landoláshoz egy innovatív ejtőernyőt és légzsákokat használó rendszert alkalmaztak. Továbbá a rendszer háromszor annyi ideig volt működőképes, mint amire korábban a JPL (Jet Propulsion Laboratory) mérnökei tervezték.[12]

2003 és 2004 között a NASA a *Spirit* (MER-A), valamint az *Opportunity* (MER-B) nevű marsjárói problémamentesen landoltak a Marson. Előbbi nagyjából 8 kilométert tett meg az érkezése után. Sajnos hat évvel később a *Spirit* kerekei beragadtak a homokba, ezért a robot tönkrement. [12]

Az *Opportunity* 5352 solt (marsi nap, 24 óra, 39 perc, 35 másodperc) töltött a Marson. Ezalatt a 15 földi év alatt nagyjából 45 kilométert tett meg. Végzete egy hatalmas homokvihar volt. A marsjáró napelemeit blokkolta a rátelepedő por, ezért az *Opportunity* 2018. júniusában örökre elhallgatott.

Mindkét robot a “MER”, azaz “Mars Exploration Rover” küldetés gépei voltak. Elsősorban geológiai méréseket hajtottak végre. A projekt sikerességének köszönhető, hogy a NASA azóta két további hasonló célú küldetést elindított. [12]

Napjaink működőképes marsjárói:

A *Curiosity* marsjáró az „MSL”, vagyis a „Mars Science Laboratory” küldetés színeiben indult el a Földről 2011. novemberében. A mai napig működőképes robot jelenleg az „Aeolis Palus”-nak nevezett alföldön tartózkodik, ahol állandó kutatómunkát végez. Legfőbb feladata, hogy a jövőbeli emberes küldetések előkészítését segítse.

A Kínai Űrügynökség „*Zhurong*” nevű robotja 2021-ben landolt a Marson az „Utopia Planitia” nevezetű területen. Működése napelemek által biztosított, küldetése a terület topográfiai és geológiai vizsgálata, valamint a talaj és az atmoszféra vizsgálata.

Utolsó, általunk említett marsjáró a szintén 2021-ben landolt *Perserverance*. A legmodernebb gép jelenleg a Marson, napjainkban a „Jezero” kráterben található és érkezése óta nagyjából 13 kilométert tett meg. Az egy tonnánál is nehezebb szonda külsőleg nagyban hasonlít a *Curiosity*-re. Kilenc mérőműszer található rajta, 19 kamera és két mikrofon. Ez az első olyan gép a Marson, aminek a feladata olyan mintákat gyűjteni útja során, amelyeket az első emberes marsi

küldetés asztronautái fognak mélyrehatóan elemezni. Kamerái rendkívül jó minőségű képeket, videókat, hangfájlokat sugároznak a Földre. [16]

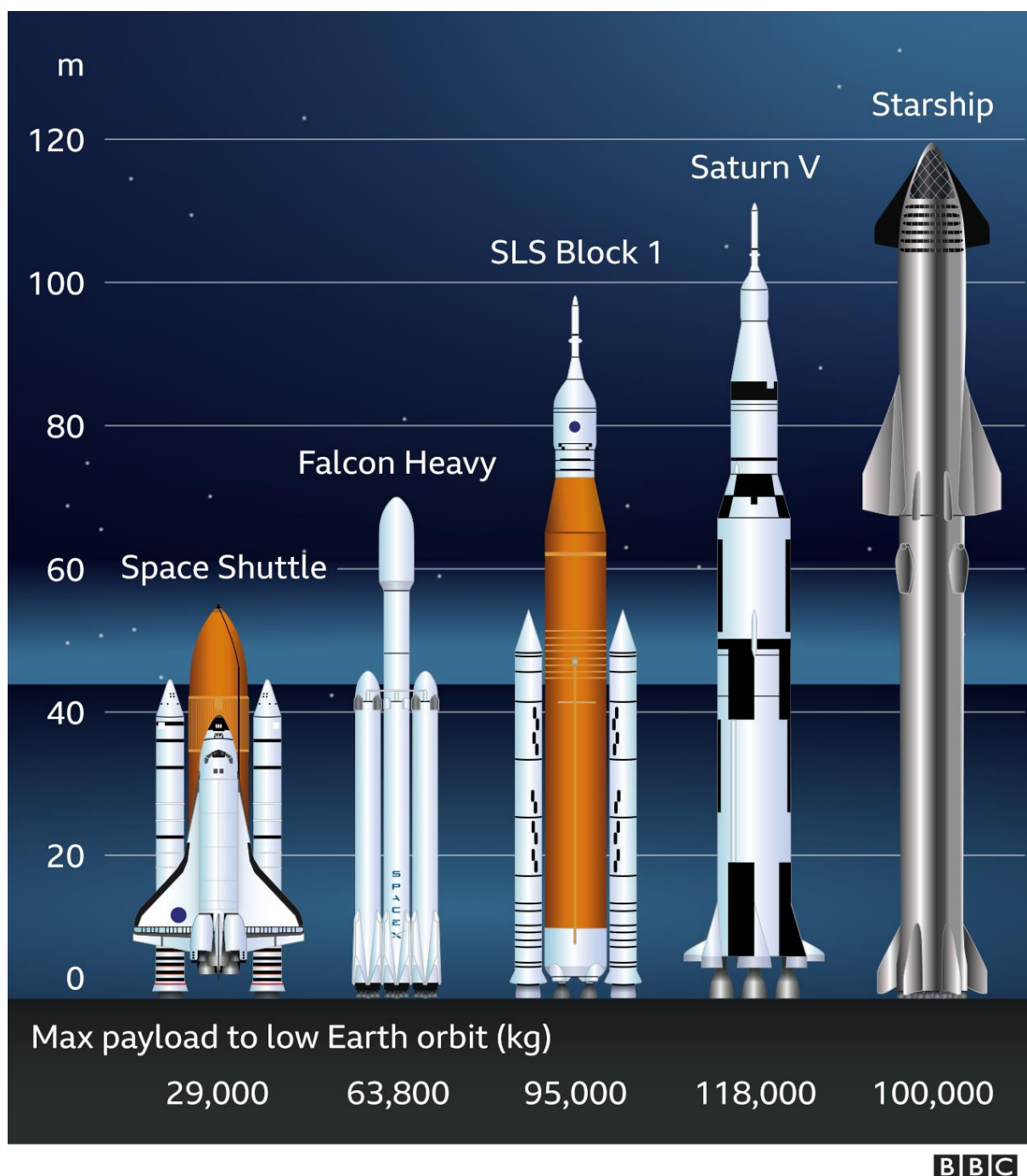


[8.kép] Perserverance marsjáró a JPL épületében

Megemlíteni való érdekesség, hogy a *Perserverance* vitt magával egy kisméretű helikoptert is a Marsra. Az *Ingenuity* nevű modell, érkezése óta már számos marsi repülési tesztet hajtott végre. Ezen kísérletek rendkívül fontosak, hiszen a Marson a gravitáció kisebb, mint a Földön. Ami azt jelenti, hogy a jövőben az emberes küldetések landolása és kilövése teljesen más elvekre épül, mint amit a Földi körülményekhez szokott mérnökök elsajátítottak. Az *Ingenuity* először 2021-ben emelkedett levegőbe, és azóta is rendszeresen végez hosszabb-rövidebb, Földről irányított, mégis automata repülési teszteket.[16]

A Starship nyújtotta lehetőség

Az emberiség máig egyik legnagyobb tudományos eredménye, hogy 1969-ben eljutottunk a holdra. Még korunk legmodernebb technológiájával is kihívásként tekintünk rá, hogy ismét, biztonságosan végrehajtsunk egy ilyen jelentős utat. A NASA *Artemis* projektje kapta feladatul, hogy az emberiség állandó állomást létesítsen a Holdon. Habár a NASA még nem adott a Marsot megcélzó programnak nevet, a két projektet hasonló eszközökkel célszerű végrehajtani, hisz a cél is hasonló. Munkánkban szeretnénk a SpaceX által fejlesztett, *Starship* névre hallgató, interplanetáris utazásokra használható űrhajó-platform nyújtotta potenciális előnyökre felhívni a figyelmet. [29]



[9.kép] Starship méretösszehasonlítása

A *Starship*-et 2005-ben kezdte el komolyabban fejleszteni a SpaceX, és várhatóan 2025-ben fog először asztronautákat szállítani a holdra. Az űrhajó teherbírása 100 tonna, méreteit tekintve pedig az egyik legnagyobb űrjármű, ami valaha épült. 70 méteres magasságával és 30 méteres átmérőjével pedig képes akkora mozgási és szállító teret biztosítani, ami elégséges lehet egy nagyobb, űrben történő küldetés végrehajtására is. Az űrhajót a SpaceX Falcon 9-es nevezetű hordozórakétája viszi fel bolygóközi pályára. Ezután a hordozó biztonságosan visszatér a

Földre, hogy újabb kilövésekhez fel lehessen használni. Az űrben a *Starship* a *Raptor* hajtóművek segítségével mozog. Érdeemes megjegyezni, hogy a *Raptor* hajtómű nagyjából kétszer akkora erőt tud kifejteni, mint a szintén SpaceX által korábban kifejlesztett *Merlin* hajtómű, valamint, hogy mindkét rendszert aktívan tesztelik és fejlesztik, hiszen a SpaceX egy másik űrprogramjában, a *Starlink* kilövések során is ezeket a hajtóműveket használják.[29]

Hatalmas előnye a korábban használt űrsiklókkal szemben az, hogy *Starship* rendszerek lényegesen olcsóbban lesznek képesek Föld körüli pályára juttatni kilogramm szintre lebontva a szállítmányukat, habár ezek az adatok csupán a várható teljesítményét jelzik a programnak. Rakomány nélkül, feltankolva és a Falcon 9-es gyorsítóra szerelve a *Starship* körülbelül ötezer tonnát nyom és százhusz méter magas. Összesen ezerkétszáz tonna üzemanyag szállítására képes, ami egy esetleges Hold küldetés során nem elég az égitest eléréséhez. A SpaceX ezt a problémát egy, a Föld körüli pályán keringő üzemanyag utántöltő állomás létrehozásával szeretné megoldani. Feltételezhetően ennek a problémának a megoldása egy Mars misszió során is hasonló lenne.

Mivel a *Starship* program erősen fejlesztés alatt áll, az általunk összegyűjtött adatok hamar elévülhetnek.

Legénység fizikai és pszichológiai védelme az eltelt idő függvényében

Fizikai kihívások:

Fejlődésének évmilliói során az emberiség hozzászokott a Föld éghajlatához és környezeti tényezőihez. Az evolúciónkhoz nagyban hozzájárultak a bolygó nyújtotta kedvező életfeltételek, melyek a mai napig formálnak minket. A Föld Naptól való távolsága, mágneses mezője, és az ózonréteg megvédi a bolygón élőket a túl nagy hőmérséklet ingadozástól, a halálos sugárzástól és minden olyan egyéb tényezőtől, ami az emberiség pusztulását eredményezné. Bárhol járunk a Földön, a felszínen mindenhol élettel összeegyeztethető a légnyomás és a legtöbb helyen található édesvíz is. A talajban lehet ehető növényeket, zöldségeket és gyümölcsöket termeszteni, a fűvel benőtt területeken pedig az állattartás tud virágozni. Az ember már évezredekkel ezelőtt is képes volt megteremteni a viszonylagos kényelmet önmaga körül, csupán azokat az eszközöket és erőforrásokat felhasználva, amik épp körülvették. Azonban az űrben nem ilyen egyszerű megteremteni és fenntartani az élethez elengedhetetlen tényezőket.

Az embernek a hosszú távú túléléshez szüksége van élelemre, amiből fontos vitaminokat, nyomelemeket és természetesen, kalóriát nyer ki. Egy átlagos felnőttnek napi 2000-2500 kcal bevitele javasolt. Ez alatt fogyás, hosszabb távon pedig éhezés következhet, ami számos negatív tényezővel jár. Az alultápláltsággal az állandó éhségérzeten kívül fejfájás, szédülés, émelygés járhat. Súlyosabb esetben eszméletvesztés, gyengeség, homályos gondolkodás is előfordulhat. Az alultáplált ember ingerlékeny és a legyengült immunrendszernek köszönhetően fogékonyabb különféle betegségekre is.[17]

Egy étel tápértéke azonban nem csak a kalória tartalmától függ. Az emberi szervezetnek 13 különböző vitaminra van szüksége, hogy megfelelően funkcionáljon. A fontos vitaminokat két részre oszthatjuk. Zsírban és vízben oldódókra. Tehát még mielőtt kitérnénk ezekre a nyomelemekre, leszögezhetjük, hogy a mindennapi táplálkozás során az embernek zsírokat kell fogyasztania, hogy bizonyos vitaminok megfelelően felszívódjanak. Ebben a cikkben nem térünk ki a testben lejátszódó biokémiai folyamatokra, sem a hasznos és a káros zsírok közötti részletes különbségekre. Területünk számára a lényeges információ az, hogy a legfontosabb vitaminok közül az A, a D, a K és az E vitaminnak is szüksége van megfelelő mennyiségű zsírra az emberi szervezetben a hiánytalan feloldódáshoz. A vízben oldódó vitaminok közül a C és a B vitamin variánsok a legfontosabbak. Az ember általában már gyermekkorában megtanulja, hogy fontos vitaminokat szedni, hogy egészséges maradjon. Azt viszont csak nagyon kevesen tudják, hogy az előbb felsorolt vitaminok közül a legtöbbet a természet adja át az emberi szervezetnek. Például D vitamint nyerünk ki a napsütésből, a különböző zöldségek és gyümölcsök pedig bőséges forrásai a K és C vitaminoknak.[17]

Az emberi testnek azonban nem csak vitaminokra és kalóriára van szüksége (pedig már ezeknek az elemeknek a tudatos étrendbe integrálása is bonyolult feladat). Fehérjékre, ásványi anyagokra, szénhidrátokra és zsírokra ugyancsak szükségünk van a megfelelő testi és szellemi működésünkhöz. A Földön való élet ezen anyagok pontos ismerete és tudatos alkalmazása nélkül is képes volt kifejlődni és virágozni. Azonban elég csak pár száz évet visszamennünk az időben, hogy lássuk hova vezethet az emberi tudatlanság alapvető, könnyen megoldható problémák esetében. A C vitamint Szent-Györgyi Albert fedezte fel 1928-ban. Habár az emberiség előtte is tudta, mely ételeket kell fogyasztani, hogy elkerüljék, a kora újkorban a tengerészek ezrével haltak meg skorbutban. Ami nem más, mint a C vitamin hiánya az emberi szervezetben. Ezek az emberek nem az ürbe mentek, ahol az elszigeteltség még nagyobb

arányokat ölt, csupán felszálltak egy vitorlásra és hetekig, néha hónapokig utaztak rajta. Ez idő alatt nem fogyasztottak vitamindús ételeket, és ennek a hatása egyértelműen érezhető volt a legénységen. [17]

A probléma ott kezdődik, hogy egy Mars küldetés nem hetekig vagy hónapokig tart, hanem évekig. Az űrhajó, ami a vörös bolygóra juttatja majd az emberiséget, lehet bármilyen fejlett, ha az emberi szervezet nem kapja meg a rendszeresen az egészség megőrzéséhez szükséges táplálékot, vitaminokat és nyomelemeket, a küldetés rövid idő alatt teljes kudarccá fajulhat. Az asztronauták étrendje muszáj, hogy kiegyensúlyozott, ugyanakkor ízletes legyen. Utóbbinak súlyos lélektani hatásai lehetnek, erről egy későbbi pontban beszélünk bővebben. [17]

Szerencsére a tudomány már bőven megugrotta azt a mérőöldkövet. Teljes tudományágak épülnek arra, hogy az emberi szervezet egészségesen funkcionáljon olyan ritka helyzetekben is, mint egy űrutazás. Az asztronauták étrendje a *Nemzetközi Űrállomáson* általában szárított vagy előfagyasztott, esetleg konzerv élelmiszerekből áll. Ezeket külön erre a célra tervezett tubusokból és tárolókból tudják kicsomagolni és elfogyasztani, anélkül, hogy ezzel környezetüket, pontosabban az űrhajót szennyeznék. Gravitáció nélkül nem lehet tányérból elfogyasztani az ételt, hiszen az ellebeg és amennyiben tartalmaz vizet, akár meg is rongálhat elektromos berendezéseket az űrhajó belsejében.[17]



[10.kép] (G)asztronauták fejadagja

Víz nélkül azonban az eddig felsorolt beviteli szükségletek teljes egészében értelmetlenek. Az ember képes akár két hónapot is túlélni élelmiszer bevitel nélkül. Ez az idő víz nélkül lecsökken nagyjából három napra. Máig vitatják, hogy az átlagembernek mennyi vizet kell egy nap bevennie a megfelelő hidratáltság fenntartásához. Ez a mennyiség nagyban változó. Függhet életkortól, külső hőmérséklettől, nemtől és aktivitástól is. Az a tény bizonyos, hogy a dehidratált állapot rövid idő alatt vezethet halálhoz. Egy Mars misszió időtartamát években mérik. Egy ember egy nap alatt - a számítás egyszerűségének kedvéért - átlagosan 3 liter vizet fogyaszt. Ez a szám három évre nézve 3 285 liter. És ez csupán egy ember ivóvíz szükséglete. Nem számoltunk a légénység többi tagjával, sem az időnkénti mosakodással vagy botanikai kísérletek esetén a növények öntözésével. Ez a súly komoly probléma lehetne bármely űrutazás során, azonban a tudomány, ha nem is egyszerű, de megbízható megoldást kínál a kihívásra. A *Nemzetközi Űrállomáson* minden csepp vizet visszaforgatnak. Gépek kontrollálják a nyomás alatt lévő terek páratartalmát, míg az asztronauták vizeletét is tisztítják, fertőtlenítik és ismét iható minőségű folyadékot készítenek belőle. Ezzel a megoldással az „elhasznált” víz 98%-át tudják visszaforgatni a rendszerbe, így súly szempontjából jóval kevesebbet kell fellőni az űrbe,

ami üzemanyag gazdálkodási szempontból felbecsülhetetlen előnyt jelent. Ami pedig a mosakodást illeti, az űrben zuhany (és folyóvíz) híján az asztronauták kénytelenek nedves törülközőkkel tisztítani magukat.[18][19]

Egy hosszabb űrutazás lebonyolításához azonban emberi túlélésre alkalmas és kényelmes környezetet kell teremteni az űrhajóban, ami nem kis feladat, még egy pár napos út során sem. Gépeknek kell biztosítani a megfelelő hőmérsékletet, levegő összetételt és állandó nyomást. Az űr vákuumában a hőmérséklet az abszolút nullához közelít, azaz -270°C -hoz. Az emberi test körülbelül $+24^{\circ}\text{C}$ környékét érzékeli kényelmesnek, ezért az űrjárműveket tökéletes hőszigeteléssel kell ellátni. A hőmérsékletet, valamint a levegő összetételét az űrhajó létfenntartó rendszerének állandóan monitoroznia és szükség esetén korrigálnia kell. [20]

Az űrhajó, legyen bármennyire tágas, mindenképp egy hermetikusan zárt egységet alkot. Hiszen az űrben uralkodó vákuum pillanatok alatt, robbanásszerű dekompresszió kíséretében szívna ki minden atmoszférát a belső térből, akár a legkisebb lyukon is, ami az űrhajó burkolatán keletkezik. Ezt kiküszöbölendő a modern űrjárművek burkolata rendszerint kevlárból, szénszálas anyagokból és speciális epoxy gyantából készül. Ezen anyagok együttes használatával képesek az űrügynökségek olyan járműveket létrehozni, melyek képesek ellenállni az űr teljes vákuumának.[21]

A fizikai és mentális egészség megőrzéséhez szükséges a napi átlagosan két óra testmozgás is. A *Nemzetközi Űrállomáson* kutató űrhajósoknak mindennap kötelező ez a mozgás, mert gravitáció nélkül az izmok elsorvadnak, a szívizmok elgyengülnek, valamint az emberi csontozat is veszít terhelhetőségéből a megfelelő gyakorlatok nélkül. Sajnos a null gravitáció azt is eredményezi, hogy a földön közkedvelt edzőgépek nagy része az űrben használhatatlan. Nem lehet súlyokat emelni az űrben, mert a földön egyébként 10 kilós súlytárcsa az űrben képes súlytalanul lebegni. Nem lehet egy hagyományos futógépen futni, mert a futó egyszerűen ellebegne a gép használata közben. Hála a technika fejlődésének, a földi edzőgépekkel egyenértékű eszközök működnek manapság a *Nemzetközi Űrállomáson*. Gumiszalagok és rugók segítségével érik el a kívánt ellenhatást, vagy tartják az asztronautát edzési helyzetben. Ezt a megoldást pedig egy hosszabb misszió során is lehet használni a legénység testmozgásának érdekében. Természetesen, a Marson uralkodó 0.38 g erő mellett könnyűszerrel elvégezhetőek a Földön megszokott gyakorlatok. Jelen esetben a „könnyűszerrel” azt jelenti, hogy sokkal könnyebben, mint a Földön, mert a 0.38 gravitációs erő azt jelenti, hogy a Marson

a földi gravitációnak kevesebb, mint fele érezhető.[20] Ezt a bolygó Földéhez viszonyított jelentős tömegkülönbsége okozza. Ez azért érdekes, mert teljes súlytalanságot az ember már számtalanszor megtapasztalt az űrben, viszont a Földétől ilyen mértékben eltérő gravitációt legfeljebb szimulációk során. Viszonyításképpen 0.38 g erő során a Földön egy 100 kilogrammos test a Marson csupán 38 kilogrammot nyom.[22][25][10]

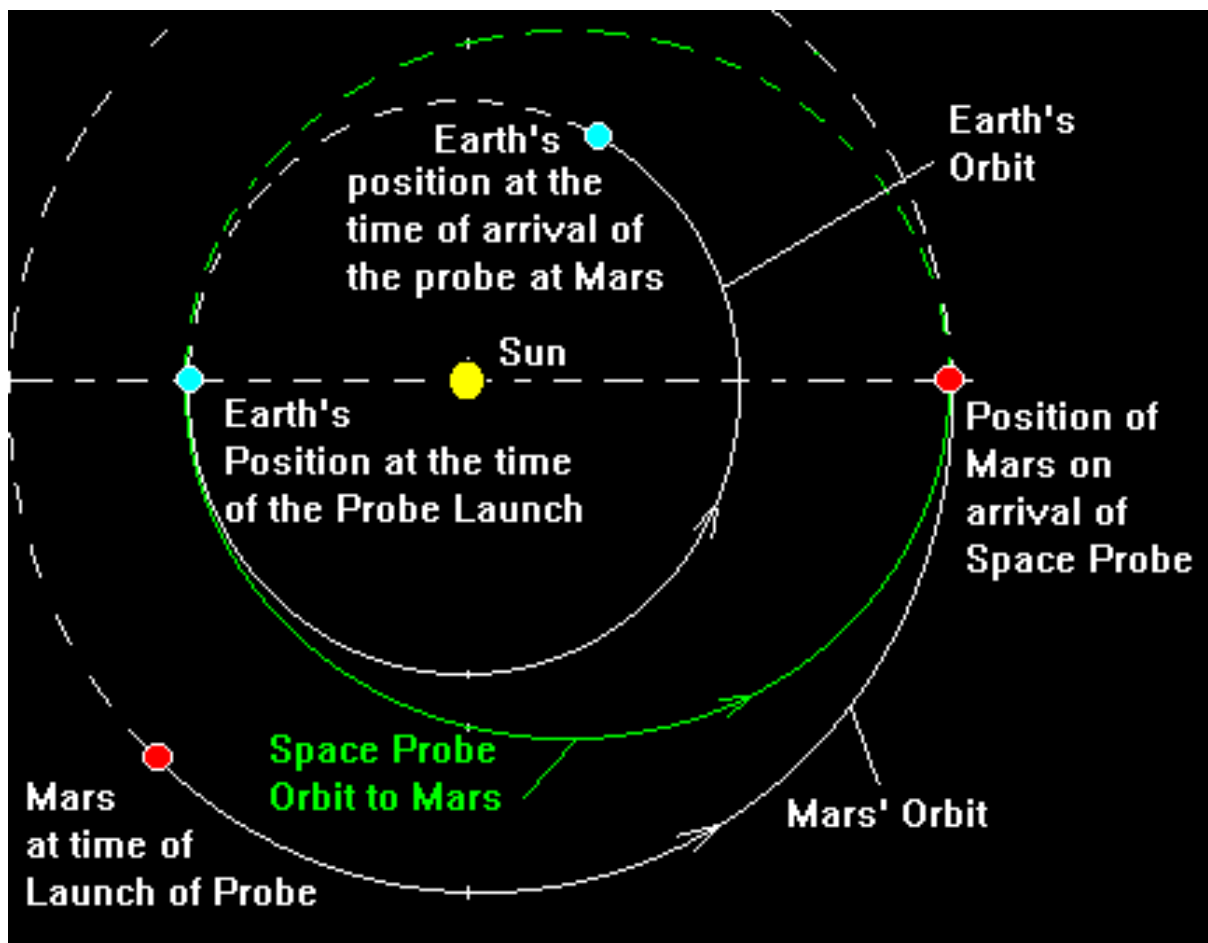
Tehát ha nagyon hétköznapi nyelven fogalmazzuk meg, a Marson az emberi test, ami évmilliók alatt hozzászokott az 1 g erőhöz, lényegesen könnyebben képes elvégezni bármilyen fizikai munkát, amennyiben a fizikai erőnlét szinten tartása megfelelő körülmények között és helyes intenzitással zajlott az odaút során.[22]

Pszichológiai kihívások:

Fontosnak érezzük kiemelni, hogy az űrben a fizikai biztonság és a testi egészség nem az egyedüli fontos aspektus, ami kihathat az asztronauta mindennapjaira és ezáltal a küldetés sikerére. Olyan pszichológiai tényezők, mint az állandó bezártság, a korlátozott számú kontaktusok száma, még inkább korlátozott számú emberrel. Az állandó veszélyérzet és a valós veszély tudata, valamint a magánszféra majdnem teljes hiánya hatalmas terhelést tud helyezni egy akár teljesen egészséges és lelkiileg kiegyensúlyozott ember vállára is. Ezt még tetézi a tény, hogy egy küldetés a Marsra hosszú éveket vesz igénybe, ahol először hónapokat tölt el az ember bezárva egy korlátozott mozgásterű űrhajóban, ahol a mindennapok monotonitása is leterhelő erővel bír. Majd idő tekintetében még többet tölt el a Marson, amiről teljes magabiztossággal kijelenthetjük, hogy akárcsak az űrben, a vörös bolygón is minden az emberi élet ellen dolgozik. A hazaút pedig természetesen ugyanolyan hosszú lesz (ha nem hosszabb), mint az odaút. Ezek a számok a Mars és a Föld egymáshoz viszonyított aktuális távolságától függenek.[23]

Nincsenek még pontos tervek, sem egy potenciálisan megfelelő űrhajó belső terét illetően, sem a vörös bolygón kialakítható asztronauta-lak méreteit tekintve. Ennek következtében nem tudjuk százszázalékos pontossággal megmondani, mekkora hely áll majd rendelkezésre az első legénységnek a Marson. Azt viszont tudjuk, hogy a kialakított hely kényelmi szintje, otthonossága és mérete nagyban lesz befolyásoló tényező a legénység lelki egyensúlyának szempontjából.[23]

A Mars nem lesz barátságos az odaérkező első küldetés űrhajósaival, akiknek abban a tudatban kell élniük, hogy messzebbre utaztak, mint az emberiség korábban bármikor. Viszonyításképpen a jelenlegi legtávolabbi pont a Földtől, ahol ember járt az a Hold, ami kerekítve mindössze négyszázezer kilométerre van a Földtől. Ezzel szemben a Mars a Földtől viszonyított legközelebbi pontján is körülbelül 54 millió kilométerre lesz, míg a legtávolabbi pont a két bolygó között 401 millió kilométerre van. Tehát az első küldetés asztronautáinak azzal a tudattal kell élniük az utazás teljes időtartama alatt, hogy egy súlyos probléma vagy vészhelyzet esetén a segítség lehetetlen messzeségben van. A teljesen magára utalt ember pedig hajlamos erősen stresszelni már csak a pusztá tudattól is, hogy sosem tapasztalt távolságra van az otthont jelentő bolygótól, összezárva néhány emberrel évekig, és ha valami katasztrófa történik, akkor nincs ki segítene rajtuk. A valós idejű kommunikáció is kizárt. A Mars pályája átlagosan 16 percre van a Földtől, rádióhullámok szempontjából. 4 perc a legkevesebb és 24 perc a legtöbb, amit egy kérdés-válasz kör során a kommunikációban résztvevő feleknek várniuk kell a válaszra.[24]



[11.kép] Hohmann-pálya

A képen jól látható, hogy a két bolygó egymáshoz viszonyított távolságának köszönhetően az emberiség képes kihasználni a „Hohmann pálya” nyújtotta távolsági előnyt.[27] A megfelelő időben indított űrjármű az átlag utazási idő töredéke alatt oda tud érni a Marshoz. A probléma csak az, hogy ez a pálya nem használható állandóan, és az oda érkezést követően a két bolygó ismét eltávolodik egymástól, megnehezítve a visszautat. Tehát egy marsi küldetést pszichológiai szempontokat tekintve, gyorsan végrehajtani lehetetlen. A legénység vagy lényegesen hosszabb időt tölt az űrben utazással, vagy a Marson tölt egy keringési ciklust, ami körülbelül 26 hónapot jelent. Ilyen gyakran van a két bolygó minimum távolságra egymástól.[26][27]

Sugárvédelem

Mi a sugárzás:

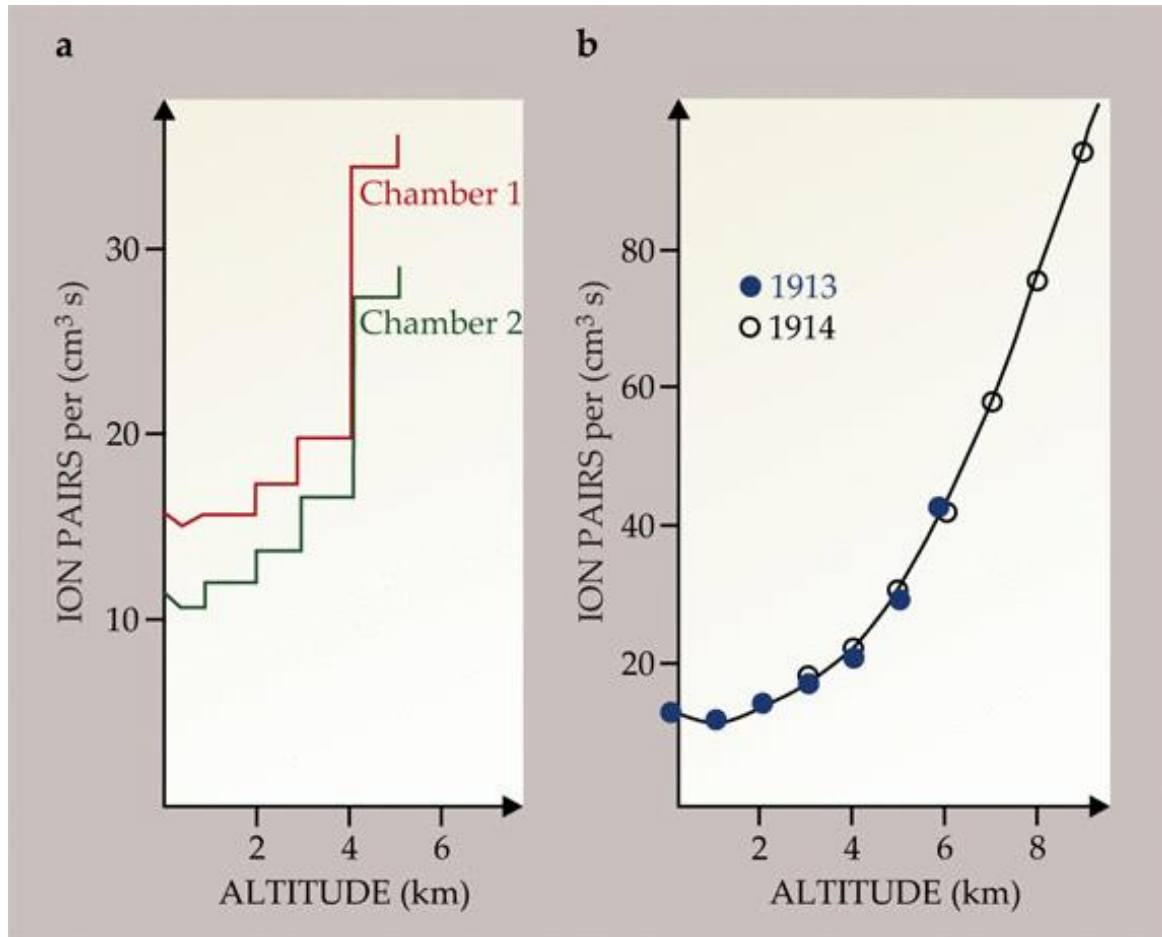
A sugárzásnak megannyi formája létezik; lehet részecskeáram, fotonhullám, de akár maga a látható fény is egyfajta sugárzás. A Mars misszió szempontjából azonban a legfontosabb az ún. kozmikus sugárzás. Ez nem egy típusú sugárzás, mint a béta-bomlás, hanem egy gyűjtőnév az űrben található sugárzásokra.

A radioaktivitást Antoine Henri Becquerel fedezte fel, miután Röntgen 1896-os cikke alapján elkezdte foglalkoztatni, hogy természetes anyagok napsugárzás hatására kibocsátanak-e Röntgen-féle sugarakat. Első lépése volt, hogy megvizsgálja, hogyan változnak bizonyos ásványok, ha ki vannak téve napfénynek. A verdikt az lett, hogy a kálium-uranil-diszulfát ($K_2(UO_2)(SO_4)_2$) nem csak foszforeszkál, de a mellé csomagolt fényképlemezen is lenyomatot hagyott. További kísérletezés során többszörösen becsomagolta a lemezeket és jelölésként rájuk nyomott egy rézkeresztet. Huzamosabb ideig nem volt napsütéses idő, ezért afféle gyakorlásként a teszt előtt előhívta a fényképeket és meglepetten konstataálta, hogy a kereszt rajzolata megjelent a filmen, pedig nem is volt kitéve semmilyen megvilágításnak. Ennek a valós oka az volt, hogy az újfajta sugárzás nem a Napból származik, hanem magából az uránból, és képes áthatolni a papíron, de a rézkeresztben nem.

A kozmikus sugárzást először Theodor Wulf német fizikusnak sikerült megfigyelnie.[29] A megfigyelést az általa tervezett és épített elektrométerrel végezte, amely műszer képes észlelni a környezetben lévő ionizált részecskéket. Hipotézise az volt, hogy az általa Európa-szerte mért ionizált részecskék a földkéregből származó sugárzásból eredeztethető. A kísérletére 1910 került sor, amikor összehasonlította az Eiffel-torony lábánál és tetején mért értékeket. Eredménye szerint az építmény tetején mért érték több mint a fele volt a lábánál mértnek és ebből arra következtetett, hogy nem földi eredetű ez a sugárzás. Bár igaza volt, értékeit torzította a tény, hogy az Eiffel-torony váza enyhén radioaktív volt.

1912-ben Victor Hess osztrák fizikusnak sikerült minden kétséget kizáróan bizonyítania, hogy nem földi sugárzásról van szó, amikor több kísérlet alkalmával ballonokat engedett fel, fedélzetükön elektroszkópokkal, melyek mérési eredményei szerint az ionizált részecskék száma a magassággal exponenciálisan nő. Megmérte az ionok számát napfogyatkozás

alkalmával is, melyből az következik, hogy nem csak nem tőlünk ered, hanem még a Napból sem a sugárzás, mely a bizonyos részecskéket ionizálja. A kozmikus sugárzás felfedezéséért elnyerte 1936-ban a fizikai Nobel-díjat.



[12.kép] Victor Hess ionmérése

Jacob Clay holland fizikus utazásai során mérte a kozmikus sugárzás mértékét. 1927-ben érkezett nála az áttörés, amikor is az USA és Hollandia között utazva megfigyelte, hogy az egyenlítőtől távolodva a sarkok felé haladva növekszik a sugárzás. Ebből azt szűrte le, hogy a Föld mágneses mezeje téríti el a kozmikus sugárzást. Azt is sikerült bizonyítania, hogy ez a sugárzás nem fotonok, mindinkább töltött részecskék formájában jelenik meg.

H. J. Bhabha és W. Heitler a Bristoli Egyetem fizikai laboratóriumában hosszú kísérletek után, 1936-ban fontos áttörést értek el. Rájöttek arra, hogy nem egyféle kozmikus sugárzás létezik, amely ionizálja a légköri részecskéket, hanem többféle is, és ezek között sikerült különbséget

tenniük. Rendszerük két részre osztotta ezeket, elsődleges és másodlagos sugarakra. Bhabha egyúttal megfigyelte és leírta az elektron-proton szétszóródás folyamatát is.[30]

1999-ben az Auger-projekt keretében megépült a Pierre Auger Observatórium, melynek feladata az lett, hogy az ultranagy energiájú kozmikus sugarakat vizsgálja. A megoldás egy hibrid állomás lett, ami két fő elemből áll: egy 3000 km²-es területen elhelyezkedő, 1660 részecskedetektorból és 27 optikai teleszkópból. A méréseket úgy végzik, hogy a nagy energiájú sugárzás elérve az atmoszférát, interakcióba lép az ottlévő atomokkal, ezzel létrehozva sok másodlagos részecskét. Megörököelve a sugarak energiáját, ezek szintén találkoznak újabb részecskékkal, és ez a folyamat egyfajta ion esőt hoz létre, melyet érzékelnek a detektorok. Attól függően, hogy mely detektorokat érték el a részecskék, vissza lehet következtetni a sugár irányára és energiájára.



[13.kép] Pierre Auger Observatórium

Kozmikus sugárzás típusai:[31]

Elsődleges kozmikus sugárnak nevezzük azokat a sugarakat, melyek valamely asztrofizikai folyamat során keletkeznek. Az egyik fajtája a galaktikus (GCR-Galactic Cosmic Rays). Ismérve, hogy közel lehetetlen védekezni ellene, mivel közel fénysebességgel utaznak a galaxison keresztül, származásuk helye jellemzően felrobbanó csillagok. Olyan nehéz elemek, mint vas (Fe) is lehetnek ilyen részecskék, és sajnos egy úrhajó vékony fala nem tudja megakadályozni, hogy áthaladjanak rajta. Ez azért problémás, mert így nagy esély van rá, hogy az asztronauta testén is áthalad, ám erről később essék szó. A GCR szinte kizárólag protonból és alfa részecskékből állnak. Az alfa-sugárzás az eredeti atommag négy nukleonból (2 proton-2 neutron) álló részecskét bocsát ki. Ez a részecske azonos a ⁴He izotóppal. Alfa-bomlás során az atom rendszáma kettővel, tömegszáma négygyel csökken. Nagy tömege és töltése van, ezért

a közeget, mellyel kapcsolatba lép nagyban roncsolja. A GCR mintegy 1%-át teszik ki a nehéz részecskék, mint lítium (Li), Bór (B) vagy Berillium (Be). Amennyire kis részét teszik ki a sugárzásnak, olyan veszélyesek, mivel az alfa részecskénél említett nagy tömeg és töltés ezekre hatványozottan igaz. Az elsődleges kozmikus sugaraknak a másik típusa a szoláris, azaz a Napban végbemenő folyamatokból származó. Ezek elektronokból, protonokból és alfa-részecskékből állnak, közel fénysebességgel közlekednek és napkitöréskor hagyják el csillagunkat. Az alacsony Föld körüli pályát (LEO- Low Earth Orbit) egy-egy kitörés után 20-30 perccel éri el a sugárzás. A kitörések valamennyire kiszámíthatóak, hiszen a Nap tevékenysége egy mintázatot követ, ahol hét aktív évet követ négy inaktív. Az aktív időszak alatt napi három koronakidobódás is létrejöhet, az inaktívban viszont minden ötödik napban lehet rá számítani. Egy átlagos koronakidobódás során akár több milliárd tonna anyag hagyja el a Napot, és ez a Föld mágneses terében komoly „mágneses vihart” okozhat, amely bár az elektroncsöveket nem, de a tranzisztorokat veszélyezteti. Ilyenkor a Napból származó protonok energiája eléri a MeV tartományt, amiben az a veszélyes, hogy az asztronauták teste is elnyeli, tovább növelve a sugárdózisukat. Van egy kifejezetten ritka változata a kozmikus sugaraknak, mégpedig az extragalaktikus. Az ilyen sugarak más galaxisokból érkeznek és ultranagy energiájúak. Leggyakrabban hullámok formájában jelennek meg, anyagot alig tartalmazva. Másodlagos kozmikus sugárzásnak nevezzük, amikor a kozmikus sugarak belépnek a Föld atmoszférájába és a korábban tárgyalt ion esőt hozzák létre.[38]

A sugárzás élettani hatásai:

Az evolúció során úgy fejlődött az ember, hogy bizonyos mértékig tűrje az ionizáló sugárzást. Ahogy az eddigiekből látható, folyamatosan ki vagyunk téve kozmikus sugárzásnak, ezen felül érik földi eredetű mesterséges és természetes sugárhatások. Az átlagosnak mondható sugárterhelés 2,8 mSv/év (mSv = milli Sievert, a dózisegyenérték SI mértékegysége 10^{-3} -hoz tartozó prefixummal), melyből 2,4 mSv/év a természetes és mindössze 0,4 mSv/év a mesterséges eredetű. A földkéregben lévő radioaktív izotópoktól kapjuk a legjelentősebb sugárterhelést, mintegy 60%-ot, a többi megoszlik a kozmikus-, ipari- és orvosi eredetű között.[32]

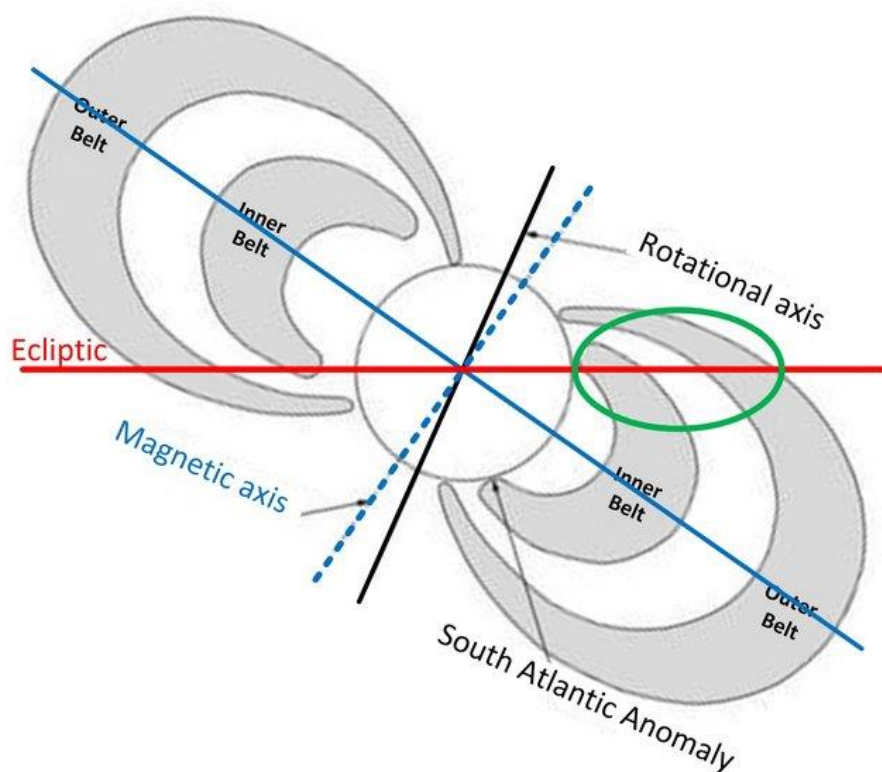
A szervezetre veszélyt jelent a nagy energiájú sugárzás, hiszen hatásukra reakcióképes ionok keletkeznek és sejtekben lévő nukleinsavak vagy enzimek megváltozhatnak. Az elsődleges veszélyforrása így a sugárzásnak a DNS károsítása. Fiatal korban érzékenyebbek vagyunk erre,

hiszen több sejtosztódási folyamat történik, mint felnőtt korban. A legérzékenyebb sejtípusok a csontvelő, fehérvérsejtek és az ivarsejtek. Kis dózisé, de veszélyes erősségű besugárzás esetén a tünetek évek, évtizedek múltán jelentkeznek, mint például a hajhullás, rák, látásromlás. Nagy dózis esetén a vérképzés megszűnik, de ez a folyamat regenerálódhat 10-14 nap elteltével, feltéve, hogy nem túl erős a sugárzás és ez a feltétel az összes többi példára vonatkozik. A lép átmenetileg összezsugorodik. A pajzsmirigy rákos szöveteket kezd el termelni (Ez gyakori betegség a sugárterápiával foglalkozó dolgozóknál). A radioaktív por belégzése tüdőrákot okoz, hiszen a nehéz részecskék nem képesek kilégzéssel ürülni. Rákos megbetegedést okoz a radioaktív cézium is (^{137}Cs), lerakódva a vesében és a májban. A nemzőképesség romlik és gyakoribbak a születési rendellenességek (lásd Hirosima vagy Nagaszaki), valamint a vetélés kockázata is exponenciálisan nő. A bőrön megfigyelhető tünetek közé tartozik a pigmentáció és a gyulladás. Nem állíthatók helyre (az orvostudomány mai állása szerint) a DNS-ben keletkezett károsodások.[34][33]

1969-ben, az Apollo 11 misszió repülése alatt a legénység egy furcsa anomáliát jelentett. Amikor behunyták a szemüket, fehér villódzásokat láttak véletlenszerű időközönként és véletlenszerű formákat. Miután ezt jelentették a földi irányításnak, vizsgálat indult, hogy kiderítsék az okát. Megkérdezve olyan asztronautákat, akik korábban jártak az űrben, kiderült, hogy ez egy általános jelenség. Általános jelenség, de addig nem merték jelenteni, mert féltek, hogy ennek az eredete nem külső, hanem pszichológiai, amely veszélyeztetné űrhajós karrierjüket. Ezért természetesen senki sem akart az első lenni, aki jelentette azt. Lawrence Pinsky kapta a megbízást a NASA-tól, hogy szolgáltatson megoldást erre a jelenségre. Pinsky alapfeltételezése az volt, hogy ezek a villanások veszélyt jelenthetnek, de ez nem nyert igazolást még négy éven keresztül, egészen az Apollo 16 repülésig. Amikor megkérte az űrhajósokat, hogy hunyják le szemüket és írják le pontosan az általuk látott jelenséget, akkor jött a felismerés: ez nem fény, hanem kozmikus sugarak voltak, amiket láttak. Ez elsőre furcsának tűnhet, mert alapjában véve az ember nem tudja érzékelni a sugárzást. Földi körülmények között nem is lehet érzékelni, ám mikor elhagyjuk az oltalmazó mágneses mezőjét bolygónknak, nagyobb mértékben vagyunk kitéve a nagy energiájú sugárzásnak. Amikor ezek a sugarak eltalálják a retinát, akkor az a találkozást tévesen fényként érzékeli és úgy továbbítja az agynak. Nem gondolták, hogy a jelenségnek bármi hatása is lenne, de egy későbbi kutatás kimutatta, hogy minden hatodik volt asztronautánál diagnosztizáltak szürkehályogot. A szürkehályog szoros összefüggésben van a jelenséggel, hiszen az ionizáló sugárzás okozhat és okoz is ilyen típusú megbetegedést.[35][36]

Mars misszió veszélyei sugárvédelmi szempontból:

A világűr az ember számára tele van veszéllyel, szinte csak abból áll. Az egyik legfontosabb veszély a sugárzás. A Földön a mágneses mezőnek és a légkörnek hála nagyon kis mennyiség ér minket. Az űrben is bizonyos magasságig megvéd az előbbi, azonban megfigyelhető bizonyos távolság után egy nagy ugrás a sugárzásban, majd egy ugyanakkora esés. 1958-ban fellőtt *Explorer 1* és *Explorer 3* űrszondák fedezték fel először.[38] A szondák műszereit és küldetését James Van Allen állította össze, aki annak az elméletnek volt a híve, hogy vannak a Föld körül olyan övezetek, ahol csapdába esik a sugárzás. Az *Explorer 2* és *4*, valamint a *Luna 1* feltérképezték ezeket a zónákat, melyeket Van Allen sugárzási övezeteknek neveztek el. A belső övet a fent említett küldetések során sikerült behatárolni. Nagyrészt protonokból és kis részt elektronokból áll, azaz főleg alacsony energiájú béta-sugárzásból áll. Az öv 1000-12 000 km magasságban helyezkedik el, bár erős Naptevékenység idején egyes helyeken, mint a Dél-Atlanti Anomália akár 200 km magasságig süllyedhet. A belső öv erős mágneses vonzása teszi lehetővé ezen a nagytömegű részecskék csapdába ejtését. Összetételének az eredete földi, a legvalószínűbb magyarázat, hogy az ultranagy energiájú sugarak belépve az atmoszférába, protonokat és neutronokat löknek ki a levegő atomjaiból. A neutronok a mágneses mezővel interaktálva protonokra és elektronokra bomlanak. A külső öv 13 000-60 000 km magasságban helyezkedik el. Kizárólag magas töltési szinttel rendelkező elektronokból áll, melyek a Napból érkeznek. Magas aktivitási időszakban a részecskék száma akár megezerszereződhet is. A 2012-ben felbocsátott *Van Allen Probes műholdak* felfedeztek egy ideiglenes harmadik övet is, amely egy különösen intenzív napszél előtt jött létre. Egy idő után a két külső öv átmenetileg „elpusztult” a Napszél hatására, csak a belső maradt épségben. A vihar végeztével megszűnt a középső, kérészerűtű mező is egy öntisztulási folyamat során, amikor is egy alacsony, 1 kHz-es rádióhullám jelent meg és kilökte a külső övbe az elektronokat. [31]



[14.kép] Van Allen sugárzási övezetek

Minden olyan űreszköz, amely magasabb pályán repül, mint alacsony Föld körüli pálya, ki van téve emelkedett mértékű sugárzásnak, hiszen belép a belső Van Allen-övbe. Manapság növekvő problémát jelent ez, hiszen a régi elektroncsövek nem voltak érzékenyek az ilyen behatásokra, de a mai fejlett áramkörök, rajtuk a tranzistorokkal annál inkább. Ezért van az, hogy az előre jelzett, Napból érkező aktivitás következményeként fellépő mágneses vihar esetén a legfontosabb műszereket lekapcsolják, de sajnos a napelemek még így is kiszolgáltatottak a sérüléseknek. Kettő és négy földátmérő magasság (12 700-25 500 km) között húzódik egy biztonságos zóna, melyről korábban szó volt, és csak ritkán fordul elő itt sugárzás. Az elszenvedett dózisra példa a *Hubble űrtávcső*, egy olyan pályán kering a Föld körül, amely ellipszis alakú, a legalacsonyabb pontja 200 km, a legmagasabb 32 190 km. A sugárvédelemről 3 mm-es alumínium borítás gondoskodik. Ezek a paraméterek alapján évi 25 Sv dózis éri a teleszkópot, mely szinte teljes egészében a belső övből származik. 6 Sv/élet elég, hogy szinte 100% eséllyel legyen arra, hogy megöl egy embert. Éppen azért az *Apollo-küldetéseket* úgy

tervezték meg, hogy ne keresztben, hanem érintőlegesen haladjon át a leszálló egység a belső övön, így minimalizálva a sugárterhelést, melyet az asztronauták elszenvednek.[37]

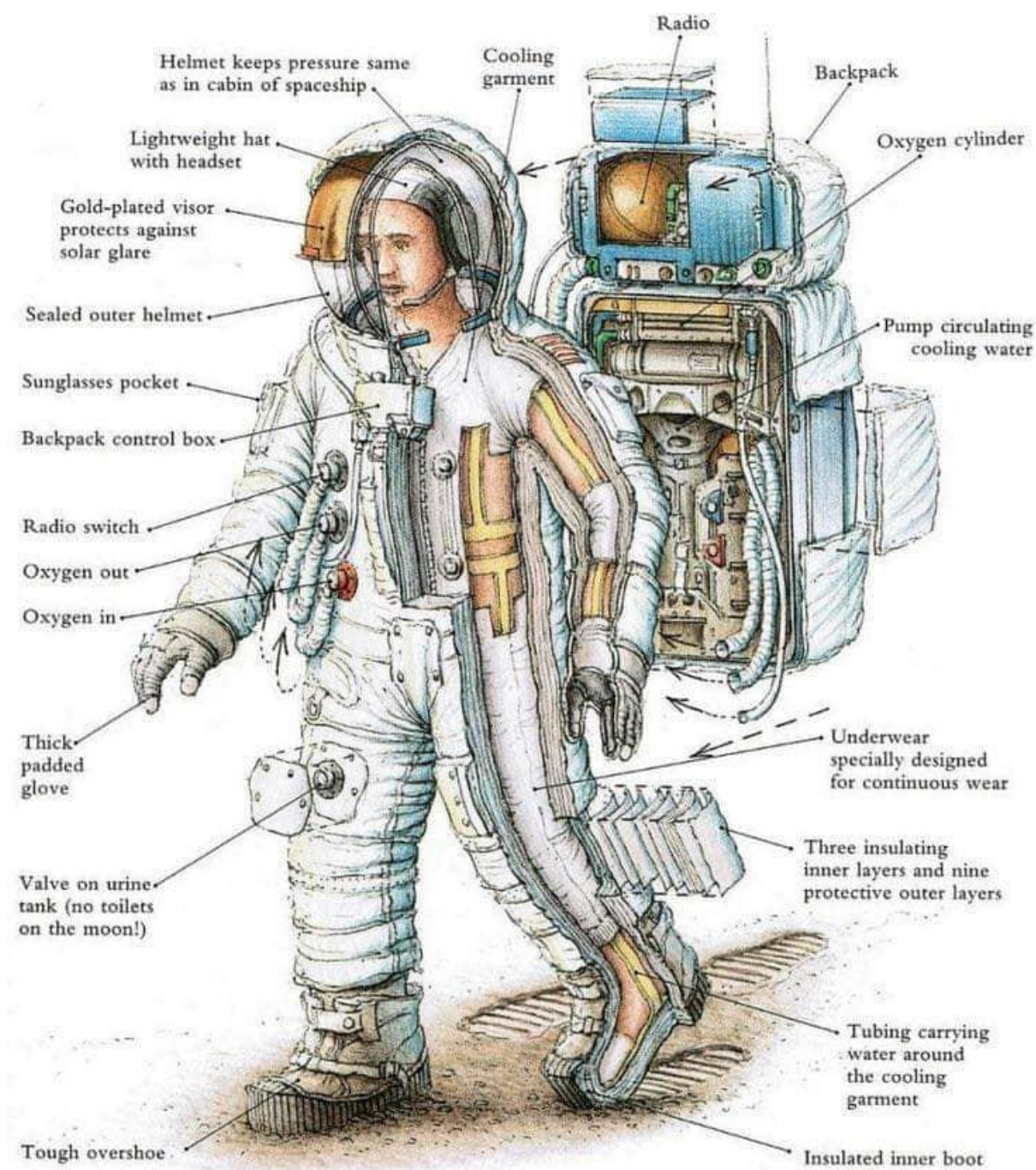
Kevesen tudják, hogy mekkora szerencsájük volt azoknak az űrhajósoknak, akik részt vettek az *Apollo-programban*, hiszen mindig olyan időszakban utaztak, amikor alacsony volt csillagunk aktivitása. Akkoriban nem tudták előre jelezni a napszeleket, sőt igazság szerint nem is nagyon tudtak a létezéséről. Ha egy korona kilökődés elérne egy űrhajót, akkor az asztronauták órákon belül lebénulnának az idegrendszeri sérülések miatt és nemsokra rá beállna a halál. Emiatt kell egy marsi küldetésnél olyan időszakot kiválasztani, amikor a Nap minimum aktivitást mutat. Egy Föld-Mars út során megnövekedne az a típusú sugárzás is, amely a Naprendszeren kívülről érkezik, főleg gamma-sugárzás formájában. A gamma-sugárzás az egyik legveszélyesebb, mivel hullám természetű és emiatt könnyebben áthatol az anyagon, hiszen kisebb eséllyel találkozik atomokkal, viszont éppen ezért kisebb az ionizáló hatása is. A gamma-bomlás az alfával és a bétával ellentétben nem változtat az anyag rendszámán, ami kibocsátotta, csak a mag energiája fog csökkenni.[35]

A Mars közelében és magán a bolygón is kérdéseket vet fel a légénység védelme. Mintegy 4,2 milliárd évvel ezelőtt megszűnt a Mars magnetoszférája és ezzel együtt a légkörének 99%-a is eltűnt, hiszen nem volt ami megvédje a napszél ellen. A NASA *InSight landere* ebből a célból szállt le a vörös bolygón, hogy a felszínen lévő kőzetből mintát gyűjtsön és elemezve azt mágnesség szempontból, kiderítse a magnetoszféra eltűnésének valós idejét. A felszíntől számítva 150 km magasságban is végeztek méréseket szondákkal, hogy vajon találnak-e a Van Allen-övhez hasonló képződményt, de mindeddig eredménytelenül.[39]

Sugárvédelmi lehetőségek:

A sugárvédelemnek három alapelve van: a távolságvédelem, az idő védelem és a sugárzást gyengítő anyagok használata. Így védekeznek ellene a Földön is és az űrben is. A távolság védelem azt jelenti, hogy egy pontszerű gamma-sugárzótól való távolsággal négyzetesen fordított arányosan csökken a sugárzás. Az idő védelem mindössze annyit jelent, hogy a sugárzásnak való kitettség idejét csökkentve lehet csökkenteni a dózis mértékét. Végül a sugárzást gyengítő anyagok használata annyit tesz, hogy bizonyos anyagok képesek elnyelni (vagy akár visszaverni) a sugárzást, és ezen kívánatos tulajdonságuk miatt szükséges a használatuk a sugárzó környezetben.

Az űrben korlátozottak a sugárvédelmi lehetőségek, hiszen a Föld magnetoszféráján kívül, mindenhol folyamatosan magas sugárterhelésnek van kitéve az űrhajós, így az idő védelem és a távolságvédelem is kiesik, az utóbbi azért, mert olyan nagy távolságot tesznek meg a sugarak, hogy még műszerrel sem érzékelhető a változás utazás közben. Éppen ezért marad a felhasznált anyagokból fakadó védelem. A Föld közelében és egy Föld-Mars út során elsődlegesen UV-, alfa-, béta- és gamma (röntgen, de van átfedés a kettő között) -sugárzás érne az emberre veszélyes sugarak közül az asztronautát. Ezek közül mintegy 95%-ban alfa és béta. Ez azért jó hír, mert ezek ellen viszonylag egyszerűen lehet védekezni. Ezt egy egyszerű példán keresztül be lehet mutatni. A belső Van Allen-öv a környezetünk legsugárzóbb része. Az Európai Űrügynökség SPENVIS oldalán elérhető szimulációk alapján kiszámolható, hogy az itt való átutazás alatt milyen dózissal számolhatnak az asztronauták. Itt mindenféle védelem nélkül egy embert 200 Sv sugárzás érne egy óra alatt. Összehasonlításképpen a 10 Sv fölötti értékeknél 100% az elhalálozás valószínűsége. Az *Apollo 11* kapszulájának a védelme egyenértékű volt 7 mm alumíniummal, ezzel a védelemmel 0,2 Sievert sugárzás érne a legénységet egy óra alatt, melyet bármiféle akut tünet nélkül el lehet viselni napokon keresztül, és ugye ez az öv egy különösen magas sugárzási zónában fekszik, melyen gyorsan áthalad az űrhajó. Ha ez a védelem emelkedik 10 mm alumíniumra, akkor 0,5 mSv-nek lenne kitéve a legénység óránként, amely megközelíti az *ISS* legénységét (0,46 mSv/óra).[37] A protonok és elektronok elleni védelemre alkalmas ez a pajzs, azonban a gamma sugarak ellen csak magasabb rendszámú anyagok védenek. Földi körülmények között vastag ólom, vas, vagy beton réteggel védekezünk a gamma-sugárzás ellen, de ez természetesen nem megvalósítható a világűrben, mivel elfogadhatatlanul nehéz lenne. Kiváló védelmet biztosít azonban a víz. Ez az egyik oka, hogy például atomerőművekben az elhasznált fűtőanyagot pihentetőmedencében tárolják. Egyrészt megakadályozza, hogy az üzemanyag reakcióba lépjen, hiszen moderátor közegként funkcionál, ezzel lassítva a hasadási számot, másrészt pedig lassítja a bomló részecskéket és fotonhullámokat. Éppen ezért egy lehetséges módja a legénység védelmének, az űrhajó által szállított víz oly módon való tárolása, hogy az az asztronauták és a hajó fala között helyezkedjen el.



[15.kép] Az EMU részei

Az űrhajósok személyi védelmi eszközei még a hajókénál is limitáltabbak, ezért az a legjobb megoldás, ha minél kevesebbet tartózkodnak hajón vagy épületen kívül, és csak nagyon indokolt esetben hagyják el azokat. Olyan alkalmakkor, amikor a hajóról épületbe átszállás történik, akkor űrruhákat kell használni. A klasszikus szkafandereket, melyeket megannyi képen és filmfelvételen lehet látni, 21 év kemény munkájának és fejlesztésének a gyümölcse. Eredetileg a *SkyLab* és *Apollo* küldetések speciális védőruházataként kezdte a pályafutását, továbbfejlesztett verziója szolgálta az űrhajósokat az *STS* (űrsikló) küldetéseken, és az *ISS*

fedélzetén megtalálhatók napjainkban is.[1] A ruha megnevezése hűen tükrözi feladatát, hogy valójában mire való és mire nem, Extravehicular Mobility Unit(EMU), azaz Járművönkívüli Mobil Egység. Ebből következően nem hosszú viselésre tervezték, hanem azon az időszakra, amikor elengedhetetlen az űrhajós jelenléte a hajón/állomáson kívül. Két cég közösen gyártja a sok komponensből álló védőöltözetet, a Hamilton Standard és az ILC Dover. A Hamilton Standard egy nagy múltú cég, amely 1929-ben kezdte működését, mint légszűrő gyártó. Az EMU mechanikus részeit gyártja. Az ILC Dover 1947-ben alakult és fő profilja mindig is a nagy igénybevételű rugalmas anyagok gyártása volt személyi védőfelszerelések, az űr- és a gyógyszeripar számára. Közös munkával 1975 és 1980 között fejlesztették ki az EMU első változatát. Több átdolgozást követően, 1982-ben vett rész először küldetésen, bár néhány kisebb probléma hátráltatta az első bevetését, használata során sosem merült fel olyan hiba a ruhában, ami végzetes lett volna. A legnagyobb igénybevételnek akkor volt kitéve, amikor a Hubble űrteleszkóppal kapcsolatban kiderült, hogy hibásan küldték fel az űrbe, és a javításokat EMU-t használó asztronauták végezték el. Amikor az ISS szolgálatba lépett, igazodva hozzá megalkották 1998-ban a második iterációját. Az új változat moduláris felépítésű lett, így rugalmasan állíthatóvá vált az asztronauták változó testméretéhez. Helyet kapott rajta újfajta akkumulátor, valamint a SAFER-rendszer (Simplified Aid For EVA Rescue), amely lehetővé teszi, hogy megmeneküljön a bajba jutott asztronauta egy kisméretű manőverező rakéta segítségével. Lecserélték a régi rádiókat és kamerákat modernebbekre. A kesztyűkbe melegítő berendezések kerültek, így amikor a Föld sötét oldalán halad az űrállomás, munkavégzés közben megmaradnak a kéz finommotoros képességei. 2022. július 1.-jén a NASA bejelentette, hogy dolgozik egy új típusú űrruhán, amely alkalmas lesz a Hold és a Mars felszínén való használatra. Az egyik szempont, amely mentén fejleszteni kell az új védőfelszerelést, az a sugárzás elleni védelem. Talán a legfontosabb eleme az űrhajós fejének a védelme, ezért a sisak anyagához javaslatunk szerint érdemes hozzáadni két további két réteget. Az első réteg ólomtartalmú üveg, a gamma és annál kisebb energiájú (UV, alfa, béta) sugarak ellen, és egy vastagabb plexi réteget (4 mm), afféle utolsó védelmi vonalként. A ruha anyagához hozzáadható kevlár-alumínium réteg, több funkciójában is javítaná a légénység túlélési esélyeit, egyrészt a hőszigetelő hatása véd az elemek ellen, másrészt az alumínium és kevlár kettőse a kisebb energiájú sugárzók ellen is véd, meggátolva, hogy az ionizáló sugárzás nagy része elérje a testet. A Mars felszínének magas hasadóanyag tartalma miatt a szkafander talp részét is meg kell erősíteni 3-3 acél és ólom réteggel, melyek egyenként 2 mm vastagsággal bírnak. Ezek az apró, ámde annál fontosabb változások javítják a sugárzás elleni állóképességet, ráadásul a ruha

55,3 kg-mos tömegét sem növelnék jelentősen, figyelembe véve azt is, hogy a gravitáció a Marson 37,8%-a a Földinek.[10]

A hosszú idő alatt, amit egy Mars misszió alkalmával az asztronauták a bolygón töltenek, szükségük van valamiféle „lakhatásra”. A jelenlegi technológiai adottságok mellett egyértelműen kizárható, hogy egy földi házhoz hasonló, szilárd beton alappal rendelkező lakhelyet tudunk építeni számukra. A legvalószínűbb az, hogy a *Starship* személyszállító űrhajó, mellyel utaztak, lesz a Marson is az életterük. Így egyszerűen meg lehet oldani a hosszútávú tartózkodást, és az átlagosan 4 mm acél burkolat nagyszerű védelmet nyújt a beérkező sugarak ellen. Felmerült a kérdés, hogy ez valószínűleg nem elég tágas egy ilyen hosszú küldetésre. Erre kezdték el keresni a választ a Bigelow Aerospace mérnökei, és olyan lehetséges válasz született, melyet egyszerű szállítani és kielégítő lehet a legénység számára. A B330 típusú modul egy felfújható egység, melyet leeresztett állapotban, becsomagolva, eredeti terve szerint egy *Atlas V* hordozórakétával könnyen szállítható, és a rendeltetési helyén felfújva egy 330 m³ belső térfogatú (ebből ered az elnevezése) kapszulává alakul, bőséges teret biztosítva az űrhajósoknak. 6 fő befogadására alkalmas, belső terét, ahogy a küldetés megköveteli, laboratóriummá vagy akár szállássá lehet alakítani. Egy *ISS Destiny* modulhoz képest 53%-kal nehezebb ugyan (*ISS*: 15 t, B330: 23 t), viszont a belső térfogata 210%-kal nagyobb (*ISS*: 106 m³ B330: korábban ismertetett). A modul sugárvédelme megegyezik az *ISS* hasonló moduljáéval, azonban a ballisztikai ellenállóképessége nőtt. A falvastagsága 460 mm és bár a pontos adatok nem ismertek, azt lehet tudni, hogy 24-36 rétegből áll, és 2 nagyméretű ablakból, melyek UV elleni filmréteggel vannak ellátva. Ilyen modulokat csatlakoztatva a *Starship*hez, kapunk egy viszonylag tágas és védett teret az asztronauták számára.[40]



[16.kép] B330 prototípusai

Végszó:

Dolgozatunkban áttekintettük az emberiség égbolttal, csillagokkal foglalkozó eddigi történetének azon korszakát, amit már űrkutatásnak nevezhetünk, annak kezdeti szakaszától egészen napjainkig. E korszak tapasztalatai kétségkívül hozzá fognak járulni egy jövőbeli, Marsot megcélzó küldetés sikeréhez. A hidegháború és az űrverseny árnyékában is fejlődőképes űrtechnológia rögzös útjait térképeztük fel, miközben kerestük azokat az összefüggéseket, melyek segítséget nyújthatnak a Föld fejlett és fejlődő országai számára, amikor a 21. század egyik legnagyobb kihívásának megugrása mellett döntenek. Felsoroltuk, mely kísérletek voltak sikeresek és melyek nem a naprendszer meghódítása során, majd kitértünk azon gépekre és robotokra, amik a Marssal kapcsolatos tudásunkat bővítették az évtizedek során. Megvizsgáltuk, milyen lehetőségei vannak és, hogy milyen nehézségekkel kell szembenézniük azon bátor férfiaknak és nőknek, akik elsőként fognak eljutni a vörös bolygóra. A fizikai és pszichológiai megterhelésen túl foglalkoztunk az űrben és a Mars felszínén fellelhető kozmikus sugárzással. Rendszereztük a sugárzás jelentette rövid és hosszútávú veszélyeket, majd sugárvédelmi szempontok szerint javaslatot tettünk a kockázat csökkentésének érdekében. Továbbra is kihívásként tekinthet az emberiség a vörös bolygó

elérésére, habár technológiai fejlettségünk elérte már ezt a szintet, a gyakorlatban még nem valósítottuk meg. A Mars ott van, már csak meg kell hódítanunk.

Irodalomjegyzék

- 1: Molnár Krisztián, Ujhegyi Bence (2021). Végzetes űrsikló balesetek és okainak feltárása.
- 2: Jim Schultz, Bob Allen (2017). Launching the Space Race: Making Space, Letöltve: <https://www.nasa.gov/langley/100/making-space> (2022.07.22)
- 3: David S.F. Portee (2020). History of Space Stations, Letöltve: <https://www.encyclopedia.com/science/news-wires-white-papers-and-books/space-stations-history> (2022.07.25)
- 4: Oláh Tamás (2021). Venyera-4 - Az első űrszonda, amely adatot küldött egy másik bolygó légköréből, Letöltve: <https://spacejunkie.hu/hir/venyera-4-az-elso-urszonda-amely-adatot-kuldott-egy-masik-bolygo-legkorebol> (2022.07.26)
- 5: Mara Johnson-Groh, Miles Hatfield (2021). NASA Enters the Solar Atmosphere for the First Time, Bringing New Discoveries, Letöltve: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2021/nasa-enters-the-solar-atmosphere-for-the-first-time-bringing-new-discoveries/> (2022.07.26)
- 6: Anastassios E. Petropoulos, James M. Longuski, Eugene P. Bonfiglio (2000). Trajectories to Jupiter via Gravity Assists from Venus, Earth, and Mars, JOURNAL OF SPACECRAFT AND ROCKETS, Vol. 37, No. 6, November–December 2000
- 7: Jerry M Deerwester (2012). Jupiter swingby missions to the outer planets, Aerospace Research Central, Letöltve: <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/3.28707> (2022.07.30)
- 8: The Cambridge Planetary Handbook (2000). Michael E. Bakich, Cambridge University Press, ISBN-13: 978-0521632805
- 9: The Planet Mars: A History of Observation and Discovery (1996). William Sheehan University of Arizona Press Tucson, Arizona, ISBN-10: 0816516413
- 10: Dave Williams (2021). Mars Fact Sheet, NASA Goddard Space Flight Center, Letöltve: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/marsfact.html> (2022.10.17)
- 11: Dr. David R. Williams (2018). Viking Mission to Mars, NASA Space Science Data Coordinated Archive, Letöltve: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/viking.html> (2022.08.07)
- 12: Roger Wiens (2013). Red Rover, New York, Hachette Book Group, ISBN-10: 9780465055982
- 13: Anthony J. Abel, Aaron J. Berliner, Mia Mirkovic, D. Collins, Adam P. Arkin, Douglas S. Clark (2022). Photovoltaics-Driven Power Production Can Support Human Exploration on Mars, Frontiers in Astronomy and Space Sciences, Letöltve: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspas.2022.868519/full> (2022.09.10)

- 14: Douglas M. Messier (2011). The Soviet/Russian Mars Program, *Astronomia e Astrofísica*, Letöltve: <http://astro.if.ufrgs.br/solar/sovmars.htm> (2022.09.14)
- 15: Schock, Alfred, Shostak, A, Sookiazian (1979). H, Design, Analysis, and Optimization of RTG for Solar Polar Mission, Fairchild Space and Electronics Company, Letöltve: <https://www.osti.gov/biblio/1033358> (2022.09.13)
- 16: J. N. Maki, D. Gruel, C. McKinney, M. A. Ravine, M. Morales, D. Lee, R. Willson, D. Copley-Woods, M. Valvo, T. Goodsall, J. McGuire, R. G. Sellar, J. A. Schaffner, M. A. Caplinger, J. M. Shamah, A. E. Johnson, H. Ansari, K. Singh, T. Litwin, R. Deen, A. Culver, N. Ruoff, D. Petrizzo, D. Kessler, C. Basset, T. Estlin, F. Alibay, A. Nelessen, S. Algermissen (2020). The Mars 2020 Engineering Cameras and Microphone on the Perseverance Rover: A Next-Generation Imaging System for Mars Exploration, *Space Science Reviews*, Letöltve: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11214-020-00765-9> (2022.09.16)
- 17: J N Hathcock (1997). Vitamins and minerals: efficacy and safety, *The American Journal of Clinical Nutrition*, Volume 66, Issue 2, August 1997
- 18: Meinders AJ, Meinders AE (2010). How much water do we really need to drink?, *Nederlands Tijdschrift Voor Geneeskunde*, 154:A1757
- 19: Riley Doty, Mark Garcia (2021). New Brine Processor Increases Water Recycling on International Space Station, Johnson Space Center, Houston, Letöltve: <https://www.nasa.gov/feature/new-brine-processor-increases-water-recycling-on-international-space-station> (2022.09.20)
- 20: Mark Springel (2013). THE HUMAN BODY IN SPACE: DISTINGUISHING FACT FROM FICTION, Harvard Graduate school of Arts and Sciences, Letöltve: <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2013/space-human-body/> (2022.09.23)
- 21: Ahmad Anwar, Marta Albano, Gamal Hassan, Andrea Delfini, Fabrizio Volpini, Mario Marchetti, Dalia Elfiky (2015). Vacuum Effect on Spacecraft Structure Materials, *AEROSPACE SCIENCES & AVIATION TECHNOLOGY*, Military Technical College, Kobry Elkobbah, Cairo, Egypt
- 22: Fred Bowen (2018). For space travelers, fitness is a top priority, *The Washington Post*, Letöltve: https://www.washingtonpost.com/lifestyle/kidspost/for-space-travelers-fitness-is-a-top-priority/2018/11/02/9ee46d68-d631-11e8-aeb7-ddcad4a0a54e_story.html (2022.10.28)
- 23: SADIE F. DINGFELDER (2004). Mental preparation for Mars, *American Psychological Association*, Letöltve: <https://www.apa.org/monitor/julaug04/mental> (2022.10.28)
- 24: Aidan Remple (2022). What Is The Farthest Humans Have Traveled In Space?, *Worldatlas.com*, Letöltve: <https://www.worldatlas.com/space/what-is-the-farthest-humans-have-traveled-in-space.html> (2022.10.29)
- 25: Matt Williams (2016). How strong is the gravity on Mars?, *phys.org*, Letöltve: <https://phys.org/news/2016-12-strong-gravity-mars.html> (2022.10.30)

- 26: THOMAS ORMSTON (2012). TIME DELAY BETWEEN MARS AND EARTH, European Space Agency Blogs, Letöltve: <https://blogs.esa.int/mex/2012/08/05/time-delay-between-mars-and-earth/> (2022.10.31)
- 27: John E. Prussing (2012). Simple proof of the global optimality of the Hohmann transfer, Aerospace Research Central, Letöltve: <https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/3.20941?journalCode=jgcd> (2022.11.01)
- 28: Jennifer L. Heldmann, Margarita M. Marinova, Darlene S.S. Lim, David Wilson, Peter Carrato, Keith Kennedy, Ann Esbeck, Tony Anthony Colaprete, Richard C. Elphic, Janine Captain, Kris Zacny, Leo Stolov, Boleslaw Mellerowicz, Joseph Palmowski, Ali M. Bramson, Nathaniel Putzig, Gareth Morgan, Hanna Sizemore, Josh Coyan (2022). Mission Architecture Using the SpaceX Starship Vehicle to Enable a Sustained Human Presence on Mars, Letöltve: <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/space.2020.0058> (2022.11.01)
- 29: Junsuk Kim, Inhee Cho, Hyomin Lee, Sung Jae Kim (2017). Ion Concentration Polarization by Bifurcated Current Path, Scientific Reports, Letöltve: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-04646-0> (2022.10.05)
- 30: H. J. Bhabha, D. Basu (1942). The theory of particles of spin half and the compton effect, Proceedings of the Indian Academy of Sciences - Section A, Letöltve: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03051307> (2022.10.08)
- 31: Lawrence W. Townsend (2006). INFORMATION NEEDED TO MAKE RADIATION PROTECTION RECOMMENDATIONS FOR SPACE MISSIONS BEYOND LOW-EARTH ORBIT, National Council on Radiation Protection and Measurements 7910 Woodmont Avenue, Suite 400 / Bethesda, MD 20814-3095, ISBN-10: 0-929600-90-8
- 32: Polgár Andrásné (1990). A radioaktív sugárzás hatásai, Pest Megyei Pedagógiai Intézet, Budapest
- 33: Wolfgang Odzuk (1987). Meddig szennyezhető a Föld?, Biológiai környezetünk védelme c. sorozat, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- 34: Köteles György (2002). Sugáregészségtan, Medicina Könyvkiadó Rt, Budapest
- 35: Alen J Salerian (2021). Apollo Flights and the Hazards of Radiation, Neuroscience Institute, Zaimi, Paleo Faliro, Athens, Greece, Letöltve: <https://www.heraldopenaccess.us/openaccess/apollo-flights-and-the-hazards-of-radiation> (2022.10.18)
- 36: L. S. PINSKY, W Z. OSBORNE, J. V. BAILEY, R. E. BENSON, L. F. THOMPSON (1974). Light Flashes Observed by Astronauts on Apollo 11 through Apollo 17, SCIENCE 8 Mar 1974 Vol 183, Issue 4128, pp. 957-959
- 37: SPace ENVironment Information System (SPENVIS), <https://www.spenvis.oma.be/>, Radiation belts simulations
- 38: Erik Seedhouse (2018). Space Radiation and Astronaut Safety, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, ISBN 978-3-319-74614-2

39: Catherine L. Johnson, Anna Mittelholz, Benoit Langlais, Christopher T. Russell, Véronique Ansan, Don Banfield, Peter J. Chi, Matthew O. Fillingim, Francois Forget, Heidi Fuqua Haviland, Matthew Golombek, Steve Joy, Philippe Lognonné, Xinpeng Liu, Chloé Michaut, Lu Pan, Cathy Quantin-Nataf, Aymeric Spiga, Sabine Stanley, Shea N. Thorne, Mark A. Wieczorek, Yanan Yu, Suzanne E. Smrekar, William B. Banerdt (2020). Crustal and time-varying magnetic fields at the InSight landing site on Mars, Nature Geoscience, Letöltve: <https://www.nature.com/articles/s41561-020-0537-x> (2022.10.18)

40: Joey Roulette (2019). NASA eyeing inflatable space lodges for moon, Mars and beyond, Reuters.com, Letöltve: <https://www.reuters.com/article/us-space-exploration-habitat-idUSKBN1WW1H2> (2022.10.19)

Ábrajegyzék

1.kép: Luna űrhajó család:

<https://www.researchgate.net/publication/225882289/figure/fig3/AS:302727491014660@1449187266832/Generations-of-Soviet-Lunar-Spacecraft-Luna-1-2-impactors-Luna-3-circumlunar-Lunas-9.png>

2.kép: Skylab űrállomás:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Skylab_%28SL-4%29.jpg

3.kép: Venyera képe a Vénusz felszínéről:

<https://universemagazine.com/wp-content/uploads/2022/02/erkj8dfxuaesmzh.jpg>

4.kép: Űrsikló:

<http://astronomy.com/~media/4884877EE89941A0B1C1C227CEE6D6B9.jpg>

5.kép: Mars térkép: https://mars.nasa.gov/system/downloadable_items/37973_geological-elevation-mars-maps.jpg?fbclid=IwAR0TL5NEvy5QLFP6gVF_qpE5Wr-oqg8PoK3MM-qEvD_uy1j4Hg3yxb8WQpU

6.kép: Olympus Mons:

https://lifeonmarsdotme.files.wordpress.com/2014/04/olympus_mons_on_mars_wallpaper-800x600.jpg?fbclid=IwAR1kmEOBBhKWc2tRRnA0VPzgxdkLiNdfRkCGHGAH_GVkBgI6NRSrIS9u8Qg

7.kép: Insight utolsó felvétele:

<https://assets.iflscience.com/assets/articleNo/66079/aImg/63201/is-this-the-last-view-we-will-see-from-insight-s.png>

8.kép: Perseverance marsjáró:

https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2020/04/perseverance_rover/21916728-1-eng-GB/Perseverance_rover_pillars.jpg

9.kép: Starship:

https://ichef.bbci.co.uk/news/640/cpsprodpb/3E87/production/_116370061_comparison_of_rockets_-2x_640-nc.png

10.kép: Űrhajós étel: <https://discoverspace.org/wp-content/uploads/2016/07/space-food.jpg>

11.kép: Hohmann pálya:

https://planetary.s3.amazonaws.com/web/assets/pictures/_1200x630_crop_center-center_82_none/63700/20131122_hohmann_transfer.jpg?mtime=1585862766

12.kép: Victor Hess ionmérés:

<https://physicstoday.scitation.org/action/showOpenGraphArticleImage?doi=10.1063/PT.3.1437&id=images/medium/pt.3.1437.figures.f3.gif>

13.kép: Pierre Auger Obszervatórium: https://www.ura-hq.org/wp-content/uploads/2020/03/New-Pierre_Auger_Footer.jpg

14.kép: Mágneses mező:

<https://www.researchgate.net/publication/322643901/figure/fig9/AS:954111121952768@1604489226391/Van-Allen-Radiation-Belt-at-its-maximum-Inclination-wrt-the-Ecliptic.png>

15.kép: Űrruha: <https://qph.cf2.quoracdn.net/main-qimg-07017a6bc62ad8dbafcea97e974224ad.webp>

16.kép: B330: http://www.spaceflightinsider.com/wp-content/uploads/2015/08/1024px-Bigelow_Aerospace_facilities.jpg