

LISA KALTENEGGER

IDEGEN VILÁGOK

LISA KALTENEGGER

IDEGEN VILÁGOK

A kozmikus bolygóvadászat
új tudománya

Fordította
BOTH ELŐD



TARTALOM

Bevezetés: Üzenet a halványkék pöttyünkről	9
1 Karnyújtásnyira az idegen élet felfedezésétől	15
2 Hogyan építsünk lakható világot?	35
3 Mi az élet?	81
4 Hogyan keressük az életet a kozmoszban?	103
5 A tudományt megrengető világok	137
6 Otthonunknak nincs párja	169
7 A kozmikus tudás határán	207
Epilógus: A Föld-úrhajó	223
Köszönetnyilvánítás	226
A Voyagerek aranylemezének lejátszási listája	229
További olvasnivaló	232
Jegyzetek	234
Név- és tárgymutató	236



*Lara Skynak, aki minden napomat gyönyörű kalanddá teszi;
a világ minden táján élő barátainknak és családtagjainknak,
akik a mi halványkék pöttyűnket
ilyen csodálatos világgá varázsolják;
és mindenkinek,
aki valaha is felnézett az égre, és eltűnődött azon,
vajon egyedül vagyunk-e.*



BEVEZETÉS

Üzenet a halványkék pöttyünkről

Vöröslő, bolyhos felhők úsznak a narancssárga égen, magasan a horizonton elszórt néhány szigetet tarkító, biborszínű aljnövényzetfoltok fölött. A hullámok megtörnek a tengerparton, megcsillanva a fejünk fölött ragyogó nap vörös fényében. Várjuk a naplementét és az éjszaka sötéttségét, de az soha nem jön el. Ahhoz, hogy átéljük az alkonyat élményét, napokig kell utaznunk e távoli bolygó túlsó oldalára, az örök szürkület zónájába. Még távolabb a halvány fény teljesen eltűnik, a táj soha véget nem érő éjszakába burkolódik.

A bolygó éjszakai oldalán döbbenetesen más az időjárás. A zseblámpánk fényugara csak közvetlen környezetünkben töri meg a koromsötétet. Csupán keskeny sávban enged bepillantást az ismeretlen világba, amelyet soha nem látott élőlények népesítenek be. A félhomályban csak apró fényfoltokat látunk, biofluoreszkáló derengést, amely halvány zöldes színűre festi a háttorzongatóan idegen tájat.

Az itteni életformák azonban tökéletesen alkalmazkodtak az örök éjszakához. Mivel mindig teljes sötéttségben éltek, nincs szükségük a napfény energiájára, és ahhoz sincs szükségük fényre, hogy környezetükben tájékozódjanak. A hőt és a hangokat felfogva ugyanolyan tisztán érzékelik a világot, mint az emberek a látással. A Föld óceánjainak legmélyebb, leg-sötétebb részein élő lényekhez hasonlóan furcsán ismerősek, de valójában a legkevésbé sem azok.



Egyedül vagyunk-e a kozmoszban? A kérdésre egyértelmű választ kellene adnunk: vagy igen, vagy nem. Ám ha egyszer megpróbálunk másutt is életet találni, akkor rájövünk, hogy ez nem ilyen egyszerű. Üdv a tudomány világában, ahol az első kérdés mindig megtévesztően egyszerű!

A felfedezések hihetetlen korszakában élünk. Nem csupán új kontinenseket térképezünk fel, mint a régi korok hajósai, hanem teljesen új világokat, amelyek más csillagok körül keringenek. Amióta 1995-ben felfedezték az első *exobolygót*, azaz Naprendszeren kívüli bolygót, a csillagászok csak a kozmikus szomszédságunkban több mint ötezer további találtak.* Megdöbbenő módon ez azt jelenti, hogy átlagosan *minden egyes nap* felfedeztek egy új bolygót, amióta megépítettük az első olyan műszert, amely elég érzékeny volt a detektálásukhoz. Ráadásul eddig csak azokat észleltük, amelyeket könnyű megtalálni – a jéghegy csúcsát.

A bolygók olyan gyakoriak, hogy a legtöbb csillag körül kering egy vagy több. Galaxisunk, a Tejútrendszer pedig körülbelül kétszázmilliárd csillagból áll. Ebből a megdöbbenő számból az következik, hogy csak a mi galaxisunkban milliárdnyi új világ vár felfedezésre. A fejezet elején leírt, képzeletbeli bolygó akár egy is lehetne közülük, amelynek egyik fele állandó napfényben fürdik, míg másik felét a soha véget nem érő sötétség uralja.

Ezeket az új világokat nem hajósok fedezik fel, még csak nem is olyan szondák, amelyek a világűrben utaznak, mivel az exobolygók sok billió kilométerre vannak tőlünk. A hatalmas távolságok alaposan megnehezítik a keresésüket. De a fény és az anyag kölcsönhatásba lép egymással, ami lehetővé teszi, hogy a kozmikus óceán partján állva még akkor is felfedezzük ezeket az új világokat, ha egyelőre nem érhetjük el őket. Ahogyan az útle vélbe kerülő pecsétek elárulják, mely országokat látogatta meg az utazó, a fény is információt hordoz arról, merre

* Az első exobolygót 1992-ben fedezték fel, de az egy pulzár körül kering. 1995-ben mutatták ki az első olyan exobolygót, amely a Naphoz hasonló csillag körül kering. 2025 végén már a hétézret is meghaladta az ismert exobolygók száma, további nyolcezer megerősítésre vár – *a lekt.*

járt az útján. Az élet jelei beleíródnak a bolygók fényébe – csak tudni kell, hogyan lehet ezt az információt kiolvasni.

Nézzünk fel ma este az égre, és számoljuk meg, hány csillagot látnak! Az emberek évezredek óta szemlélik az égboltot, és eltűnődnek azon, hogy vajon egyedül vagyunk-e a kozmoszban, de a válasz megtalálásához csak korlátozottak voltak az eszközeik. Mostanra viszont megváltozott a helyzet, mert már tudjuk, hogy az égen látható csillagok többségének kísérői is vannak – olyan bolygók keringenek körülöttük, amelyek túl halványak ahhoz, hogy észrevegyük őket. Lehetséges-e, hogy valakik most is a Földet figyelik, és azon tűnődnek, hogy vajon egyedül vannak-e? Most először kezünkben van a kérdés megválaszolásához szükséges technológia.

Mit kellene keresnünk, ha rá akarunk bukkanni a földön kívüli életre? Egy csillagász félig tréfásan megjegyezte, hogy más bolygókon is kereshetnénk nagyobb állatcsoportokat, például rózsaszín flamingókat, bár a madaraknak elég sokáig kellene mozdulatlanul állniuk ahhoz, hogy észrevegyük őket. A szín fontos eszköz az élet utáni kutatásunkban, de szerencsére nem az az egyetlen lehetőségünk, hogy színes flamingókat keressünk más bolygókon. Ha kicsit közelebbről szemügyre vesszük, azt látjuk, hogy a Föld az élet lenyűgöző sokféleségét hordozza, és ez az élet megváltoztatja bolygónk légkörét éppúgy, mint világunk színeit, a csontszáraz sivatagoktól a gleccserek fagyott jégmezőin át a Yellowstone Nemzeti Park forró, kénes forrásaiig.

Bár az idegen életformák valószínűleg eltérnek a földi organizmusoktól, mégis az utóbbiak nyomokat adnak az előbbiekre kereséséhez: a fizika jól ismert törvényeinek és az evolúció szabályainak keveréke olyan szervezeteket hozhat létre, amelyek teljesen különbözhetnek az általunk ismertektől, miközben tökéletesen alkalmazkodnak saját világukhoz.

Manapság számos eszközzel próbáljuk megoldani ezeknek az új világoknak a rejtélyeit. Például színes élőlényeket nevelünk a biológiai laboratóriumainkban, kőzeteket olvasztunk a geológiai laboratóriumokban, és megvizsgáljuk az apró lávavilágok fényét, számítógépes programokat írunk, és visszanyúlunk a Föld evolúciójának hosszú történetébe, hogy támpontokat találjunk arra vonatkozóan, mit is kellene

keresünk. A Földet laboratóriumként használva új ötleteket tesztelhetünk, egyúttal kihívásokkal szembesülhetünk az adatok, az inspiráló kíváncsiságunk és a fantáziánk révén. A kisugárzott fotonok, az örvénylő gáz, a felhők és a dinamikus felületek közötti kölcsönhatás, amelyet a kódsorok határoznak meg, a lehetséges világok sokaságát hozza létre a számítógépemben – némelyikük nyüzsgő az élet elképzelhetetlen sokféleségétől, mások viszont sivarak és kopárak.



Mindennapi munkám során megpróbálok rájönni, hogyan lehetne életet találni az idegen bolygókon. Állhatatos tudósokkal dolgozom együtt, akik nagy kreativitással és lelkesedéssel, gyakran kevés alvással, de sok kávéval építik a kereséshez szükséges, egyedülállóan specializált eszközöket. Soha nem gondoltam volna, hogy részese leszek az emberiség egyik legizgalmasabb kalandjának: az élet keresésének a kozmoszban. Fajunk világegyetemben elfoglalt helyével kapcsolatos kíváncsiságom Ausztriából Spanyolországba, Hollandiába, az Amerikai Egyesült Államokba és Németországba, majd vissza az Egyesült Államokba vezetett, hogy egy fantasztikus gondolkodókból álló csapat élére álljak, amelynek tagjai pontosan ugyanezt próbálják elérni.

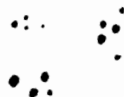


Az *Idegen világok* című könyvben izgalmas és meglepetésekkel teli utazásra viszem az olvasót, miközben az életet keressük a kozmoszban. Első kézből adok útmutatót ahhoz, amit a tudósok a Föld történetéből és lenyűgöző bioszférájából megtudnak; bemutatom a körülbelül egytucatnyi, eddig felfedezett legfurcsább exobolygót; és elmagyarázom, hogyan derítenek fényt ezek a felfedezések a tudomány egyik leggyötrőbb kérdésére: „Egyedül vagyunk?”

Amit ezekről az új bolygókról megtudtunk, egyes esetekben teljesen váratlan volt – némelyiket magmaóceánok borítják, míg mások perzselően forró, puffadt gázgömbök csillagaik közelében száguldozva. Ezek a lenyűgöző új bolygók megrengették a világképünket. Némelyikük mégis egy kicsit hasonlít az otthonunkra.

Eddig – a merész állítások ellenére – semmilyen döntő bizonyítékot nem találtunk arra, hogy más bolygókon is létezne élet. Amíg ez nem történik meg, folyamatosan fejlesztjük az eszközeinket, és a nehezebb utat választva keressük az idegen élet jeleit: bolygóról bolygóra és holdról holdra haladva a kutatásban.

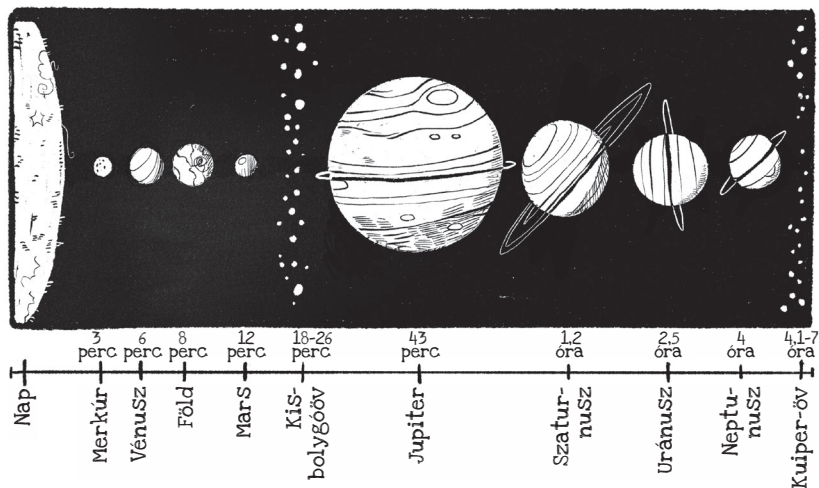
Kutatásaink legizgalmasabb szakasza csak most veszi kezdetét.



GALAXISUNK: A TEJÚTRENDSZER



A FÉNY UTAZÁSI IDEJE A NAPTÓL



FÉNYSEBESSÉG: KB. 9,5 BILLIÓ KM ÉVENTE

1 mp: Föld-Hold (384 000 km)

8 perc: Föld-Nap (150 millió km)

10-600 nap: Nap-Oort-felhő (0,3-14 billió km)

4 év: Nap-Proxima Centauri (40 billió km)

1. fejezet

KARNYÚJTÁSNYIRA AZ IDEGEN ÉLET FELFEDEZÉSÉTŐL

Ezek a világok az űrben éppoly megszámlálhatatlanok, mint a Föld összes tengerpartjának minden homokja együttvéve. E világok mindegyike ugyanolyan valóságos, mint a miénk, és mindegyik olyan események, történések sorozatának helyszíne, amelyek befolyásolják a jövőjét. Számtalan világ, megszámlálhatatlan pillanat, a tér és az idő végtelensége.

Carl Sagan: *Cosmos*¹

Egy új űrtávcső első felvételei

A portugál kávé tetején úszó hab kissé kesernyés ízű volt, de alig vettem észre. Az elmúlt órában a számítógépem képernyőjén megjelenő felvételeket bámultam, a NASA legutóbb felbocsátott James Webb-űrtávcsövének (James Webb Space Telescope, JWST) élő közvetítését. A képernyő már elsötétült, és a gondolataim is ebben a sötétségben kalandoznak: azon gondolkodom, a kozmosz milyen rejtélyeit fogja feltárni az új eszköz.

Miközben 2021 decemberének végén a világ tudósai a JWST kifogástalanul sikerült indítását figyelték, feszülten követték a start minden egyes mozzanatát. A hordozórakéta magasba emelkedésétől a megfigyelések megkezdéséig a JWST üzembe helyezésének folyamatában 344 hibalehetőséget, kritikus pontot azonosítottak – amelyek mindegyike egymagában is tönkretelhetett volna az egész rendszert –, így bár minden alkalommal megkönnyebbültünk, amikor valami sikerült,

azonban tudtuk, hogy még mindig több száz további hibalehetőség maradt.

Miközben tekintetemet a NASA TV-re szegeztem (és a csapatunk Slack-csatornájára, ahol a kollégák minden időzónában megjegyzéseket fűztek az egyes lépések sikeres végrehajtásához), folyamatosan emlékeztettem magamat arra, hogy lélegezzek – be és ki, be és ki. Semmit sem tehattünk, mert a rakéta felemelkedett, és úton volt végső űrbeli célpontja felé, arra a körülbelül másfél millió kilométerre lévő helyre, amelyet a második Lagrange-pontnak, azaz L_2 -nek neveznek. A *The New York Times* riporterei, Dennis Overbye és Joey Roulette gyönyörűen írták le a JWST indítását, mint „egy tükrökből, vezetékekből, motorokból, kábelekből, reteszekből és vékony, hajlékony műanyag lemezekből álló, szorosan becsomagolt berendezés egy füst- és tűzoszlop tetején”.² A rakéta több ezer hozzám hasonló tudós álmát is hordozta, akik abban reménykedtek, hogy megpillanthatják azt a kozmoszt, amely eddig elérhetetlen – mert láthatatlan – volt számukra.

A JWST az első olyan űrtávcső, amely 6,5 méter átmérőjű főtükrével éppen annyi fényt képes összegyűjteni, amennyi a más közetvilágokat burkoló atmoszféra kémiai összetételének vizsgálatához szükséges. A fény összegyűjtéséhez a méret a kulcs. Képzeljünk el egy vödört: minél nagyobb, annál több esővizet tud felfogni egy felhőszakadás során. A távcső tükre ugyanígy működik: minél nagyobb, annál több fényt tud összegyűjteni.

Gondolataimat az irányítótérben dolgozó munkatársak örömujjongása szakította félbe, amikor a távcső sikeresen levált a hordozó-rakétáról. Az indítás közvetítésének utolsó képén azt láttuk, amint az előtérben lévő távcső a sötét világűrben lebeg, a kép felső sarkában pedig feltűnt a Föld kék gömbjének lenyűgöző látványa.

Hónapokba telt, mire a JWST sikeresen leküzdötte a fennmaradó akadályokat, miközben kibontakozott ez a gyönyörű, tükrökből, kábelekből és napelemekből álló eszköz. Ezután lassan le kellett hűlnie arra a dermesztően alacsony hőmérsékletre, amelyen működni tud.

Csak az első jelek vizsgálatakor bizonyosodott be, hogy minden akadályt sikeresen vettünk. Minden hibalehetőséget elhárítottunk, a le-

nyűgöző távcső pedig hibátlanul működött, új nézőpontból engedve bepillantást a kozmoszba – és ízelítőt adva a remélt, nagyszerű felfedezésekből.

A JWST egyik leglenyűgözőbb felvétele a körülbelül hétezer fényév távolságban lévő Éta Carinae-ködről készült. Ez a csillagbölcső, ahol éppen most születnek a csillagok és az új bolygók, olyan, mint egy kozmikus ecsettel festett égi műalkotás. A JWST azonban nem csak az új világok születését mutatja be. Az a kép, amelyet Joe Biden elnök 2022 júliusában, egy nappal a NASA első hivatalos adatközlése előtt osztott meg a nyilvánossággal, abba az időszakba enged bepillantást, amikor maga a világegyetem még csecsemőkorát élte. A JWST mélyűri felvételén az űr fekete háttere előtt, csillogó pontokként szétszórva galaxisok ezrei láthatók, amelyek az égbolt egy akkora területének felelnek meg a Földről nézve, mint egy homokszem. Fényüknek több mint tizenhárom milliárd évbe telt, mire elért hozzánk, hírt hozva egy jóval a Föld születése előtti időből. A Földig tartó útja során néhány fénysugár meggömbült, miközben elhaladt egy hatalmas galaxishalmaz mellett. Az anyag és a fény kölcsönhatásba lép, így ez az ősi fény a képen látható gyönyörű ívekké torzult, szemléltetve a relativitáselmélet állításait térről és időről.

Az ősi galaxisok látványa csodálattal – és reménnyel – tölt el. Ezen a képen több milliárd csillag látható, más lehetséges világok ősi nyomai. Kozmoszunk ezen apró szegletében számtalanszor kialakulhattak bolygók, de a *mi jelenünk* és az *ő jelenük* a minket elválasztó hatalmas távolság miatt nem találkozik egymással. Míg egyes csillagok – mint például azok, amelyek a számítógépem képernyőjén megjelenő mélyűri felvételen láthatók – számunkra elvesztek az időben, számos közelebbi csillag elérhető maradt – ráadásul érdekes világok keringenek körülöttük. És most felderíthetjük a legközelebbieket.

Amikor a tudományban olyan új eszközök jelennek meg, amilyen például a JWST halványabb objektumok fényének felfogására alkalmas, hatalmas tükre, olyan dolgokat is képesek vagyunk felfedezni, amelyeket korábban csak elképzelni tudtunk. Az új felismerések átalakítják felfogásunkat. Ezek a képek megrázóan bizonyítják az emberi

együttműködés szellemét: a világ minden tájáról több ezer emberre volt szükség ahhoz, hogy ez a látomás valósággá váljék.

Az elsőként közzétett felvételek egyike részletes képet mutatott egy perzselően forró, puffadt óriásbolygóról, a WASP-96 b jelű égitestről, amit felhők, köd és gőz rétegei borítanak. A bolygó hetente kétszer kerül meg a csillagát. Bár a bolygó nem hordoz életet, a JWST képe bebizonyította, hogy az űrtávcső hosszabb idő alatt más, kisebb, Föld-méretű bolygók légkörét is képes felfedezni. Olyan helyeket, ahol virágozhat az élet. A JWST-vel dolgozó tudományos csapatok egyikének tagjaként egy kreatív tudóscsoporttal azon fáradozom, hogy ezeket az új, a kozmikus horizontunkon felbukkanó világokat feltérképezzük.

Egy idegen bolygón felfedezett élet örökre forradalmasítaná egész világképünket.