

„ÜRFÖLDRAJZ”, ŰRIPAR, ŰRGEOLÓGIA – A GEOPOLITIKA ÚJ KORSZAKA¹

"Geography", industry and geology of outer space – A new age of geopolitics

GÖÖZ LAJOS

professor emeritus, egyetemi magántanár
lajosgooz@gmail.com

ABSTRACT

No doubt, a new age began in the history of mankind when the first man stepped on the surface of the Moon. However, it happened more than half a century ago. Nowadays, there is serious intent once again to conquer the Moon and**, in the longer term, Mars as well**. The Artemis project by NASA is an ongoing human spaceflight initiative aimed at returning astronauts to the Moon, establishing a permanent lunar base, and laying the groundwork for future crewed missions to Mars. It is still disputed what the outcome of this new space age will be. There are potential advantages (extraterrestrial mining, He-3 utilization as an energy source, etc.) as well as dangers associated with spaceflight and prolonged stays in space. Taking into consideration that the great powers compete with each other in outer space as well, it is desirable to establish a precise legal framework for space activities, with special regard to territorial acquisition and the extraction of raw materials. In addition, several other problems (e.g. space debris, collisions with asteroids, health problems, etc.) should be solved to ensure safe space travel. Unfortunately, unrealistic expectations and pipe dreams also exist in society.

Keywords: outer space, space travel, space law, Moon, Mars, extraterrestrial mining

NÉHÁNY GONDOLAT AZ ŰRKUTATÁS JELENTŐSÉGÉRŐL

1969. július 20. az emberi történelem nevezetes dátuma marad örökre: először lépett az ember egy Földön kívüli égitest felszínére, egymilliárd ember szeme láttára. A Föld lakosai, akik a háborúskodás, egymás legyilkolása, kapzsiság, a másik ember leértékelése,

¹ Főszerkesztői megjegyzés: szerkesztőségünk nem szokott írásokhoz személyes megjegyzéseket fűzni, de most kivételt teszünk, hiszen olvasóink különleges írást vehetnek kezükbe: a szerző, Gööz Lajos professzor úr ugyanis életének 99. évében (!) tisztelte meg folyóiratunkat az itt közölt írásával. Nem véletlen, hogy jelen számunk Interjú rovatában is őt kérdezzük életéről, munkásságáról. Professzor úrnak ez úton is nagyon köszönjük az írást, és jó egészséget, valamint további sikeres alkotómunkát kívánunk!

világjárványok és vallási villongások közepette élnek évezredek óta, kezdetben nem is tudták felfogni ennek a NEIL ARMSTRONG által tett első lépésnek a jelentőségét. Bölcs mondatát – „kis lépés az embernek, de hatalmas lépés az emberiségnek” – több százezer ember évtizedes kutató munkája tette lehetővé, de korunk tudósainak elődei – köztük VAN HU, ISAAC NEWTON, GALILEO GALILEI, GIORDANO BRUNO, MIKOLAJ KOPERNIKUSZ, KONSZTANTYIN EDUARDOVICS CIOLKOVSZKIJ, ALBERT EINSTEIN és még sokan mások – nélkül ez nem valósulhatott volna meg, mint ahogy a német-amerikai WERNHER VON BRAUN és az orosz SZERGEJ PAVLOVICS KOROLJOV, az űrprogramok fő elméleti irányítói nélkül sem. Szükséges volt persze arra is, hogy a kormányok a kutatásokat támogassák és szorgalmazzák, az említett CIOLKOVSZKIJ orosz tudós (GYIMESI Zs. 2020) mondatát követve: „A Föld az emberiség bölcsője, de nem maradhatunk örökké a bölcsőben”.

Az Apollo-11 űrhajósai az első Holdra szállás során (SALKOW, H. et al. 2009) mintegy 25 kg holdkőzetet gyűjtöttek és hoztak le Földünkre. A kőzetminták elemzésekor olyan ásványokat is találtak, amelyek akkor még nem volt ismertek a Földön. Az egyik ilyen ritka titán-oxid ásványt – $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})\text{Ti}_2\text{O}_3$ – a három űrhajós, NEIL ALDEN ARMSTRONG, EDWIN EUGENE („BUZZ”) ALDRIN és MICHAEL COLLINS vezetéknévének első szótagjai alapján **armalcolit**nek nevezték el. Később kiderült, hogy az ásvány földi lelőhelyeken is előfordul, pl. grönlandi és montanai bazaltokban, dél-afrikai kimberlitekben, sőt Kárpát-medencei ultrabázisos kőzetekben is, bár a Földön csak rendkívüli körülmények között jöhet létre. Legérdekesebb talán a grönlandi Disko-szigeten (Qeqertarsuaq) talált armalcolit: ott a bazaltláva széntartalmú rétegeken át tört utat a felszínre, és a szén a lávában lévő vas egy kis részét redukálta. Ez az oka annak, hogy a bazaltban lévő fémvas környezetében lehetett az armalcolitot megtalálni, ugyanis a holdi környezet szintén redukáló hatású.

ARMSTRONG és társai azonban hagytak is a Holdon tárgyakat, így pl. három holdautót és kamerákat – hogy legyen hely az elhozott kőzetek számára –, valamint 100 gondosan lezárt zacskót emberi vizelettel és ürülékkel (egy majdan ott létesítendő múzeum számára), továbbá egy kalapácsot és egy madártollat (egy sólyom tollát).

Mikor az első ember rálépett a Holdra, kétségtelenül egy új korszak kezdődött az emberiség történetében is. Ez az új történeti korszak megérdemelné, hogy új földtörténeti korként is adjunk neki nevet. Az ember okozta hatások miatt sok tudós (és laikus) már korábban is javasolta az „antropocén” név bevezetését, a Nemzetközi Földtudományi Unió (International Union of Geological Sciences, IUGS) azonban ezt elutasította. Ennek ellenére az antropocén név egyre gyakrabban fordul elő, azonban földtudományi értelemben célszerűbb – a holocén koron belüli – korszakként elfogadni.

ARMSTRONG óta már 12 űrhajós taposta személyesen a Hold felszínét, de utoljára 1972-ben, tehát 54 évvel ezelőtt lépett emberi lény, EUGENE CERNAN egy idegen égitest felszínére az Apollo-17 űrhajósaként. Mostanában újra komoly szándék van a Hold – és

távlatilag a Mars – meghódítására. Fantasztikus tervek is születnek, pl. ELON MUSK amerikai milliárdos Space-X űrvállalkozása révén a Marson kíván robotok segítségével az ott fellelhető anyagokból mintegy 10 év alatt várost létrehozni, hogy az emberiség a Földön kívül is letelepedhessen. Azonban a technika fejlődése ellenére a Naprendszer bolygóinál és holdjaiknál olyan sajátosságokkal találkozunk, amelyek korlátozzák az emberi hódítási vágyakat, terveket, ilyenek pl. a légkör és a víz hiánya, a kozmikus sugárzás, az égitestek belső felépítésből következő fizikai folyamatok hatásai, a gravitáció különbségei és az abból adódó fizikai jelenségek.

Éppen az ilyen korlátok miatt eddig túlságosan illuzórikusnak tűnt, hogy az emberiség hasznosítani tudja a Naprendszer égitesteiben rejlő gazdasági lehetőségeket, az ezzel kapcsolatos terveket sokan túl optimistának tartották, és még ma is hallhatók azok a vélemények, amelyek szerint felesleges kiadást jelentenek az űrkutatási programok és hogy a köznapi értelemben kézzelfogható eredmények teljesen kilátástalanok vagy túl költségesek. Századukban azonban a kiéleződő **űrverseny** már egyértelmű gazdasági versenyt is jelent.

Tehát amikor most az Artemis-program (lásd alább) részeként közeleg az a perc, amikor újra ember lép egy Földön kívüli égitest felszínére, joggal merül fel a kérdés, hogy mit hozhat ez az **új űrkorszak** gyakorlati életünk mindennapjai számára. A válasz sokrétű. A meteorológia, a geofizika, a geokémia, a földmágnesség stb. vizsgálata terén szereshető tudományos ismeretek kézenfekvő bővítésén túl az űrkutatás olyan gyakorlati hasznosításokhoz járulhat hozzá, mint a távközlés, helymeghatározás, vagy pl. az önvezető eszközök irányítása. Emellett civilizációnk történetében az emberiség először jutott olyan lehetőségekhez, hogy új iparágakat alakíthat ki a környező világunk felhasználásával. Gazdasági szempontból nyilván – ha sok bizonytalansági tényezővel is – az első, ami felmerült, az az **„űrbányászat”**, azaz a Földön kívüli nyersanyag-kitermelési tevékenység (KAKU, M. 2019). Kezdetben a gazdaságossági számítások még nem is bizonyították teljes határozottsággal, hogy ez jelentős előnyökkel járna a Földön lakók számára; csak akkor van realitása, ha a nyersanyagok bányászatát, szállítását gazdaságosan meg tudjuk oldani. Azóta azonban a kutatások széles spektruma révén új ígéretes lehetőségeket tárultak fel. Mára már világszerte uralkodóvá vált az a nézet, hogy az űrkutatás gyakorlati eredményeként az **űripár**, mint a legdinamikusabban fejlődő iparág jelenti a jövőt az emberiség számára. Minden előrelátó kormány felismerte ezt az új lehetőséget, és szorgalmazza is egy már erre alapuló 21. századi új gazdasági rendszer kialakítását. Az említett űrbányászat talán a leghamarabb megvalósítható tevékenység; pl. egy-egy befogott aszteroidából nagymennyiségű nemes- és ritkafém, valamint sok egyéb nyersanyag kinyerésére nyílhat esély. Az űrbányászat tehát nem egy hipotetikus kifejezés, természettudományi alapja van.

Sőt, még az energetika terén is új távlatok nyílhatnak. Korábban nem gondoltuk volna, hogy a hélium-3 izotóp (^3He) holdi készlete igen nagy mennyiségű **energiaforrásként** jöhet szóba; nemcsak egy jövődöbeli holdi közösség számára biztosítana energiát, hanem akár földi igényeket is ki tudna elégíteni. A Nap görög neve (Héliosz) nyomán elnevezett nemesgázt a Napban mutatták ki először. A hélium két stabil izotópja közül a Földön található természetes hélium több mint 99%-át a hélium-4 izotóp adja, amit azonban gyakorlatilag nem tudunk gazdaságosan nagy tömegben felhasználni, legfeljebb a hűtésben jut némi szerepe. A két protonból és egy neutronból álló hélium-3 izotópnak azonban az energiatermelésben rendkívül jelentős szerepe lehetne, ugyanis a deutériummal fuzionálva hatalmas energiát termel, miközben a fúziós reakció során nem keletkezik nagy energiájú neutron, így a folyamat nem teszi radioaktívvá a reaktor szerkezetét, ráadásul a reakció közvetlenül elektromos árammá alakítható részecskéket termel, ami hatékonyabb energiaátalakítást tesz lehetővé. De míg a Földön csak igen csekély mennyiségben találunk hélium-3-at, addig a Holdon akár több millió tonna is lehet a készlet. A Holdon fellelhető hélium mennyisége azért ilyen jelentős, mert a Holdnak nincs légköre, és az izotóp forrását jelentő napszél az eltelt több milliárd év alatt zavartalanul tudta az óriási tömegű hélium-3-at a felszínt borító regolitban felhalmozni (ZOU Y. et al. 2003, ZHENG Y. et al. 2008). A kínai holdkutatók kiemelkedően jelentős tudósaként ismertté vált geokémikus, OUJANG CE-JÜAN (OUYANG ZIYUAN) úgy véli, hogy ha a hélium-3-ban rejlő energiát hasznosítani tudnánk, azzal az emberiség teljes energiaszükségletének ellátása mintegy 10 ezer éves időszakra lehetséges lenne, még az energiaigények növekedését is figyelembe véve (in ALATORRE, C. 2024). Köznapi összehasonlításban (hogy jellemezzük ennek a gáznak a jelentőségét) 1 tonna hélium-3 deutériummal való fúziója révén kinyerhető energia megfelel 50 millió hordó kőolaj energiataralmának.

A Holdon található ásványkincsek gazdaságossági hasznosítási lehetőségei mindig kérdőjel elé állították az emberiséget azzal, hogy az égitest nem tartalmaz vízkészleteket. Azonban ez az állítás is megdőlni látszik. Már az 1800-as évek végén felmerült, hogy a Hold poláris vidékein létezhetnek olyan hegyek, amelyek a folyamatos megvilágítás eredményeképpen az „örök fény csúcsai” nevet is viselhetik; ugyanakkor vannak a közelükben olyan kráterek is, amelyek mélyek, és a lapos szögben beeső napfény soha nem éri el az aljzatukat. Ezek az állandóan árnyékos területek tehát fagyos mélyedések, amelyekben megtalálhatók jégkristályok (CHAKRABORTY, T. et al. 2024). Az elméleti számítások szerint a Hold két pólusának a vidékén 10-10 milliárd tonna **vízjég** található. Ilyen térség lehet pl. a Hold túloldalán, déli sarkvidékének közelében, a Hold egyenlítőjétől mintegy 2700 km-re délre található Aitken-medence, amely a Naprendszer egyik legnagyobb ismert becsapódási krátere, kb. 2500 km átmérőjű és 13 km mély, egyúttal a

Hold egyik legősibb becsapódási nyoma, amely több mint 4 milliárd évvel ezelőtt keletkezett. A Hold forgástengelyének dőlésszöge miatt az idő 80%-ában ugyan napfény világítja meg, de nem az egész krátert. A jeget – mint ismert – oxigén és hidrogén alkotja, amiből még rakéta-üzemanyag is készíthető. A jégkészlet tehát üzemanyagként hasznosulhatna a rakéták számára a Holdról való felemelkedéshez. Ez nagyon jelentős, mert például a NASA új, nagy teljesítményű SLS (Space Launch System) típusú rakétája indítás után 3780 m³ üzemanyagot (folyékony oxigént és folyékony hidrogént, valamint szilárd hajtóanyagot) éget el csak azért, hogy elérje az alacsony Föld körüli pályát. Mindig az a népszerű összehasonlító példa, hogy ez megfelel közel másfél olimpiai úszomedence űrtartalmának. Tehát a Hold felszínén lévő bázisokról lenne célszerű esetleg a jövőben hosszú távú kiküldéseket indítani, szervezni. Többek között erre is irányul az Artemis-program.

AZ ARTEMIS-PROGRAM

Az amerikaiak egy fél évszázad után újra készülődnek a Holdra menni az Artemis-program keretében leszálló egységgel. Az új űrprogramot ösztönözve DONALD TRUMP amerikai elnök a kissé „elaludt” NASA (National Aeronautics and Space Administration, azaz Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal) élére kinevezte JARED TAYLOR ISAACMAN milliárdos vállalkozót, aki fiatal és az űrben is többször járt. Kidolgozták a NASA új programját, megszervezték folyamatos fejlesztését is. Ez az ún. Artemis-program (vagy Artemis-terv (KLUGER, J. 2019; SMITH, M. et al. 2020; CREECH, S. et al. 2022); névadója, Artemisz – Apollón ikertestvére – a görög mitológiában a Hold istennője). A program fő célja, hogy újra embereket juttassanak a Holdra és ott elkezdjenek állandó, a 2030-as évek elejére lakható bázisokat építeni.

A program részeként az Artemis-I küldetés tesztrepülés volt, a NASA már említett SLS rakétájának első indítása. A rakéta Hold körüli pályára állította az egyelőre még személyzet nélküli Orion űrhajót, amely sikeresen visszatért a Földre. Az Artemis-II program (KLUGER, J. 2026) során 2026-ban már négy űrhajóssal indult útnak az űrhajó, amely a Holdat elnyújtott pályán megkerülve új távolsági rekordot állított fel az emberes űrrepülésben, és a földi légkört áttörve – miközben a súrlódási hő elérhette a 4000 °C-ot – a hővédőpajzsának köszönhetően ugyancsak sikeresen visszatért. A programon 2026 tavaszán jelentősen módosítottak: a korábbi tervek szerint az Artemis-III. küldetés keretében szállt volna le űrhajó a Holdra, most ezt az Artemis-IV végzi majd el; továbbá a kutatóközpontként és a Hold felszínére tartó űrhajók megállóhelyeként szolgáló, tervezett Hold körüli Gateway űrállomás helyett inkább egy holdfelszíni bázis építését helyezték előtérbe, ami a jövőbeli Mars-utazások előkészítését is szolgálná.

ÚJ SZEREPLŐ AZ ŰRVERSENYBEN

Közismert, hogy **Kína** még egy szegény mezőgazdasági birodalom volt, amikor 1949-ben a Kínai Kommunista Párt átvette az egész ország irányítását, és a szovjet-amerikai űrverseny kezdetekor még csak távolilag gondolhatott űrhajók indítására. Indult ugyan űrprogram szovjet segítséggel, és MAO CE-TUNG (MAO ZHEDONG) a „nagy ugrás” névvel illetett, túlhajszolt voluntarista fejlesztés során kiadta a parancsot, hogy kínai űrhajóst küldjenek a világűrbe, de a két ország viszonyának megromlása, majd a „Nagy Proletár Kulturális Forradalom” kaotikus időszaka – amelynek során jórészt munkatáborba küldték vagy kivégezték azokat az értelmiségieket, akik ezen a területen dolgoztak – miatt az űrtechnológia fejlesztése csak nagy késéssel indult meg, és űrhajó építése helyett műholdak pályára állítása vált elsődlegessé.

Az első saját mesterséges holdat 1970-ben bocsátották fel a Hosszú Menetelés-1 hordozórakétával, és a gyors fejlesztések eredményeként Kína fokozatosan a világ egyik legfejlettebb és leggyorsabban növekvő űrnagyhatalmává vált. 2003-ban a Sencsou-5 (Shenzhou-5) űrhajóval a Szovjetunió és az Egyesült Államok után harmadik országgént tudott önálló fejlesztéssel JANG LI-VEJ (YANG LIWEI) űrhajós személyében embert küldeni Föld körüli pályára, majd a Földre visszahozni. Ez a kínai sajtóban úgy jelent meg (egy mondatban összefoglalva), hogy „nagy ugrás az ég felé”. 2008-ban a Sencsou-7 (Shenzhou-7) küldetés űrhajója végrehajtotta az első kínai űrsétát.

Az „emberes” űrrepülések mellett Kína 2011-ben űrlaboratóriumot hozott létre, 2021 óta pedig Föld körüli pályán halad a fokozatosan bővülő, kiépülő Tienkung (Tiangong) űrállomás. A kínai űrprogram keretében továbbá űrszondák indultak a Holdra és a Marsra. 2013-ban Csang-o-3 (Chang’e-3) űrszonda sikeresen végrehajtotta az első kínai holdra szállást, és a felszínre juttatta a Jütu (Yutu) holdjárót. 2019-ben a légénység nélküli Csang-o-4 (Chang’e-4) lett a világon az első olyan űrszonda, amely a Hold túlsó, a Földről soha nem látható oldalán szállt le, a Csang-o-6 (Chang’e-6) pedig kőzetmintákkal érkezett vissza a Földre.

Kína természetesen tovább folytatja űrprogramját (ALATORRE, C. 2024), amelyről 2022 elején kiadott egy úgynevezett „távlati képet”. Ez a program egy Hszi Csing-Ping (XI JINPING) elnöktől vett idézettel kezdődik: *„Örök álmunk a hatalmas kozmosz felfedezése, az űripar fejlesztése és Kína űrhatalommá válása”*. Legújabbban a kínaiak bejelentettek egy elképzelést egy gigantikus méretű űrhajóról, amelynek neve Luanniao (azaz Luan-madár). Egy hatalmas űrjárműről van szó, méretei alapján – hossza 242 m, szárnyának fesztávolsága 684 m lesz – nevezhetjük „űr-csatahajónak” vagy „űr-anyahajónak” is (ELTER T. 2026). Ez azonban jelenleg inkább „science fiction”, mintsem reális terv.

„ÜRFÖLDRAJZ”, ÜRPOLITIKA, ÜRJOG

Bár a Hold után a Mars a következő úti cél és a Marsra vezetendő űrexpedíciókról egyre többet hallani, azonban a tudomány egyelőre nem számol azzal, hogy a 2030-as éveknél korábban embereket szállító űrhajók közlekedjenek Naprendszerünk bolygóira. Noha azok viszonylag közel helyezkednek el egymáshoz, és az automata űrszondák mostanra már mindegyiket meg is látogatták, a személyes látogatások – egyelőre – meghaladják a technikai lehetőségeinket. Pedig egyes égitesteket már igen jól ismerünk; a csillagászat oktatása során mindig azt a példát szoktam felhozni, hogy a különböző, Mars közelébe, valamint a Mars felszínére küldött szondák már úgy feltérképezték a Marsnak a felszínét, hogy azt szinte részletesebben ismerjük és tudjuk elemezni a felvételek alapján, mint a földfelszín egyes – pl. afrikai – területeit. Tehát „űrföldrajzi” ismereteink egyre gazdagabbak. Nehéz azonban meghatározni, hogy ha kilépünk a Föld felszínéről egy másik bolygóra, akkor milyen kifejezést használjunk, nyilvánvalóan a „földrajz” címkét nem logikus alkalmazni a világűr objektumai esetében, hiszen a földrajz tulajdonképpen a Föld és közvetlen környezete megismerését foglalja magában, a világmindenséget már nem. A Naprendszer égitesteivel foglalkozó interdiszciplináris tudományág számára ugyan megalkották a planetológia nevet, de a „földrajz” analógiájára még nem született megfelelő kifejezés.

A Földet elhagyva egy teljesen eltérő, és a földi adottságokkal szemben egy igen kemény világgal találkozunk. Kihívásokkal van tele, és azt is mondhatjuk, hogy gyakorlatilag ez a világ már „törvényen kívül áll”. Erre külön űrtörvényeket kellett az emberiségnek alkotni, amelyeket nagyon nehéz volt (és nehéz lesz a jövőben is) megfogalmazni. Az eddigi ismeretek alapján nem könnyű határokat meghatározni, és a Földön lakók számára igazságos törvényekkel meghatározni ezt a külső világot.

Sajnos a nagyhatalmaknak nem áll érdekükben feladni a kutatási eredményeikkel a világűrben szerzett eddigi előnyüket. Született ugyan 1967-ben egy **világűrszerződés** (Outer Space Treaty) – pontosabban *„Szerződés az államok tevékenységét szabályozó elvekről a világűr kutatása és felhasználása terén, beleértve a Holdat és más égitesteket”* –, aminek második cikkelye kimondja, hogy a világűr (beleértve a Holdat és más égitesteket) semmiféle szuverenitás igényével nem hasznosítható, tehát foglalás útján egy nemzet sem sajátíthat ki egy meghatározott területet; a világűrkutatás felhasználásának minden ország javát és érdekeit kell szolgálnia; a harmadik cikkely szerint pedig az országoknak csak a nemzetközi joggal összhangban lehet tevékenykedni ebben az új környezetben. 1979-ben külön is született egy – 1984-ben hatályba lépett – úgynevezett „Hold-egyezmény” az államok tevékenységéről a Holdon és más égitesteken. Az egyezmények tiltják tömegpusztító fegyverek elhelyezését is a világűrben.

A világpolitika függvényében folyamatosan új erőegyensúlyok alakulnak ki, a szabályok pedig még nem teljesen rögzültek. Van ugyan egy 2020-as ún. **Artemis-egyezmény**, amelynek a célja az, hogy aktuális iránymutatást határozzon meg például a Holdon végzett tevékenységre; tartalmazza, hogy nemzetiségtől függetlenül segítséget kell nyújtani azoknak az űrhajósoknak, akik oda eljutottak és a tudományos kutatási adatok alapján, valamint technikai felkészültségük révén pedig arra is képesek, hogy onnan nyersanyagokat vagy egyéb, az emberiség hasznára szolgáló ásványkincseket kitermeljenek és azokat felhasználják a Földön. Tehát nem helyben, a lelőhely közelében, hanem a Földünkre szállítva. A Földön kívüli természeti erőforrásokat, ásványokat számításba kell venni, és közkinccsé kell tenni a Föld lakói számára is. Például bármely a Holdon folytatott és tervezett tevékenységnek az egész emberiség gyarapodását és közös érdekeit kell szolgálnia, és az űrtevékenységeket a Föld népei egymással összeegyeztetve hasznosíthatják csak.

Az Artemis-egyezmény aláírói azon országok, amelyek részt vesznek az Artemis-program kivitelezésében, így Ausztrália, az Amerikai Egyesült Államok, az Egyesült Arab Emírségek, az Egyesült Királyság, Japán, Kanada, Luxemburg és Olaszország; az egyezményhez később számos állam csatlakozott, ezek Bahrein, Brazília, Dél-Korea, Franciaország, Izrael, Lengyelország, Mexikó, Románia, Szaúd-Arábia, Szingapúr, Ukrajna és Új-Zéland. A helyzet azonban sajátos, mert több mint 170 ország még nem csatlakozott. Kína és Oroszország elsősorban politikai, stratégiai és jogi okokból nem tagja az amerikai vezetésű egyezménynek, aminek hátterében a fokozódó űrverseny és a geopolitikai szembenállás áll. Az Egyesült Államok kongresszusa megtiltotta például a NASA-nak, hogy együttműködjön Kínával, Oroszországot pedig kiközösítették azon vádak alapján, hogy veszélyes módon követik az amerikai (kém) műholdakat. Mindenki számára hasznos lenne, ha ezek a kizárások felülvizsgálatra kerülnének.

A világűrre vonatkozó **jogi szabályozások** (BARTÓKI-GÖNCZY B. – SÜLYÖK G. 2022) kitérnek arra is, hogy a felfedezett bolygókat vagy holdakat csak békés céllal lehet hasznosítani. Nem lehet tehát „érkezési sorrend” alapján kisajátítani olyan területeket, amelyek az egész emberiség érdekében valamilyen módon jelentős hasznosítást tesznek lehetővé. Az egyes országokban kialakított tulajdonjogi vonatkozású törvények automatikusan nem érvényesíthetők a világűrben lévő hódítások tárgyában, szabályozni kell a tulajdoni hányadokat, a felhasználási módokat, jogokat és lehetőségeket. A világűr-szerződések tehát még korántsem véglegesek, jelenleg is folynak új szerződések előkészületei, amelyek a realitások figyelembevételével kitérnek a technológia fejlődése által megteremtett új lehetőségek szabályozására.

A jogi kérdések nehézségeit illetően érdekes helyzetet teremtett pl. a 2003-as iraki háború. Tudniillik az amerikai hadsereg által kilőtt lőszer 68%-át műholdak

irányították, amelyeknek 80%-a lényegében kereskedelmi műhold volt. Az új nemzetközi szerződések, amelyek az űr kutatása és hasznosítása terén megszületnek, foglalkoztatni kívánják természetesen azokat a vállalkozásokat, magánjellegű intézményeket is, amelyek a Földön élő lakosságot szolgálják és az új erőforrásokat a földi lakók számára biztosítják. Ez azért érdekes, mert pl. gravitáció hiányában sok olyan terméket lehetne gazdaságosan gyártani majdani holdi üzemekben, amelyek földi körülmények között nagyon költségesek, vagy egyáltalán fizikailag szinte megoldhatatlanok. Sőt, felvetődött az is, hogy emberi szerveket is lehet „nyomtatni”, úgynevezett „szervdonorok” vonatkozásában. Ezek az új nagy tudományos áttörések – már ha valóban megvalósíthatók – mind az emberiség javát is szolgálhatják, de szabályozásuk elkerülhetetlen.

Ha fantáziánkban még messzebb szaladunk, és elképzeljük, hogy az ember letelepszik egy idegen bolygón, akkor vajon kinek a törvényei szerint kellene élni? Lehet-e a földi törvényeket alkalmazni, és ezek az új települések, államok, amelyeket az emberiség ilyen áttelepített nagy csoportja létesít, vajon „gyarmatként” szerepelnek-e? Az anyaország dönt-e mindenféle jogi kérdésben, vagy egyáltalában nem tartják-e majd be a földi törvényeket? Milyenek lesznek azok a szerződések, amelyek kialakulnak mondjuk a Marson vagy a Holdon, ahol egyetlen földi kormánynak sincs fennhatósága? Vajon hogyan, milyen alapon lehet önkormányzati elvek alapján rendezni a gazdasági, tulajdonjogi elveket, a Földdel való kapcsolatok dolgát?

A HOLD MEGHÓDÍTÁSÁNAK PROBLÉMÁI

A Hold vagy a Naprendszer bármely bolygójának, vagy utóbbiak holdjainak meghódításához, a rajta, rajtuk való letelepedéshez a levegő, a víz, az élelem, a szállás, a közlekedés, az energiaellátás kérdéseit mind meg kell oldani. A Holdon pl. azt a körülményt is figyelembe kell venni, hogy két hétig folyamatosan süt a Nap, és két hétig állandóan éjszakát kell átélni. Ennek az az oka, hogy a Hold egyetlen fordulata (saját tengelye körül) kb. egy földi hónapot vesz igénybe, így a Holdon a nappal és az éjszaka egyaránt kb. 14 földi napig tart. Ez jelentősen hat a hőmérsékleti viszonyokra is.

A lélegzés mindennapi létünk feltétele, amihez gazdaságosan oxigént kell biztosítani. Ebben segíthet a holdi „talaj”, ami valójában persze nem igazi talaj, hanem csak a felszín borító autochton **regolit**, azaz a helyben keletkezett közettörmelék, ami a Hold egész felszínét beborítja. Ez az összetöredezett, aprózódott konszolidálatlan réteg sok millió mikrometeorit hatására keletkezik, amelyek élesen koptatják a velük érintkező anyagot, kicsit hasonlóképpen, mint ahogy a Földön a szél pusztít a sivatagi térségekben. A regolit tömegének mintegy 40-45%-át különböző fémoxidok (főleg SiO_2 és FeO vagy Fe_2O_3) alkotják; az elképzelések szerint ha hidrogéngázzal hevítjük a regolitot, magas

hőmérsékleten vízgőz fejlődik, ami elektrolízissel oxigénre és hidrogénre bontható, előbbi biztosíthatja a légzés feltételét, utóbbi pedig újrahasznosítható a folyamatban. Emellett a kilélegzett levegőből is vissza lehet nyerni az oxigént, a verejtékből és a vizelethől pedig vizet. A regolit emellett megvédheti a majdani lakókat a Holdat érő kozmikus sugárzástól. Bár egy kínai holdszondán német kutatók által végzett kísérlet adatai arra utalnak, hogy a légkör hiánya miatt a sugárzási szintek értékei 200-szor magasabbak, mint a Föld felszínén, de a regolit jól ellenáll ennek a sugárzásnak, és alacsony a hővezető képessége. Megoldást jelenthetne tehát egy leendő Hold-bázis számára, ha a lakóhelyt regolittal borítanák be.

A lakhatásban szerepet játszhatnak pl. a lávacsőbarlangok, amelyek a higan folyó kőzetolvadékokra jellemzők (a kihűlő láva a felszínen megmerevedik, de a lávákereg alól a még híg és izzó kőzetolvadék kifolyik); ezek a holdi barlangok biztonságos körülményeket teremthetnének a hosszú távú ott-tartózkodásra (HORVATH, T. et al. 2022); ahol a Földön ilyen barlangok találhatók, mint pl. a Kanári-szigetekhez tartozó vulkanikus Lanzarote szigetén, ott gyakorlatoznak is az űrhajós-kiképzések során. Sokan mondják a kutatók közül is némi szarkazmussal, hogy az emberiség a barlangban kezdte az életét, és a Holdon is majd barlangban fejezi be, egy igen hosszú, kulturális világtörténeti átalakulás után.

Egy másik nagyon fontos kérdést, az **élelmiszertermelést** is meg kell oldani a Holdon lakók számára. Ez azt jelenti, hogy a földi körülményekhez hasonló üvegházakat kell létesíteni, és ki kell kísérletezni a földi nyomás- és hőmérsékletviszonyoktól eltérő körülmények között lehetséges élelmiszertermelés technológiáját.

Ásványi kincsek tekintetében – főleg az üzleti világ jelesei – a Holdon kitermelhető ritkaföldfémek bányászatát tartják a legfontosabbnak. A már említett hélium-3 izotóp (^3He) holdi előfordulása igen nagymennyiségű energiaforrásként biztosítani tudná a termeléshez az energiát. További energiaforrásként a NASA tudósai már kijelöltek olyan – potenciális leszállóhelyet is tartalmazó – területet, nem véletlenül 6°-ra a Hold pólusától, amelyen kiépülhet egy 15x15 km-es terület napelemek számára (RODGERS, E. et al. 2024), mivel ott alacsonyabban jár a Nap az égen, és elegendő energiát is szolgáltatna azokban a bizonyos kéthetes napsütéses időszakokban az energiátárolók feltöltésére.

Hogy mindezeknek van-e realitása, azt majd a jövő eldönti. Nagy általánosságban ugyanis a földi élethez kötődő szokások, biológiai körülmények, légköri viszonyok figyelembevételével csak ott lehet élni az embernek, ahol évmilliók alatt kialakultak az élet feltételei. Az eddig elmondottakból is érzékelhető, milyen viszonyokkal kell számolni, ha kilépünk a Föld légköréből és gravitációs teréből a világűrbe, és ott próbáljuk az élet feltételeit megteremteni.

A MARS MEGHÓDÍTÁSÁNAK PROBLÉMÁI

Ahogy már említettük, a közeljövő egyik legizgalmasabb kihívása a Mars „meghódítása” (KERESZTURI Á. 2012, KAKU, M. 2019). A Marsra eljutás időzítése azonban – annak következtében, hogy bár átlagos távolsága 225 millió km, az a keringési periódus tekintetében 400 millió km és 54,6 millió km között változik – még sok nehézséget jelent. Küldetéseket valószínű akkor célszerű elindítani, amikor a „vörös bolygó” az átlagosnál közelebb lesz hozzánk. Az a terv, hogy ha megvethetnénk a lábunkat a Marson, akkor onnan kezdve az űrhajók a bolygón tudnának tankolni, és a többi célponthoz így könnyebben el tudnának jutni. A Mars eléréséhez – még a kedvező megközelítést is figyelembe véve – kb. 7 hónap szükséges, de még a legoptimálisabb időtartam, ami alatt a jelenlegi eszközeinkkel el tudjuk érni a Mars felszínét, is mintegy 90 napot vesz igénybe. A Mars-térképezés során szerzett nagy ismeretanyag birtokában sokan optimistán gondolnak a Mars meghódítására. Ám ne feledjük, egy olyan bolygóról van szó, ami átlagban hatszázszor távolabb van, mint a Hold. Ezt a távolságot jól érzékelteti, hogy ha elindulnánk egy autóval 100 km/h sebességgel, és ezt a sebességet tartva végigszáguldanánk a világűrben a Marsig, akkor 256 évig tartana az utazás! Az eddig felbocsátott űrszondáknak is 128-333 nap közötti idő kell ahhoz, hogy elérjék a Marsot. Tehát kb. 4-11 hónapig kellene egy túlnyomásos „konzervdobozban” ülni. Ha vissza szeretnénk jönni, akkor megint gond van, mert több mint 2 évet kell várakozni a Marson, hogy a Föld „megfelelő” helyre kerüljön a hazaút megkezdéséhez.

Sokan, köztük ELON MUSK 2029-re jósolják a Marsra szállás dátumát. Tudniillik egy 2028-as év végi indításkor a Föld és a Mars közötti távolság viszonylag kisebb, csak kb. 97 millió km lesz (hasonlóan kedvező következő időpontok 2031. január, 2033. április, 2035. június, 2037. augusztus és 2039. szeptember). A kutatók szerint már a Marsra való emberes leszállás előtt, sok évvel korábban ki kell alakítani egy robotok által elkészített leszállóterületet a Mars felszínén, illetve szükség van egy a Mars közelében lévő tartalék űrhajóban a visszaút energiaszükségletének fedezésére. A Marson sok probléma azonos azzal, mint a Holdon, de egy feltétel rosszabb: a Marson hideg van, az átlagos hőmérséklet $-63\text{ }^{\circ}\text{C}$; de éjszaka vagy a sarkvidékeken a hőmérséklet akár $-125\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra is lehűlhet (csak a marsi nyár idején a marsi egyenlítőn lehet nappal $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ felett).

Az egyik – bizonyos kutatócsoportok által javasolt – vad elképzelés szerint át kellene alakítani a Mars légkörét, nukleáris robbantások segítségével fel kellene szabadítani a felszíni regolitban és a sarki sapkákban tárolt szén-dioxidot és egyéb üvegházhatású gázokat, ami felmelegítené a bolygót, tehát előnyös éghajlatváltozást eredményezne. Bár ez aligha kivitelezhető (nem is beszélve esetleges veszélyeiről), az azonban kétségtelen, hogy a Mars a jövőben nagy szerepet fog játszani a kutatások során, nemcsak a katonai

felhasználás vonatkozásában, hanem a bányászat, a napenergiát hasznosító projektek tudományos kutatása és az űrturizmus szempontjából is (SAGAN, C. 1998). Az űr a 21. században a jóslások szerint egyre zsúfoltabb környezetté válik, ami viszont – utalva a korábban említettekre – 21. századi törvényeket és megállapodásokat igényel. A Földön élő 8 milliárd ember érdeke az, hogy a világűr szabályokon alapuló rendjében a kozmikus kérdésekben is globális együttműködésben dolgozzunk. Enélkül háborúba keveredhetnénk a világűr „földrajzáért” éppúgy, ahogy ezt a Földön is tettük.

EGYÉB VESZÉLYEK, MEGOLDANDÓ PROBLÉMÁK

Az űrhajózás egyik súlyos problémája – és egyben veszélyek forrása – az ún. **űrszemét** kérdésének megoldatlansága (ez egyelőre elsősorban a Föld körüli pályákra jellemző). A NASA egyik kutatója egy érdekes előrejelzést fogalmazott meg: az általa megalkotott ún. Kessler-szindróma (KESSLER, D. J. – COUR-PALAIS, B. G. 1978) szerint az alacsony Föld körüli pályán keringő űrszemét sűrűsége hamarosan elér egy olyan kritikus szintet, ahol az ütközések láncreakció-szerűen további törmeléklet hoznak létre. Ez egyelőre csak előrejelzés, de a műholdak növekvő száma aggasztó, már most több ezer, és hamarosan akár már 100 ezer műholddal kell számolnunk, amelyek ütközéseik során törmelékdarabokra szakadva – vagy idővel maguk is – űrszemétté válnak, miközben változatlanul ott keringenek éppen azon pályán, amelyen a műholdakat a legcélszerűbb üzemeltetni.

A használhatatlanná vált műholdak esetében arra már van lehetőség – amit a kínaiak gyakorlatban is igazoltak már 2007-ben –, hogy a Földről indított műholdat később saját maguk semmisítsék meg. Az egyik működő időjárás-célú műhold már elvesztette műszaki tulajdonságait, és 863 km magasságban a kínaiak egy másik műholdat indítottak ugyanarra a pályára, hogy az a felszín felett ebben a magasságban semmisítse meg a saját – már nem működő – időjárás-célú műholdját. Ezek a lehetőségek tehát fennállnak, de a megsemmisítés nyilván újabb űrszemetet termel. Van olyan javaslat is, hogy valamennyi műholdat szereljünk fel olyan kis hajtóművekkel, amelyek segítségével egy esetleges ütközést el lehet kerülni. Ezáltal a műholdak úgy manőverezhetnek, hogy a hasznos működési élettartamuk lejáratát után is hamar vissza lehet téríteni azokat az eredeti pályájukra.

Az űrutazásoknak persze még számos további problémával kell szembenézniük, hiszen az űrhajósok a világűrben ki vannak szolgáltatva olyan jelenségeknek is, amelyek ember által nem befolyásolható tényezők. Ilyenek pl. a **napkitörések**. Egy nagyon erős napkitörés a földi információáramlást, sőt szinte az egész világgazdaságot képes lenne pillanatok alatt romba dönteni, a Föld körüli alacsony pályán keringő műholdak, valamint a Földön lévő kommunikációs eszközök pedig tönkremennének

egy ilyen internetes apokalipszis következtében. Hogy ez a feltételezés nem hipotetikus, azt – sajnos – igazolja a gyakorlat is. 1989 márciusában a csillagászok egy óriási naprobbanást észleltek, ami a Föld felé több mint 1 millió km-es óránkénti sebességgel indított el egy mágneses felhőt. Ez néhány nap alatt elérte a Föld mágneses terét is, és elektromos áramokat indukált Észak-Amerika alatt a földkéregben. Hajnali ½3-kor az áramlökés elérte Kanada Québec tartományában az elektromos hálózat egyik gyenge pontját, és két perccel később a tartományban minden lámpa kialudt, leálltak a számítógépek, hűtőszekrények, liftek, közlekedési lámpák, minden, ami elektromos árammal működött. Közel 12 órába került, mire helyreállt a normális áramszolgáltatás (BOTELER, D. H. 2019; szerző nélkül 2022). Egy-egy ilyen katasztrofális esemény óriási károkat tud okozni, ami egy az Egyesült Államokban készült tanulmány szerint dollármilliárdokban mérhető.

Hasonló veszélyeket jelentenek az **aszteroidák** – azaz a Nap körül keringő kisbolygók, amelyek számát mintegy 50 000-re becsülik – is. Legtöbbjük a Mars és a Jupiter közötti fő kisbolygóövben található. Mintegy 80 olyan kisbolygót ismerünk, amelynek átmérője meghaladja a 100 km-t, a legnagyobb Ceres átmérője kb. 1000 km. Nagyobb méretű aszteroidák a Földnek esetleg nekiütközve az egész mai civilizációt el tudnák törölni, és az emberiség egyelőre nem is tudna védekezni ellene. Bár kísérletek már vannak; 2021-ben egy rakétát indítottak el, hogy egy űrszonda felhasználásával vajon meg tudja-e változtatni az ember egy aszteroida pályáját, ha az veszélyes helyzetet idézne elő. Az űrszondát nekiütköztették egy kb. hűtőszekrény méretű aszteroidának, aminek következtében meg is változott az égitest pályája. Ez mérföldkönek nevezhető az űrkutatás történetében. Szükség lehet ilyen pályamódosításra, ha egy Földön kívüli égitest megközelítve bolygónkat veszélyes helyzetet okoz. Az észlelés technológiája ma már olyan magas színvonalú lett, hogy az ilyen eseteket előre tudjuk jelezni.

Egy további gond az **alacsony gravitációs érték**. A Marson a gravitáció a földi értéknek nagyjából 38%-a, míg a Holdon csak 16,5%-a, a bolygóközi térben pedig meghatározó a súlytalanság. Ez élettani szempontból jelent veszélyt. Az emberi testsúly kb. 60%-át folyadék teszi ki; fajunk a fejlődése során felegyenesedett, és ezután alakult ki álló helyzetben a vér áramlása a szívbe, az agyba, a folyadék a gravitáció hatására testünk alsó felében halmozódik fel; ugyanakkor kis gravitáció esetén a vér nem áramlik lefelé a lábakba, a folyadék mennyisége a test felső részében növekszik meg, emiatt pl. az űrhajósok arca felduzzad. A gravitáció a szív működését is befolyásolja, hiszen nem kell annyira erősen dolgozni a szívnek, mint ahogy azt a Földön teszi, a szív gyengébb működése miatt csökken a vérnyomás, ami csökkentheti az agy oxigénellátását, a szívizom pedig elgyengül.

Az egészségügyi problémák közé sorolandó, hogy a csontok is elgyengülnek, törékennyé válnak (főleg a csípőben lévő csontok). Hosszú űrutazás esetén az űrhajósok

csontjainak több évre is szükségük lehet a regenerálódáshoz. A hosszú űrutazás számos egyéb betegséget és egészségügyi gondot okozhat: hányás, szédülés, dezorientáció, hallucináció. Ezek lehet, hogy elmúlnak néhány nap alatt, de sokszor fel is halmozódhatnak az ilyen időszakok. Egy további, egyelőre megválaszolatlan kérdés, hogy vajon milyen hatással lehet a nők terhességére a világűrben való tartózkodás.

AZ ŰRKORSZAK ELVÁRÁSAI, TÚLZÁSOK ÉS ERKÖLCSI KÉRDÉSEK

Nagy tévedés lenne, ha azt gondolnánk, hogy bolygónk sorsáról az ember dönteni tud. Gyorsan fejlődő tudásunk ellenére a földi élet alapvető meghatározó tényezői nem változtathatók meg; nyilvánvalóan nem tudjuk a Napot működtető termonukleáris reakciókat megváltoztatni, a világútból érkező sugárzások, a Föld alakja, forgása, dőlésszöge, keringési pályájának excentricitása, illetve ezek változása nyomán bekövetkező hatásokat (pl. jégkorszakok kialakulása) sem, mint ahogy az atmoszférát meghatározó viszonyokat sem. De ugyanúgy nem vagyunk képesek befolyásolni bolygónk belső hőjének alakulását vagy az óceánfenék képződését, tehetetlenül nézzük és éljük át a nagy vulkáni kitöréseket, a földrengéseket, a szökőárak kialakulását, a lemeztektonikai mozgások következményeit. Tehát képtelenség, illetve ostobaság lenne, ha bolygónk uralmunk alá vonását a nagy folyamatokra vonatkozóan túl nagy jelentőséggel értelmeznénk.

Ez azonban nem változtat azon a tényen, hogy az emberiség a világtörténelem egyik legnagyobb lépését tette meg, amikor kilépett a Földön kívüli világba. Mondhatnánk tehát azt, hogy a „világűr földrajzát” most írjuk, de alighanem túl nagyok az elvárások és az igények, és nem mindig számolunk reálisan a nehézségekkel. A filmek, különböző írások az emberiség elé rózsaszín elképzeléseket tárnak, a nyersanyagokat könnyen kitermelhető készletekként ítélik meg, világűrbeli kitermelésüket olcsóbbnak, üzleti szempontból gazdaságosabbnak láttatják (főleg nagy tőkeérdekeltségű PR-cégek). Ez az az üzleti érdekeknek mindent alárendelő (kommerciális) szemlélet, ami a Földön is eltorzította az egész világtermelést. Ráadásul sok mindenről hallgatnak, például hogy a Földön is hatalmas készletek vannak olyan jellegű ásványi anyagokban, energiaforrásokban, amit eddig még nem tártunk fel. Elkerültünk egy olyan történelmi korszakba, ahol reálisan figyelembe kell venni azokat az akadályokat, amelyekkel az űrben való tevékenység során esetleg számolnunk kellene.

A következő űrkorszak nem biztos, hogy nagyon nemes vonásokat tartalmaz. A világűr meghódításában sokan a pénzkeresés olcsó, egyszerű megoldását látják. Az üzleti lehetőségek sokoldalúak, már új űrszállodákról is beszélnek. Az űr-idegenforgalom lebonyolítására már egy évtizeddel ezelőtt olyan cégek alakultak, amelyek a

Marsra vagy a Holdra való utazásra toboroztak érdeklődőket, arra fizetni hajlandó vendégeket. Pl. a holland Mars One cég azt ígérte, hogy 2023-ban az emberek az ő révükön eljuthatnak a Marsra. Világszerte több mint 200 000 ember jelentkezett űrhajósnak. A cég jelentős összegeket, több tíz millió dollárt szedett be, gyűjtött össze adományokból, jelentkezési díjakból és befektetőktől, ám már 2019-ben csődöt kellett, hogy jelentsen.

A valóság az, hogy még a NASA szerint is 2033-ban az emberek legfeljebb űrhajókkal fognak keringeni a Mars körül, bár még ez is csak nagyon feltételezhető jóslat. Az első emberek felszínre való lépését a józanabb kutatók 2039–2040-re gondolják, becsülik.

A tervek pedig határtalanok. Vannak olyan várakozások orvosi, gyógyászati szempontból, amelyek a kisebb gravitáció következtében fellépő viszonyok alapján egyes emberi szervek esetleges nyomtatására vonatkoznak. A Földünkön az üzleti gondolkodás körülményei között nevelkedett, ilyen szemléletet kialakító emberiség egy része már most űrszanatóriumokról is beszél. Sőt a mindennapi gondolkodás kiterjed más területekre is, pl. egy galaktikus temetkezési vállalat kialakítására. Láthatjuk tehát, hogy az emberiség egy része – amelyik megfelelő tőkével és hatalommal rendelkezik – nem éppen „nemes” elgondolásokkal is gondol a világűr meghódítására, és ezt figyelembe kell venni a világűr földrajzának vizsgálata során.

Az űrföldrajz egyik fontos kérdésköre az esetleg élehetlenné váló Földről az emberiség „átköltözése” a világűrbe, amit számos kutató igen furcsa megoldásokkal képzel el. Pl. hatalmas, nagy forgó űrvárosokat képzelnek el a Föld közelében. Vannak, akik a szennyezés miatt a Földön kívülre helyeznék át pl. a nehézipari és egyéb ártalmas berendezéseket. Olyan javaslatok is vannak leginkább ipari vállalatok által, amelyek kereskedelmi alapon induló űrállomások létesítésének lehetőségét szolgálják. Természetesen az űreszközökre vonatkozóan is számos konstrukció került már előtérbe. Mindezek azonban egyelőre még inkább csak a tudományos-fantasztikus irodalmak forrásául szolgálnak, mintsem hogy reális terveknek lennének tekinthetők.

Jó lenne, ha az űr meghódításának tervezésekor azokat a nehézségeket is részleteznék, ami az emberiség előtt áll egy-egy ilyen nagy vállalkozás esetében. Erre szokták idézni az alábbi híres újsághirdetést, ami – a legenda szerint – 1913. december 29-én jelent meg a londoni The Times újságban apróhirdetésként: *„Férfiakat keresünk veszélyes utazásra, kis fizetés, rettenetes hideg, hosszú hónapokon át tartó teljes sötétség, állandó veszély, a biztonságos visszatérés kétséges. Siker esetén tisztelet és elismerés.”* A történet szerint SIR ERNEST SHACKLETON brit sarkkutató adta fel ezt a hirdetést, hogy legénységet toborozzon az 1914-es antarktisi expedíciójához. Valójában ez a hirdetés soha nem jelent meg, a híres szöveg fikcióként először 1944-ben egy könyvben volt olvasható, de valami hasonlót a Hold- és Mars-expedíciókkal kapcsolatban ma is meg lehetne fogalmazni...

Hiszen – mint már említettük – egy világűrbeli utazáshoz a levegő, a víz, az élelem, a szállás, a közlekedés, az energiaellátás kérdéseit mind meg kell oldani, méghozzá nagy távolságból. Ezen kívül azon is el kell gondolkoznunk, hogy milyen módon lehet a visszatérést biztonságosan megoldani.

Amikor a világűrbe való kirajzásról gondolkozunk, (intő) például szolgálhatnak KAPU TIBOR magyar űrhajós közelmúltban lezajlott űrutazásának tapasztalatai. A magyar űrhajós a HUNOR (Hungarian to Orbit) Magyar Űrhajós Program keretében eljutott a Nemzetközi Űrállomásra (ISS), miközben több mint 20 napot töltött a világűrben, ahol kiemelt hazai fejlesztésű tudományos és orvosi kísérleteket végzett sikeresen. Utazása sok olyan tanulsággal gazdagította köznapi gondolkozásunkat, ami igazolja, hogy az űrben tartózkodás sajátosságai egyáltalán nem hasonlíthatók össze a mi földi rózsaszín elképzeléseinkkel. Először is már az űrhajósok kiválasztása – amit a Semmelweis Egyetem végzett el – igen szigorú kritériumokat szabott meg. 274 jelentkezőből, akik önmagukat nagyon egészségesnek gondolták, egészségügyi szempontból csak egy tucatnyi jelentkező felelt meg. A látással – bár kontaktlencse használata nem volt kizáró ok –, a szemmel kapcsolatos bármilyen probléma jelentős hátránnyként jelentkezett. Külön gond volt a fogtömések problémája, vagy egy régi foggyökér állapota, ami szintén olyan kizáró ok lehetett, amire nem is gondolnak az emberek.

Egy nagyon kényes terület az űrhajósok kiválasztásánál a mentális terhelések elviselésének képessége. A pszichológiai alkalmazkodás vagy az emberi kapcsolatok kialakítása képességének a hiánya nagyon nehezen észrevehető, de az űrben komoly problémákat eredményezhet. Az űrben az agyi vérellátás változása eleve nagymértékben módosítja az ember földi magatartását. Bár csodálatos az emberi test alkalmazkodó képessége, de sajnos az űrutazásoknál nagyon gyors a leépülés, ugyanakkor az izmok visszaépülése nagyon lassú a visszatéréskor. Egy űrutazást követően nagyon hosszú a rehabilitációs idő, és pl. jellemző, hogy a magyar asztronauta 1 hónapig nem kaphatta meg autóvezetői jogosítványát. Érdekesség, hogy a magassága az űrben 4 cm-rel nőtt. Mindez azért tanulságos, mert hogyan képzelhetjük el milliók „űrköltözését”, ha még egy ilyen edzett, felkészült tudós fiatalember számára sem volt problémamentes a Föld elhagyása?

Összegezve megállapítható, hogy bár sok érv szól az űr meghódítása és különösen az űrbányászat beindítása mellett, úgy tűnik, nagyon messze vagyunk még az űrvárosok létesítésének illuzórikus, kissé délibábos világától. És ha a technika fejlődésének köszönhetően várhatók is újabb és újabb előrelépések, ne felejtjük el, hogy a világűr hasznosításának a biológiai, jogi, erkölcsi és még sok más szempontú kérdéseire is hosszú távra érvényes válaszokat kell adni.

MAGYARORSZÁG ÉS AZ ŰRVERSENY

Örömmel állapíthatjuk meg, hogy hazánk is bekapcsolódott a nemzetközi űrkutatási programokba. Nyilván nem versenyezhetünk a Föld nagy nemzeteivel pl. űrhajó indításában, a Magyar Tudományos Akadémia és Magyarország kormánya azonban felismerte az űrkutatás és a várható „űrpar” jelentőségét, és azt, hogy fejlesztésükhöz társadalmi érdek fűződik. Magyarország saját súlyának megfelelő szerepet vállalva más országokhoz hasonlóan nemzeti űrstratégiát dolgozott ki; ennek fő területeként 2021-ben létrejött a kormány által kialakított és támogatott **HUNOR** (Hungarian to Orbit)-**program**, amelynek legismertebb része egy magyar kutatóűrhajós világűrbe jutásának előkészítése. De legalább ilyen fontos, hogy kiépüljenek és fejlődjenek azok a cégek, amelyek be tudnak kapcsolódni a nemzetközi űrtevékenységekbe (számuk ma mintegy 40).

És talán még fontosabb a jövő megalapozása, amelynek részeként egy innovatív **diáklabor-hálózat** (Student Spaceleb Network, SSN) jött létre. Fő a célja, hogy már gyermekkorban kiválasztódjanak a tehetségek, és ehhez olyan környezet teremtsődjék, amelynek révén számos (a Kárpát-medencében mintegy 80) helyszínen már a diákok is mérnöki feladatokon dolgozhassanak. Pl. egy műholdmodell fejlesztésén keresztül folyhat gyakorlati űrtechnológiai ismeretek és modern tudományos, műszaki és technológiai területekhez tartozó, ún. STEM (az angol Science, Technology, Engineering, Mathematics szavak kezdőbetűiből) tantárgyak tanítása, tanulása. A hálózat helyszínein a diákok csúcstechnológiás eszközökkel és ipari projektmenedzsment szoftve-ekkel dolgoznak. Az ebből megszülető tudás gyakorlati hasznosítása nyilván ösztönző társadalmi érdek.

A modern űrkutatás egyik új fejleménye a magáncégek részvételének erősödése. Szakembergárdájuk kiépítését, az ahhoz szükséges tudás megszerzését a tanulóifjúság körében kell elkezdeni. Mint tudjuk, az űrkutatás rendkívül interdiszciplináris tudomány, és nagyon komoly hatása, vonzóereje van a fiatalok körében. Ezért az ifjú generáció ösztönzésére e tekintetben jól hasznosítható terület. Nyilvánvaló, hogy még egy ilyen viszonylag kis ország, mint Magyarország is megfelelő képzéssel ki tudna nevelni szakembergárdát úgy, hogy a nemzetközi űrkutatásban és űrparban világviszonylatban is bekerüljünk az élmezőnybe. Ehhez természetesen a fiatalokat igen jól használható eszközparkkal kellene ellátni és szakirányú mentorálással is támogatni. Erre szolgál a 80 Kárpát-medencei helyszínből álló említett hálózat.

Világszerte a kutatóintézetekben számos olyan munkatárs, fiatal kutató található, akik valamilyen formában magyarországi kötődéssel rendelkeznek. Közülük kiemelhető pl. DETRE ÖRS HUNOR – DETRE LÁSZLÓ és BALÁZS JÚLIA egykori neves magyar csillagászok unokája –, aki a heidelbergi Max Planck Csillagászati Intézet munkatársa

és munkássága szorosan kötődik az űrkutatáshoz is, ugyanis ő a NASA, az ESA és a Kanadai Űrügynökség közös világhírű projektjének, a James Webb űrteleszkóp létrehozásának egyik vezető fejlesztője. Két okból is az ő nevét emelem ki. Egyrészt mert több évtizeddel ezelőtt, amikor a nyíregyházi csillagvizsgálót megterveztem, és ennek a beépítését, rendszerét kialakítottuk, akkor éppen DETRE LÁSZLÓ akadémikus – aki akkoriban vezető volt a Csillagászati Kutató Intézetben Budapesten – nyújtott támogatást számunkra mind az építés, mind a kutatási programok kialakítása terén. Nagy öröm, hogy unokája lett a magyarság hírnevét is növelve a világviszonylatban is páratlanul nagy jelentőségű űrtávcső vezető fejlesztője. A másik ok, hogy nem véletlenül éppen ő az említett SSN diák-laborprogram legfőbb mentora, szakmai támogatója.

Reméljük, hogy a HUNOR-program oktatási eleme további hasonló magyar tehetségeket indít el a világhír felé.

IRODALOM

- ALATORRE, CARLOS (2024): China's interest in the far side of the Moon: scientific, military, or economic? – The Space Review 29. 04. – Online: <https://www.thespacereview.com/article/4783/1> Utolsó letöltés: 2026. 06. 04.
- BARTÓKI-GÖNCZY BALÁZS – SÜLYÖK GÁBOR (2022): Világűrjog. – Ludovika Egyetemi Kiadó, Budapest. 352 p. DOI: <https://doi.org/10.51783/ajt.2022.4.06>
- BOTELER, DAVID H. (2019): A 21st century view of the March 1989 magnetic storm. – Space Weather 17. 10. pp. 1427–1441. DOI: <https://doi.org/10.1029/2019SW002278>
- CHAKRABORTY, TATHAGATA – SYED, TAJDARUL HASSAN – HEGGY, ESSAM – PUTREVU, DEEPAK – DUTTA, UPAMA (2024): On the reachability and genesis of water ice on the Moon. – ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 211. pp. 392–405. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsiprs.2024.03.020>
- CREECH, STEVE – GUIDI, JOHN – ELBURN, DARCY (2022): Artemis: An overview of NASA's activities to return humans to the Moon. – IEEE Aerospace Conference (AERO). DOI: <https://doi.org/10.1109/AERO53065.2022.9843277>
- ELTER TAMÁS (2026): Peking hisz a mesében. – Magyar Nemzet 89. 51. p. 14. Online: <https://magyar-nemzet.hu/lugas-rovat/2026/03/peking-hisz-a-meseben> Utolsó letöltés: 2026. 06. 04.
- GÖÖZ LAJOS (2004): Az ember térben és időben. Geokronológia és biokronológia. A tájékozódás biológiai, fiziológiai és anatómiai alapjai. – Bessenyei Kiadó, Nyíregyháza. 187 p.
- GYIMESI ZSUZSANNA (2020): Konsztantyin Eduardovics Ciolkovszkij, a galaktikus boldogság kutatója. – ELTE BTK Ruszisztikai Kutatási és Módszertani Központ. <https://russtudies.elte.hu/content/konsztantyin-eduardovics-ciolkovszkij-a-galaktikus-boldogsag-kutatoja.t.13379>
- HORVATH, TYLER – HAYNE, PAUL O. – PAIGE, DAVID A. (2022): Thermal and illumination environments of lunar pits and caves: Models and observations from the diviner lunar radiometer experiment. – Geophysical Research Letters 49. 14. 9 p. DOI: <https://doi.org/10.1029/2022GL099710>

- KAKU, MICHIO (2019): The future of humanity: terraforming Mars, interstellar travel, immortality, and our destiny beyond Earth. – Penguin Random House, London. 389 p. [Magyar nyelven (2019): Az emberiség jövője. Talentum Tudományos Könyvtár. Akkord Kiadó, Budapest. 387 p.]
- KERESZTURI ÁKOS (2012): Mars – Fehér könyv a vörös bolygóról. – Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest. 189 p. https://meteorarchiv.mcse.hu/Mars_feher_konyv_voros_bolygo_Kereszturi-Akos.pdf
- KESSLER, DONALD J. – COUR-PALAIS, BURTON G. (1978): Collision frequency of artificial satellites: The creation of a debris belt. – Journal of Geophysical Research 83. A6. pp. 2637–2646. DOI: <https://doi.org/10.1029/JA083iA06p02637>
- KLUGER, JEFFREY (2019): Dueling superpowers, rival billionaires. Inside the new race to the Moon. – Time Magazine 194. 4. pp. 24–29. <https://time.com/collections/apollo-11-50/5628348/race-to-the-moon/>
- KLUGER, JEFFREY (2026): Back to the Moon. Artemis II astronauts will travel farther than any humans have before. – Time Magazine 207. 3. pp. 34–41. (Online változat: Astronauts are going back to the Moon for the first time in half a century. <https://time.com/7346146/artemis-ii-launch-nasa-astronauts-moon-mission/> Utolsó letöltés: 2026. 06. 04.)
- RAYMOND, JOHN W. (2020): Chief of space operations' planning guidance. 1st chief of space operations. – Online: <https://aerospace.csis.org/wp-content/uploads/2020/11/CSO-PLANNING-GUIDANCE-compressed.pdf> Utolsó letöltés: 2026. 05. 25.
- RODGERS, ERICA – GERTSEN, ELLEN – SOTUDEH, JORDAN – MULLINS, CARIE – HERNANDEZ, AMANDA – LE, HANH NGUYEN – SMITH, PHIL – JOSEPH, NIKOLAI (2024): Space-based solar power. Report ID 20230018600. – NASA Office of Technology, Policy, and Strategy. 91 p. DOI: <https://doi.org/10.2514/6.2024-4944>
- SAGAN, CARL (1998): Billions and billions. Thoughts on life and death at the brink of the millennium. – Random House, New York–Toronto. 320 p. [Magyar nyelven (2000): Milliárdok és milliárdok. Talentum Tudományos Könyvtár. Akkord Kiadó, Budapest. 279 p.]
- SALKOW, HOWARD – ALDRIN, BUZZ – MURRAY, PETER (2009): Ember a Holdon. – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 158 p.
- SMITH, MARSHALL – CRAIG, DOUGLAS – HERRMANN, NICOLE – MAHONEY, ERIN – KREZEL, JONATHAN – MCINTYRE, NATE (2020): The Artemis Program: An overview of NASA's activities to return humans to the Moon. – IEEE Aerospace Conference. DOI: [10.1109/AERO47225.2020.9172323](https://doi.org/10.1109/AERO47225.2020.9172323)
- ZHENG YONGCHUN – OUYANG ZIYUAN – BLEWETT, DAVID T. (2008): Implanted Helium-3 abundance distribution on the Moon. – Abstract No. 1049. of 39th Lunar and Planetary Science Conference, Houston. Lunar and Planetary Institute. 2 p. Online: https://www.researchgate.net/publication/234223205_Implanted_Helium-3_Abundance_Distribution_on_the_Moon#fullTextFileContent Utolsó letöltés: 2026. 06. 04.
- ZOU YONGLIAO – XU LIN – OUYANG ZIYUAN (2003): Noble gases in the lunar regolith. – Geochemistry 22. 4. pp. 361–368. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02840409>

Egyéb források

- Szerző nélkül (2022): Amikor a Nap sötétségbe borította Észak-Amerikát: az 1989-es geomágneses vihar. – Múlt-kor 2022. március 15. Online: <https://m.mult-kor.hu/amikor-a-nap-sotetsegbe-borította-eszak-amerikat-az-1989-es-geomagnesses-vihar-20220315> Utolsó letöltés: 2026. 05. 25.

China's space program: A 2021 perspective. – State Council Information Office of the People's Republic of China, Beijing. – Online: http://english.scio.gov.cn/whitepapers/2022-01/28/content_78016877_7.htm Utolsó letöltés: 2026. 05. 25.

China to improve space infrastructure with new satellites, technologies: White paper. – State Council Information Office of the People's Republic of China, Beijing. – Online: http://english.scio.gov.cn/whitepapers/2022-01/28/content_78017374.htm Utolsó letöltés: 2026. 05. 25.

China to complete building of space station in 2022. – State Council Information Office of the People's Republic of China, Beijing. – Online: http://english.scio.gov.cn/chinavoices/2022-01/06/content_77973222.htm Utolsó letöltés: 2026. 05. 25.

О космосе (2019). О состоянии и развитии космической отрасли и желании полететь в космос. – Online: <https://fom.ru/Budushchee/14192> Utolsó letöltés: 2026. 05. 25.