

Szilágyi Tibor¹

Az emberiség világűrbeli jelenlétének környezetbiztonsági szempontú elemzése

A világűr egyre nagyobb jelentőséggel bír az államok és a szövetségi rendszerek stratégiai gondolkodásában. Hatalmas lehetőséget is nyújt az emberiség számára, ugyanakkor olyan mértékű kihívást jelent, amelynek csak világméretű összefogással lehet megfelelni. A 21. században már rendelkezünk azokkal a képességekkel, amelyekkel nemcsak a földi környezetünket, de a Föld-közeli űrt is képesek vagyunk alakítani.

Kulcsszavak: űrkörnyezet, űrszemét, környezetbiztonság

Human Presence in Space from an Environmental Security Perspective

Space is getting higher and higher importance in the strategic thinking of states and alliances. It is a great opportunity for the humankind as well, and at the same time it represents such a huge challenge that can be met only with global cooperation. In the 21st century, we already have all the necessary capabilities by which we can transform not only the natural and manmade environment surrounding us but also the near-Earth space environment.

Keywords: space environment, space debris, environmental security

Bevezetés

A Szputnyik–1 műhold 1957. október 7-i Föld körüli pályára juttatása az az esemény, amelytől az űrkorszak hivatalosan kelteződött. Az azóta eltelt 65 év mindennapjaink részévé tette a világűrrel kapcsolatos híreket, tudományos eredményeket. Az időjárás-előrejelzés egyik fő forrása a műholdak által a földi légkör és a világóceán állapotáról továbbított telemetrikus² adatok halmaza. Napjaink átfogó földfelszíni, légi és tengeri közlekedési rendszere időben és térben is függ a globális helymeghatározó rendszereket alkotó műholdak által továbbított időjelek vételi lehetőségétől. Úgy a távközlési rendszerek jelentős része, mint a globális pénzügyi rendszer szinkronban történő műkö-

¹ Vezető szakreferens (vezető mentor), Nemzeti Közszerológiai Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Felsőfokú Vezetőképző Intézet; e-mail: SzilagyiTibor@uni-nke.hu; ORCID: 0000-0002-7452-8989.

² Mérés adatok nagy távolságra való továbbítása, érzékelők messziről történő vezérlése.

dése, mind-mind azon eszközök megbízható működésétől függ, amelyeket az emberiség a világűr Föld-közelébe juttatott és folyamatosan üzemeltet.

Ugyanezen világűrbe telepített rendszerek biztosítják a globális éghajlatváltozás hatásainak nyomon követését, lehetővé téve a bioszféra egésze szempontjából kedvezőtlen vízrajzi, talajdegradációs és levegőminőségi változások különböző időtávra vonatkozó előrejelzését, a válaszlépések időbeni és hatékony előkészítését. A műholdakra telepített szenzorrendszerekből származik a természeti és civilizációs katasztrófák lefolyásáról beszerzett adatok jelentős része, lehetővé téve a célzott védekező/kármentő mechanizmusok időbeni mozgósítását.³

A Föld-közelébe világűr az a fizikai tér, ahol a globális biztonságot potenciálisan veszélyeztető emberi tevékenységről folyamatos adatokkal szolgáló civil és katonai kettős felhasználás vagy dedikáltan katonai célú műholdak keringenek.⁴

Előbbi – a teljességre nem törekvő – felsorolás talán elég példával szolgált arra vonatkozólag, hogy az űrkorszak tudományos eredményei és ennek következtében a világűr hasznosítására tett eddigi lépések milyen sokrétű hatást gyakorolnak mindennapjainkra.

A világűrben folyó emberi tevékenységek valós eredményeket felmutatni képes megvalósítására, a lehetőségek célirányos kutatására és szabályozott keretek közt történő végzésére számos állami (például NASA,⁵ Roszkoszmosz⁶), nemzetközi/regionális (ESA)⁷ és globális (UN OOSA,⁸ IADC⁹) szakosított szervezet jött létre, amelyek mindegyikének céljai közt szerepel az emberi civilizáció világűr közti egyre intenzívebbé és összetettebbé váló kölcsönhatások, különböző aspektusok (például humánegészségügyi, radiológiai, energetikai, gazdasági/pénzügyi, meteorológiai) szerinti vizsgálata.

A világűr biztosította lehetőségek ki- és felhasználása terén eddig elért eredmények és az esetenként emberi áldozattal járó kudarcok ugyanakkor rámutattak arra, hogy különösen az űrtechnológia terén tapasztalható gyors ütemű fejlődés nemcsak új lehetőségeket, de új kockázatokat és sebezhetőségeket is jelenthet. A világűr kutatás és -használat emberi tudásban, kutatási infrastruktúrában, innovációs képességben és pénzügyi forrás szükségletében megnyilvánuló erőforrás-igényes volta, valamint a feladatrendszerek összetettsége és magas fokú koordinációs igénye ugyanakkor rámutatott arra is, hogy a világűr és az ember kapcsolata csak globális szinten – az államok, nemzetközi szervezetek, nem kormányzati szervezetek, a tudományos közösség és a magánvállalatok összehangolt részvételével – értelmezhető.

A világűr és emberiség/ember viszonyának vizsgálata során a biztonsággal kapcsolatos kérdések mindig elsődleges fontosságúak voltak/lesznek. Különösen azt kell vizsgálni, hogy az ember űrbeli tevékenysége milyen hatással lehet az emberiség létére

³ PADÁNYI 2022; FARKAS et al. 2017.

⁴ Jelen tanulmánynak nem célja, hogy akár példálózó jelleggel bemutassa azokat a rendszereket, amelyek elemei életciklusukat tekintve különböző ideig a világűr Föld-közelébe tartózkodnak.

⁵ *National Aeronautics and Space Administration* – Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal.

⁶ *Федеральное космическое агентство* – Orosz Szövetségi Űrügynökség.

⁷ *European Space Agency* – Európai Űrügynökség.

⁸ *United Nations Office for Outer Space Affairs* – Egyesült Nemzetek Szervezete Világűriroda.

⁹ *Inter-Agency Debris Committee* – Űrügynökségek közti Űrszemét-koordinációs Bizottság.

és fejlődésére, az élő és élettelen természeti környezetre, valamint a világűr azon térségeire, ahol az emberi jelenlét egyre intenzívebben nyilvánul meg.

Előbbi gondolatmenetből következően felmerül a kérdés: az ember egyre fokozódó űrbeli jelenléte, a világűr emberi szervezetre és a technológiai rendszerekre gyakorolt többértékű hatása, valamint a világűrből a földi természetes és mesterséges rendszereket érő behatások következményei indokoltá teszik-e az (emberi) környezet,¹⁰ illetve a környezetbiztonság¹¹ fogalmi és tartalmi kiterjesztését a világűr Föld-közelі térségeire, az ember és az űrkörnyezet egymásra gyakorolt hatásainak fejlődés- és fennmaradás-fókuszú vizsgálatára.

Jelen tanulmány az emberiség Föld-közelі világűr közötti, minőségileg és mennyiségileg egyre erőteljesebbé váló kölcsönhatások okán, a környezetbiztonság fogalmi és tartalmi kiterjesztésének indokoltságát és lehetőségét vizsgálja.

A tanulmány összeállításánál alkalmazott kutatási módszer a tartalomelemzés volt. A kutatási szakasz során nem történt elsődleges adatgyűjtés, a megállapítások és eredmények a releváns források szekunder elemzésén alapulnak.

Űrstratégiák és nemzetközi szabályozás¹²

A világűr növekvő fontossággal bír az államok és a nemzetközi szervezetek stratégiai távlatokban gondolkodó szereplői számára, legyenek (szak)politikusok, gazdasági szereplők vagy a tudományos élet képviselői. Az emberi elme azon tulajdonságai, mint a kíváncsiság, a tudásszomj és az anyagi javak birtoklása iránti vágy, azok a hajtóerők, amelyek folyamatosan a világűr – mint kiaknázásra váró térség és lehetőség – felé irányítják a figyelmünket.

A világűr sajátos fizikai jellemzőkkel bíró térséget jelent, ezért az általa támasztott kihívások olyan különleges megoldások alkalmazását igénylik, amelyek tudás- és erőforrás-intenzív voltak okán csakis stratégiai távlatokban értelmezhetők, folyamatos költség–haszon–kockázat elemzések útján, a legfrissebb tudományos/technológiai eredményeket integrálni képes proaktív innovációs térben valósulhatnak meg.

Az *Európai Unió Űrstratégiája*¹³ megállapítja, hogy a világűr hatalmas lehetőséget jelent Európa számára, amely ugyanakkor olyan méretű kihívást is képvisel, amelynek csak globális összefogással lehet megfelelni. Leszögezi, hogy nincs olyan tagállam, amely egyedül fel tudná vállalni a terheket, ezért az Európai Uniónak egységben és felelősséggel kell hozzájárulnia az átfogó kihívásokhoz. Ugyanakkor Európa nem engedheti meg magának, hogy lemaradjon a világűr jelentette lehetőségek kiaknázásában, ellenkezőleg,

¹⁰ GALLÉ 2012: 21.

¹¹ HALÁSZ–FÖLDI 2014: 16.

¹² A tanulmány olyan országok és nemzetközi szervezetek világűrrrel kapcsolatos forrásait dolgozza fel, amelyek értékrendje közös, érdekeik hasonlóak, továbbá céljaik megvalósítása érdekében hagyományosan együttműködnek egymással; lehetővé téve ezzel az egységes szempontok szerinti elemzést.

¹³ COM (2016) 705 final. *Space Strategy for Europe* 2016: 2.

az élen kell járnia, építve a meglévő tudásbázisra és célzottan felhasználva a tőkebefektetéseket.¹⁴

A NATO (a továbbiakban: Szervezet) *Átfogó Űrirányelve*¹⁵ aláhúzza, hogy a világűr jelentősége növekszik a Szervezet egészének biztonsága és fejlődése szempontjából. Olyan területek, mint az időjárási jelenségek figyelemmel kísérése, a környezet, a mezőgazdaság, a szállítás, a tudomány, a kommunikáció és a bankszektor mind-mind előnyt kovácsolhatnak az űrszektor fejlődéséből. Kiemeli, hogy a világűr használata fokozta a szövetségesek és a NATO veszély-előrejelző képességeit, lehetővé téve, hogy gyorsabban, hatékonyabban és célzottabban reagálhassanak a kialakuló válságokra. A világűr hasznosításának fokozatos fejlődése, valamint az űrtechnológia terén bekövetkezett ugrásszerű fejlődés új lehetőségeket, ugyanakkor új kockázatokat és potenciális fenyegetéseket is jelentenek a Szervezet és tagjai biztonságára nézve. Rámutat, hogy napjainkban az űrbe való feljutás és annak használata nem csak azon néhány nemzet előjoga, amely rendelkezik az eszközök felbocsátásának, valamint azok űrbeli működtetésének technikai képességével.¹⁶

Az *Amerikai Egyesült Államok (USA) Nemzeti Űrirányelve*¹⁷ – miközben kinyilvánítja vezető szerepét a világűrnek az emberiség közös jóléte érdekében történő hasznosításában – többek között a következő alapelveket fogalmazza meg a világűrben végrehajtott műveletek vonatkozásában:

- a nemzetek közös érdeke, hogy felelősséggel tevékenykedjen a világűrben a biztonság, a stabilitás és az űrtevékenységek hosszú távú fenntarthatósága érdekében;
- minden országnak joga van – az emberiség egésze érdekében és összhangban a vonatkozó jogszabályokkal – a világűr felfedezéséhez és békés célú használatához.¹⁸

Leszögezi, hogy az USA:

- vezeti az együttműködést a kölcsönösen előnyös űrtevékenységek terén, amelyek az egész emberiség javát szolgálják;
- biztonságos és fenntartható környezetet teremt az űrtevékenységek számára, különös tekintettel a Föld körüli űrtörmelék csökkentésére vonatkozó intézkedésekre;
- az űrindíttatású tudományos és gazdasági képességek művelése és fejlesztése útján növeli az emberiség egészének életminőségét.¹⁹

Az Egyesült Királyság (UK) űrügynöksége által kiadott *Polgári Űrstratégia 2012–2016* című dokumentum²⁰ rögzíti, hogy az olyan témakörök alapos ismerete, mint

¹⁴ COM (2016) 705 final. *Space Strategy for Europe*: 13.

¹⁵ NATO overarching Space Policy 2022.

¹⁶ NATO overarching Space Policy 2022: 1.

¹⁷ National Space Policy of the United States of America 2020.

¹⁸ National Space Policy of the United States of America: 3.

¹⁹ National Space Policy of the United States of America: 5–6.

²⁰ Civil Space Strategy 2012–2016 2012: 4.

a szélsőséges űridőjárás²¹ hatásai, valamint az űrhulladékok kezelése, állandó odafigyelést igényel. Kijelenti, hogy UK központi szerepet tölt be az új alkalmazások kifejlesztésében, amelyek segítséget nyújtanak az olyan kritikus globális problémák kezelésében, mint a természeti erőforrásokkal való gazdálkodás, az éghajlatváltozás megértése és a lehetséges válaszok kidolgozása, az épített környezet tervezése és folyamatos figyelemmel kísérése.²²

*Magyarország űrstratégiája*²³ az alábbi stratégiai célokat határozza meg:

- az űrszektorban rejlő, a nemzetgazdaság egészét érintő innovációt és fenntartható növekedést ösztönző lehetőségek kiaknázása;
- Magyarország nemzetközi szerepének erősítése, kapcsolatainak szélesítése, illetve a koordináció szervezeti kereteinek megteremtése;
- az űrszektor fellendüléséhez elengedhetetlen, tudásalapú társadalmi és gazdasági feltételek és infrastrukturális háttér fejlesztése.²⁴

A stratégia megállapítja, hogy a technológiai fejlődés, az űr hasznosítása terén már a kisebb országok előtt is megnyitotta az utat, amelyek akár már középtávon is meghatározó űripari, űrtechnológiai képességekre tehetnek szert. Víziójában a stratégia olyan csírájukban már létező szolgáltatásokban lát valóságos esélyt az ország számára, mint az űridőjárás-előrejelzés, az űrerőforrás-kutatás és -hasznosítás, az űrkémia és -biológia, vagy a Hold körüli kommunikáció. A hatályos *Nemzeti Biztonsági Stratégia*²⁵ 73. pontjában foglaltakkal összhangban, a nemzeti biztonságra különös hangsúlyt fektetve leszögezi, hogy a világűrbe telepített eszközök nélkül elképzelhetetlen a modern hadviselés.

Anélkül, hogy akár érintőlegesen is elemzésnek vetnénk alá az űrre, az ott folyó tevékenységekre vonatkozó hatályos nemzeti szabályzókat,²⁶ tekintsünk át röviden a világűrre vonatkozó nemzetközi jogi szabályzók közül két ENSZ-dokumentumot, nevezetesen a *Szerződés a világűr – beleértve a Holdat és más égitesteket – kutatásában és felhasználásában az államok tevékenységét szabályozó elvekről*²⁷ (*Világűr Szerződés*), valamint a *Világűr békés felhasználásával foglalkozó bizottság űrszemét-csökkentési iránymutatásai*²⁸ (*Iránymutatás*) címűt.

Az 1967. január 27-én elfogadott *Világűr Szerződés* keretszerződésként szabályozza a részes államok tevékenységét a világűr békés, együttműködésen alapuló, az emberiség egészének előnyére történő felfedezése és használata terén. Jelen tanulmány szempontjából kiemelendő a IX. cikk, amely kimondja, hogy:

²¹ A Nap hatása egy égitest közvetlen környezetére, légkörére, ionoszférájára, magnetoszférájára.

²² *Civil Space Strategy 2012–2016* 2012: 12.

²³ 1606/2021. (VIII. 18.) Korm. határozat Magyarország űrstratégiájának elfogadásáról.

²⁴ 1606/2021. (VIII. 18.) Korm. határozat: 7.

²⁵ 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.

²⁶ A tanulmány témája nem indokolja, a terjedelmi korlátok pedig nem teszik lehetővé, hogy a nemzetek világűrre vonatkozó belső jogi környezetét elemezze.

²⁷ Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies. 2017.

²⁸ Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space 2017

„A szerződés részes Államai kötelesek úgy tanulmányozni és felfedezni a világűr, beleértve a Holdat és más égitesteket, hogy elkerüljék azok káros beszennyezését, valamint hogy káros változásokat okozzanak a földi környezetben bármely Földön kívüli anyag behurcolása által, valamint ahol szükséges, meg kell tenniük a szükséges megelőző intézkedéseket.”²⁹

Az ENSZ Közgyűlése által 2007. december 22-én jóváhagyott *Iránymutatás* a tagállamok és nemzetközi szervezetek önkéntesen bevezetett, de kötelező intézkedésére bízva a dokumentumban rögzített, alábbi tartalmú iránymutatásokban foglaltak végrehajtását:

- normál műveletek során a hulladékok kibocsátásának korlátozása;
- a műveletek fázisai során a roncsolódás lehetőségének megelőzése;
- a röppályán való véletlen ütközések bekövetkeztének korlátozása;
- a szándékos rombolás és egyéb káros tevékenységek elkerülése;
- a tárolt energia következtében a műveletek befejezését követő roncsolódás lehetőségének minimalizálása;
- az űrhajók és rakéták keringési pályán lévő fokozatainak Föld-közelében röppályán való hosszú idejű jelenlétének korlátozása feladatuk befejezése után;
- annak korlátozása, hogy küldetésük befejeztét követően az űrhajók és rakéták keringési pályán lévő fokozatai hosszú távon zavarják a geoszinkron Föld körüli röppályákat.

A fentiekben – a tanulmány szempontjából releváns részeit kiemelve – bemutatott űralapelvek- és stratégiák, valamint keretszabályzók főként a gazdasági fejlődés új irányát és térségét vizionálják az űrben. Szabályozott keretek között, együttműködés útján elérhető lehetőségként értelmezik, amely a tudományos-technikai fejlődés jelenlegi fókán a Földre és az emberiségre visszaható, főképp gazdasági jellegű fejlődést és gyarapodást segítheti elő. Az igazán távlatokban gondolkodók már látják azokat a veszélyeket is, amelyeket az űrben folyó tevékenységek jelenthetnek akár már rövid távon is.

Földi környezet, űrkörnyezet és környezetbiztonság³⁰ – emberközpontú összevetés

Az ember környezete szűken értelmezve a bioszféra azon része, ahol az élethez szükséges létfeltételek rendelkezésre állnak. Az emberi környezet kiterjesztett értelmezésének alapvető indoka az, hogy egyrészt az ember az egyetlen gerinces faj, amely a Föld valamennyi térségében jelen van, ha szükséges, mesterségesen teremtmeg a létfeltételeket. Másrészt rendelkezünk azokkal a képességtöbbszörözőkkel (technológia, eszköz, módszer), amelyekkel nemcsak a természetes szárazföldi közegünkben vagyunk képesek mesterséges környezetet (települések, közlekedési infrastruktúra, bányászati tevékenység) kialakítani, de minden olyan természeti közegben, amelyhez valamilyen társadalmi, valamint gazdasági érdekünk fűződik. Ezáltal korunkra a földi környezet

²⁹ A szerző fordítása.

³⁰ Jelen tanulmánynak nem célja a biztonság fogalmában, illetve összetevői bővülésében főképp az utóbbi három évtizedben bekövetkezett átalakulást bemutatni.

szinte egésze emberi környezetté vált, utat nyitva a hagyományos környezetértelmezés emberközponthú megközelítésének.

Űrkörnyezetről az űrkorszak kezdetétől beszélünk. Minden olyan mesterséges tárgyat – beleértve azok alkotóelemeit és részegységeit – értünk alatta az ESA *Éves Űrkörnyezet Jelentése* szerint, amely jelenleg vagy a múltban Föld körüli pályán tartózkodott.³¹ Már maga a meghatározás is emberközponthú, hiszen űrkörnyezet alatt az emberiség által a Föld-közeli űrbe valaha is feljuttatott mesterséges tárgyakat érti.

Megállapítható tehát, hogy mind a földi környezet, mind az űrkörnyezet értelmezésének közös pontja maga az ember, amely mindkét térségben jelen van, és azokat mesterségesen képes befolyásolni.

A környezetbiztonságnak többféle értelmezése létezik. Barry Buzan az *Új mintázatok a 21. század globális biztonságában*³² című munkájában, az átfogóan értelmezett biztonság elemei – katonai, politikai, gazdasági, szociális – között ötödikként a környezetbiztonságra is kitér, és annak a földi bioszférának a biztonságát érti alatta, amelyen, mint támogató rendszeren, a teljes emberi faj léte és minden tevékenysége nyugszik.

Nicole Detraz és Mitchele M. Betsill *Éghajlatváltozás és környezetbiztonság: amiért az értelmezés változik* című tanulmányukban³³ környezetbiztonság alatt a környezeti degradáció emberiségre gyakorolt negatív hatásait értik, különös tekintettel azon környezeti folyamatokra, amelyek biztonsági kockázatot jelentenek az emberi populációra.³⁴

Roland Dannreuther *International Security (Nemzetközi Biztonság)* című művében³⁵ kifejti, hogy a környezetbiztonság fogalmának alkalmazása azért szükséges, mivel kézzel foghatóan jeleníti meg a környezet és az ember közötti egyre intenzívebb kölcsönhatások törékeny voltát.

Halász László és Földi László *Környezetbiztonság* című egyetemi jegyzete a környezetbiztonság fogalmának megalkotása során cselekvő kölcsönhatást mutat be a környezeti tényezők és az emberi közösségek között, és azt az állapotot tekinti mindkét fél (ti. ember és környezet) szempontjából biztonságosnak, amikor sem az ember a maga technológiai jellegű beavatkozásaival, sem a környezet a természeti folyamatok által nem veszélyeztetik egymást.³⁶

A földi és az űrkörnyezet, valamint a környezetbiztonság különböző megközelítésű értelmezéseinek fogalmi és tartalmi összevetését követően megállapítható, hogy az emberiség, mint cselekvő – egyre inkább beavatkozó – résztvevő az a közös pont, amely mind-egyik viszony- és kölcsönhatásrendszerben tevékenységei és azok hatásai által jelen van. Az emberiség tudása, technológiai fejlettsége okán esetenként már a környezeti tényezők építő-romboló folyamataival megegyező hatású szereplőként vesz részt környezetének társadalmi, továbbá gazdasági érdekeinek megfelelő alakításában. Az emberi civilizáció eddigi története a földi környezet belakásáról – közösségei előnyére történő használatáról,

³¹ ESA's Annual Space Environment Report 2021: 9.

³² BUZAN 1999.

³³ DETRAZ–BETSILL 2009.

³⁴ DETRAZ–BETSILL 2009: 306.

³⁵ DANNREUTHER 2016.

³⁶ HALÁSZ–FÖLDI 2014: 16.

átalakításáról – szólt, az űrkorszak kezdetével ez a szisztematikus, megismerés/kiaknázás célzatú humán hatás kiterjed a világűr Föld-közelі környezetére is.

Mivel az emberiség a természetes és mesterséges földi környezeten túl a Föld-közelі űrtérşegben – egyelőre korlátozott létszámban/ıdőtartamban fizikálisan, de fıképp esz-közrendszerei által – is jelen van, ezért a környezet fogalmának és tartalmának antropocentrikus megközelítése indokolja, hogy mind a környezet fogalmát és tartalmát, mind a környezet és az ember kölcsönhatásai térben kibővült értelmezési tartományát, a környezetbiztonság fogalmát és tartalmát is kibővítsük.

Ember az űrben – következmények az emberiségre és kiterjedt környezetére nézve

Amióta az ember elıször felnézett az égre, tapasztalja, hogy így vagy úgy, de hatással van rá mindaz, ami „fentrıl érkezik”. Amióta viszont tudományos céllal és módszerekkel vizsgáljuk, elemezzük és értékeljük a világűrbelı érkezı fizikai tényezıknek a földi környezetre, benne az emberre és környezetére gyakorolt közvetlen és közvetett hatását, egyre inkább tisztában vagyunk az ok-okozati összefüggésekkel, valamint a következményekkel is.³⁷

Az elı, az emberiség íratlan és írott emlékezete³⁸ által megörzött, valamint a régészeti/archeobiológiai feltárások tárgyi bizonyítékai által alátámasztott – olykor kataklizmusos következményekkel bíró³⁹ – elı földön kívüli hatást azok a meteoritok⁴⁰ jelentik a földi természetes és mesterséges környezetre, amelyek méretüktıl, összetételüktıl, illetve becsapódási helyüktıl függően pusztítást vihettek végbe.⁴¹

A következı, a földi környezetre, de különösen az éghajlatra, az élıvilágra (benne az emberiségre) jelentıs hatást gyakorló külsı hatást az űridıjárás jelenti. Az űridıjárás a Napból kiáramló intenzív sugárzás, valamint a nagyenergiájú töltött részecskék alkotta anyagáramok által jelentıs hatást gyakorol mind a földi, mind a Föld-közelі űrkörnyezetre. A Nap mágnesesen aktív területeirıl indulnak ki a napkitörések,⁴² amelyek során az elektromágneses spektrum különbözı tartományába (például rádióhullámok, röntgensugárzás, ibolyántúli sugárzás) tartozó sugárzások hagyják el központi csilla-

³⁷ A dolgozat nem tekinti feladatának, hogy a Napból, a Naprendszerbıl, a világűr külsı térségeibıl érkezı fizikai hatásoknak a földi élet kialakulására, az állati és növényi törzşfejlődésre gyakorolt következményeit áttekintse.

³⁸ Az elı hiteles modern kori eset 1954. november 30-án történt az Egyesült Államokban, ahol egy, a lakóház tetıszerkezetén áthatoló meteorit eltalált egy embert, aki komoly séröléseket szenvedett.

³⁹ A dinoszauruszok tömeges kihalását egy, a földtörténeti kréta korban bekövetkezett meteoritbecsapódás közvetlen és közvetett következményei okozták.

⁴⁰ A világűrbelı érkezı természetes tárgy (kızet, fém vagy kızet és fém összetételü), amely a földi légkörbe érve nem semmisül meg, eléri a felszínt. Általánosságban meteorit egy tárgy bármely égitest felszínén, amely az űr más részébıl származik.

⁴¹ Ugyanakkor a meteoritok pozitív hatást is gyakoroltak az emberiségre, hiszen a vasérc feldolgozása és a nyersvas elıállítás technológiájának ismerete elıtt a földfelszínen talált vasmeteoritok képezték az egyetlen hozzáférhetı nyersvasforrást. (A szerzı megjegyzése.)

⁴² Sun flare – a Nap felszínén kipattanó hatalmas energiájú robbanás.

gunkat. A kitörések során nagy energiájú protonok, elektronok is kidobódnak. Az aktív területeken történnek koronakidobódások is, amelyek során több ezer km/mp sebességgel milliárdtonnányi anyag hagyja el a Napot. Központi csillagunk légkörének külső rétegéből indul ki a napszél, amely elérve a mágneses térrel rendelkező égitestek – így a Föld – mágneses terét, eltorzítja annak szimmetrikus alakját, a Nap felőli oldalán mintegy benyomva azt. Az így deformálódott mágneses tér nem képes a koronakidobódások által szállított anyagáramot teljes mértékben elterelni, így kialakul a geomágneses vihar, amely mind az űrben keringő műholdakban/űrállomásokban/űrjárművekben, mind a földfelszíni elektromos hálózatokban jelentős kárt okozhat, valamint zavarokat vált ki a felső légköri rádióhullám terjedésében is.⁴³

Az embernek a Föld-közelí űrtérre gyakorolt hatását, a maga anyagiasult világában, elsősorban az ide eljuttatott technikai eszközök (hordozóeszközök és részegységek, műholdak), valamint az ember űrben való huzamosabb idejű tartózkodását lehetővé tevő mesterséges környezet (űrállomások, űrhajók, űrrepülőgépek) kialakítása jelenti. Az ember és eszközei ezen űrtérben való, immár tartósnak mondható jelenléte kölcsönhatás-mechanismusok kialakulásához vezetett, amelyet szűken értelmezve az előző fejezetben bemutatott űrkörnyezet fogalma és tartalma ír le. Az ember–űr kölcsönhatás azon funkciójukat veszített (elhasználódott, meghibásodott) eszközökben, ezen eszközök és tárgyak pályájukon való összeütközésük során keletkezett törmelékben fogható meg legközvetlenebbül, amelyeket az űrrel foglalkozó tudomány űrszemétnek⁴⁴ (*space debris*) nevez. A tudományos szakirodalom, valamint az űrszemét kérdéskörével (felszámolás, begyűjtés, újrafelhasználás, ütközések megelőzése) foglalkozó szervezetek az azonosított űrszemét⁴⁵ kategóriájába sorolják:

- azon rakományokat, beleértve a műholdakat és beszabályzó eszközeiket, de kizárva a hajtóműveket, amelyek űrbeli feladattal bírtak;
- az előbbi eszközök működésbe helyezéséhez szükséges eszközöket, amelyek az űrben maradtak;
- az előbbi rakományok véletlen vagy szándékosan előidézett ütközése eredményeképpen képződött törmelék;
- a rakéták gyorsító fokozatait, beleértve a hajtóműveket is;
- a rakétákról levált részegységek törmelékét.

Az űrszemét (darabszám,⁴⁶ össztömeg, érintett térség/röppálya) okozta problémakör sokrétű:

⁴³ KECSKEMÉTHY 2016.

⁴⁴ Valamennyi funkcióját veszített mesterséges tárgy, beleértve részegységeit és darbjait, amely Föld körüli pályán kering, vagy visszatér a Föld légkörébe (a szerző fordítása). *ESA's Annual...* 2021: 9.

⁴⁵ Az űrszemét kategorizálásának két alaptípusa létezik: az egyik, amely visszavezethető valamely indítási eseményhez, küldetéshez (azonosított), és amely nem köthető ilyen eseményekhez (azonosítatlan).

⁴⁶ Már az Űgynökségközi űrszemétjelentés 1995-ös nyilvántartása szerint is mindösszesen 7929 darab volt a követett (azonosított) űrszemét száma. *Interagency Report on Orbital Debris* 1995: 11.

- az űrszemét jelenléte önmagában is gond, hiszen az űrkorszak beköszöntéig ez a térség az ember által érintetlen, tiszta volt;⁴⁷
- az alacsony (LEO)⁴⁸ és geoszinkron (GEO)⁴⁹ keringési pályák esetén kritikus az űrszemét jelenléte, mivel ezen keringési pályákon kering a legtöbb, tartósan az űrbe feljuttatott eszköz (kommunikációs, navigációs műholdak). Erre utal a Kessler-szindróma is;⁵⁰
- a további űreszközök felbocsátása szempontjából is gondot jelent az űrszemét jelenléte, hiszen komoly képességeket igényel azon „tér- és időablakok” kiszámítása, ahol és amikor a felbocsátott űreszköz nem ütközik űrszemétbe;
- az űrállomásokon tartózkodó személyzet életfeltételei biztosítása szempontjából kritikus fontosságú, hogy akár mikroméretű osztályba tartozó űrszemét se csapódjon az űrállomásba;
- sajátos problémát jelenthet azon, tervezetten, megsemmisítési céllal a földi légkörbe visszajuttatott űrszemét, amely a légkörbe lépést követően nem ég el teljes mértékben, és darabjai/törmelékei lakott területen földet érve kárt tehetnek emberéletben, illetve jelentős anyagi kárt is okozhatnak;
- bár definíció szerint nem tartoznak az űrszemét kategóriába, de jellemzőiket tekintve idesorolhatók (ti. használaton kívüli vagy meghibásodott, ember által az űrbe juttatott tárgyak) a Hold- és Mars-küldetések immár funkciójukat veszített, használaton kívüli vagy meghibásodott eszközei (leszálló egységek, holdjárók és Mars-járók, műszerek, eszközök), ezek törmelékei.⁵¹

Az űrszemét jelentette probléma- és feladatkör komoly kihívást jelent az űrkutatás elméletével és gyakorlatával foglalkozó országoknak és szervezeteknek. Az űrkorszak kezdetétől fogva több űrszemét kering bolygónk körül, mint működő műhold. A problémával először az USA-ban kezdtek el foglalkozni az 1960-as években, míg a nemzetközi közösség csak jóval később kapcsolódott be. 1993-ban alakult meg az Ügynökségközi Űrszemét-koordinációs Bizottság (*Inter-agency Space Debris Coordination Committee*, IADC), amelynek napjainkra már 13 űrügynökség a tagja.

⁴⁷ Különös fontosságú azon kis méretű, hasadó üzemanyagot tartalmazó reaktorok vagy sugárzó izotópot tartalmazó generátorok esete, amelyek Föld-közei keringési pályákon az 1980-as évekig voltak használatban, és feladatukat teljesítve, hosszú idejű keringési pályákon keringenek a Föld körül. *ESA's Annual...* 2021: 43.

⁴⁸ Low Earth Orbit – alacsony Föld körüli keringési pálya. A földfelszíntől számított 160–1000 km távolságra lévő pályák. A műholdak keringési sebessége 7,8 km/mp körüli (ESA).

⁴⁹ Geosynchronous Earth Orbit – geoszinkron keringési pálya. Különleges esete a geostacionárius keringési pálya, amely földfelszíntől számított távolsága 35 786 km. Az itt működő műholdak keringési ideje 23 óra 56 perc 4 másodperc, megegyezik a Föld tengely körüli forgási idejével (ESA).

⁵⁰ Donald J. Kessler NASA-kutató 1978-ban arra hívta fel a figyelmet, hogy a műholdak ütközései során keletkező törmelék jelentősen megnöveli az újabb ütközések esélyét, és öngerjesztő folyamattá válhat.

⁵¹ Szemléletes példával szolgált a WE0913A jelzésű, hivatalosan is űrszemétnek minősített objektum, amely 2022. március 4-én csapódott a Holdba, és amely a NASA számításai szerint a kínai Csang'e-5-T1 űrszondát az űrbe juttató, 2014. október 23-án felbocsátott Hosszú Menetelés 3C rakétának a gyorsító fokozata volt.

Az USA kormánya által 2019-ben kiadott *Űrszemétkezelési szabványos megoldások* című dokumentum⁵² – miközben öt kategóriába⁵³ sorolva nyújt útmutatást az űrszemét kezelésére – általános feladatként fogalmazza meg az űreszközök, hordozók és missziók olyan szempontú tervezését és kivitelezést, amely eleve minimalizálja az űrszemét véletlen vagy szándékosan előidézett képződését. Az okmányban foglalt módszerek és feladatok megoldását segítik azok a szimulációs, tervezési és technológiai megoldások, amelyeket már az *Űrszemét – műszaki áttekintés* című tanulmány⁵⁴ is felsorakoztatott.

Az Európai Űrügynökség az *ESA Agenda 2025* című kiadványában⁵⁵ azt az ambíciózus célt tűzi ki, miszerint 2030-ra az ESA lesz a világon az első űrügynökség, amely a technológiai fejlődés eredményeit a gyakorlatban alkalmazva törekszik az űr űrszemétképződés nélküli használatára, illetve az űrszemét felszámolására. Az első aktív űrszemétbegyűjtő küldetést 2025-re prognosztizálta, 800 km-es keringési pályán fogva be a kijelölt tárgyat.⁵⁶

Napjainkra bebizonyosodott, hogy az űrszemét jelentette globális problémát nemzetközi összefogással, szabványos eljárások alkalmazásával, már az eszközök és missziók tervezésének kezdetétől az űrszemétképződés megelőzésére koncentrálni lehet csak kezelni és távlatosan – lehetőleg az újrahasznosítás, a körkörös gazdaság modelljét követve – megoldani.

Összegzés, következtetések

A világűr egyre nagyobb jelentőségű az államok és a szövetségi rendszerek stratégiai gondolkodásában. Az űr által támasztott kihívások olyan különleges megoldások alkalmazását igénylik, amelyek tudás- és erőforrás-intenzív voltak okán csakis stratégiai távlatokban értelmezhetők, folyamatos kockázatelemzések útján, a legfrissebb tudományos/technológiai eredményeket integrálni képes innovációs térben valósulhatnak meg.

Ezzel együtt a világűr hatalmas lehetőséget jelent az emberiség számára, amely ugyanakkor olyan méretű kihívást is képvisel, amelynek csak világméretű összefogással lehet megfelelni. A világűr hasznosítására tett erőfeszítések fokozatos kiteljesedése, valamint az űrtechnológia terén bekövetkezett ugrásszerű fejlődés új lehetőségeket, ugyanakkor új kockázatokat is jelentenek.

Napjainkra elfogadottá vált, hogy olyan módon tanulmányozzuk a világűrt, hogy elkerüljük annak és a földi környezetnek a további szennyezését. A 21. században már rendelkezünk azokkal a képességekkel, amelyekkel nemcsak a természetes közegünkben vagyunk képesek mesterséges környezetet kialakítani, de minden olyan közegben – így

⁵² Orbital Debris Mitigation Standard Practices 2019.

⁵³ Normál működés, véletlen robbanások, biztonságos keringési pályák tervezése, küldetés utáni feladatok, különleges esetek. *Orbital Debris...* 2019: 2–8.

⁵⁴ Orbital Debris – A technical assessment 1995.

⁵⁵ ESA Agenda 2025. 2021.

⁵⁶ *ESA Agenda 2025*. 2021: 9.

az űrben is –, amelyhez valamilyen érdekünk fűződik. Ezáltal korunkra a környezet mindegyik eleme az emberi környezet elemévé vált.

Megállapítható: ahogy a földi környezet emberközpontú, úgy az űrkörnyezet is azzá vált, hiszen közös pontjuk maga az ember, amely mindkét térségben jelen van, azokat mesterségesen képes befolyásolni. Az emberiség tudományos-technológiai fejlettsége, a földi és az űrkörnyezetre gyakorolt hatáspotenciálja már-már összevethető a természeti folyamatok építő/romboló hatásaival.

Mivel az emberiség a természetes és mesterséges földi környezeten túl a Föld-közelі űrtérségben is jelen van, ezért a környezet fogalmának és tartalmának antropocentrikus megközelítése alapján javasolt mind a környezet fogalma és tartalma, mind – a környezet és az ember kölcsönhatásai térben kibővült értelmezési tartománya okán – a környezet-biztonság fogalma és tartalma kibővítése indokoltságának vizsgálata.

Felhasznált irodalom

- 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.
1606/2021. (VIII. 18.) Korm. határozat Magyarország űrstratégiájának elfogadásáról.
- BUZAN, Barry (1991): *New Patterns of Global Security in the Twenty-First Century. International Affairs*, 67(3), 431–451. Online: www.jstor.org/stable/pdf/2621945.pdf?refreqid=excelsior%3A16e94f415f257847dc0242bde2208013
- Civil Space Strategy 2012–2016*. (2012). Swindon: UK Space Agency. Online: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/286219/uk-space-agency-civil-space-strategy.pdf
- COM (2016) 705 final. *Space Strategy for Europe* (2016). Brussels: European Committee.
- DANNREUTHER, Roland (2016): *International Security*. Budapest: Antall József Tudásközpont.
- DETRAZ, Nicole – BETSILL, Michele M. (2009): Climate Change and Environment Security: For Whom the Discourse Shifts. *International Studies Perspectives*, 10(3), 303–320. Online: <https://doi.org/10.1111/j.1528-3585.2009.00378.x>
- ESA Agenda 2025 (2021). Párizs: Európai Űrügynökség. Online: https://esamultimedia.esa.int/docs/ESA_Agenda_2025_final.pdf
- ESA's Annual Space Environment Report (2021). Darmstadt: European Space Agency Space Debris Office. Online: www.sdo.esoc.esa.int/environment_report/Space_Environment_Report_latest.pdf
- FARKAS Ádám et al. (2017): A Magyar Honvédség feladatai, szerepének és helyzetének jogi aspektusai a tömeges migráció kapcsán. In: TÁLAS Péter (szerk.): *Magyarország és a 2015-ös európai migrációs válság*. Budapest: Dialóg Campus Kiadó.
- GALLÉ László (2012): Ökológiai alapok. In GALLÉ László (szerk.): *Természet- és tájvédelem*. Veszprém: Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézet, 10–81.
- HALÁSZ László – FÖLDI László (2014): *Környezetbiztonság*. Budapest: Nemzeti Közszoigálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar.
- Interagency Report on Orbital Debris* (1995). Washington: The National Science and Technology Council Committee on Transportation Research and Development. Online: www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/iar_95_document.pdf

- KECSKEMÉTHY Károly (2016): *Nap–Föld kölcsönhatások, a bolygók plazmakörnyezete*. Budapest: Wigner Fizikai Kutatóközpont Űrfizikai és Űrtechnológiai Osztály. Online: <https://slideplayer.hu/slide/11307017/>
- National Space Policy of the United States of America* (2020). Washington D.C.: Federal Register. Online: <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2020/12/National-Space-Policy.pdf>
- NATO overarching Space Policy* (2022). Brussels: NATO. Online: www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_190862.htm
- Orbital Debris – A technical assessment* (1995). Washington D.C.: Committee on Space Debris, National Academy Press. Online: www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/a-technical-assessment.pdf
- Orbital Debris Mitigation Standard Practices* (2019). Washington D.C.: U.S. Government. Online: www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/usg_orbital_debris_mitigation_standard_practices_november_2019.pdf
- PADÁNYI József (2022): *Kihívások, kockázatok, válaszok. Az éghajlatváltozás okozta kihívások és azok hatása a katonai erőre*. Budapest: Ludovika.
- Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (2017). In *International Space Law: United Nations Instruments*. Vienna: United Nations Office. 89–93. Online: www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2017/stspace/stspace-61rev_2_0_html/V1605998-ENGLISH.pdf
- Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies (2017). In *International Space Law: United Nations Instruments*. Vienna: United Nations Office. 3–9. Online: www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2017/stspace/stspace61rev_2_0_html/V1605998-ENGLISH.pdf