

XXIV. KGYTK

2025

**Túlzsúfolt világűr:
Az emberiség kozmikus öröksége**

Készítette: Paucsik Norbert, 8/b osztályos tanuló

Iskola neve: Orosházi Református Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola

Iskola postacíme: 5900 Orosháza, Előd utca 17.

Konzulens tanár neve: Dr. Túri Sándorné

A pályamunka kategóriája: Ismeretterjesztő

A pályamunka szekciója: Természettudomány

Tartalom

BEVEZETÉS	3
1. A VILÁGŰR	4
2. AZ ŰRKUTATÁS TÖRTÉNETE.....	6
2.1. AZ ŰRKUTATÁS ÚTTÖRŐI.....	6
2.2. AZ ŰRUTAZÁS HŐSKORA.....	9
2.3. AZ ŰRKUTATÁS NAPJAINKBAN	10
3. AZ ŰRSZEMÉT ÉS ANNAK VESZÉLYEI.....	10
3.1 KOZMIKUS HULLADÉK	11
3.2 A KOZMIKUS HULLADÉK VESZÉLYEI AZ ŰRBEN.....	11
3.3 A KOZMIKUS HULLADÉK NYOMONKÖVETÉSE	13
3.4 NEMZETKÖZI ÖSSZEFOGÁS AZ ŰRSZEMÉT ELLEN	14
3.5 A KOZMIKUS HULLADÉK VESZÉLYEI A FÖLDÖN	16
4. AZ ŰRSZEMÉT GAZDASÁGI ÉS TÁRSADALMI HATÁSAI.....	16
5. BALESETEK AZ ŰRSZEMÉTTTEL	18
6. INTERJÚ FARKAS BERTALANNAL.....	19
7. JÖVŐBELI TERVEIM	21
8. ÖSSZEFOGLALÁS	22
FELHASZNÁLT IRODALOM	23

BEVEZETÉS

„Annak érdekében, hogy mindannyiunk otthonát, a Földet megőrizzük unokáink unokái számára, muszáj az űr felé terjeszkednünk, hogy kiaknázzuk végtelen erőforrásait és energiáját.”

(Jeff Bezos)

Először akkor találkoztam az űrszemét fogalmával, amikor egy cikkben olvastam róla. Azonnal megdöbbenett, hogy milyen komoly problémát jelent az emberiség számára, és ahogy elkezdtem jobban beleásni magam a témába, egyre inkább megértettem a helyzet súlyosságát. Rájöttem, hogy nem csak távoli fenyegetésről van szó, hanem olyasmiről, ami már most is komoly veszélyeket rejt magában, és ha nem teszünk ellene valamit, a helyzet egyre rosszabb lesz. Számos baleset történt már az űrszemét következtében – nemcsak az űrben, hanem itt a Földön is. Ezért döntöttem úgy, hogy a dolgozatomat ennek a témának szentelem.



Szaúd-Arábiában lezuhant Delta-2 hordozórakéta harmadik fokozata¹

Elsősorban olyan kérdésekre keresem a választ, mint például, hogy mi motiválhatja az emberiséget az űrkutatásra? Hogyan fejlődött az űrkutatás az idők során? Milyen veszélyeket rejthet az űrszemét, mind az űrben, mind a Földön? Milyen baleseteket okozott eddig az űrszemét, és milyeneket okozhat a jövőben? Hogyan léphetünk fel az űrszemét problémája ellen, és milyen lehetőségeink vannak ennek megoldására?

Ez a téma azért különösen fontos számomra, mert úgy gondolom, hogy az űrkutatás és a bolygónk megóvása szorosan összefonódik. Ahogy az emberiség egyre messzebb

¹ <https://hu.wikipedia.org/wiki/%C5%B0rszem%C3%A9t>

merészkedik az űrben, úgy kell egyre felelősségteljesebben gondolkodnunk a világűr tisztaságának megőrzéséről.

1. A VILÁGŰR

A világűr pontos meghatározása számos kérdés elé állít minket. A legelső, hogy vajon hol kezdődik? A Föld légköre és a világűr között nincs éles határ. A Nemzetközi Asztronautikai Szövetség szerint a világűr határa az úgynevezett Kármán-vonal², amely a Föld felszíne felett körülbelül 100 kilométer magasan húzódik. Ez a határvonal különíti el a légkört a világűrtől, ahol már a légellenállás nem befolyásolja a repülést.

A Föld légkörének öt fő rétege van:

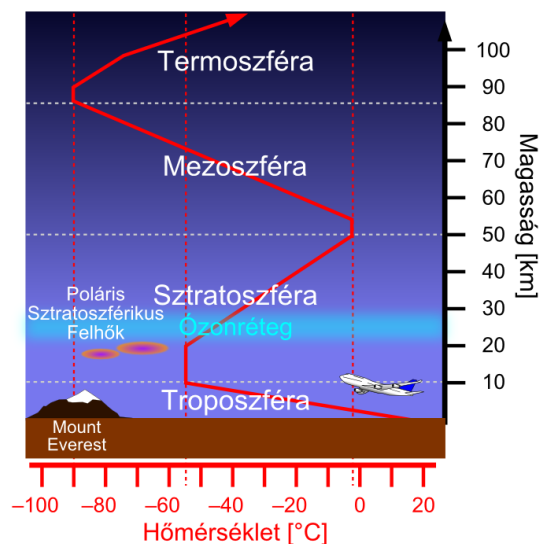
Troposzféra (10 km): Ebben a rétegben zajlanak az időjárási jelenségek.

Sztratoszféra (50 km): Itt található az ózonréteg, amely megvédi bolygónkat a káros UV-sugárzástól.

Mezoszféra (85 km): Ez a réteg már ritkább légkörű, és itt ég el a legtöbb meteoroid³.

Termoszféra (600 km): Itt keringenek a műholdak és a Nemzetközi Űrállomás (International Space Station, ISS).

Exoszféra: Ez a légkör legkülső rétege, ahol már légmolekulák is alig találhatók.



A Föld légkörének rétegei⁴

A kozmosz a világegyetem égitestei között lévő légüres térként van definiálva, a világűr azonban nem teljesen üres. Az egyik legnagyobb érdekessége, hogy hőmérséklete extrém

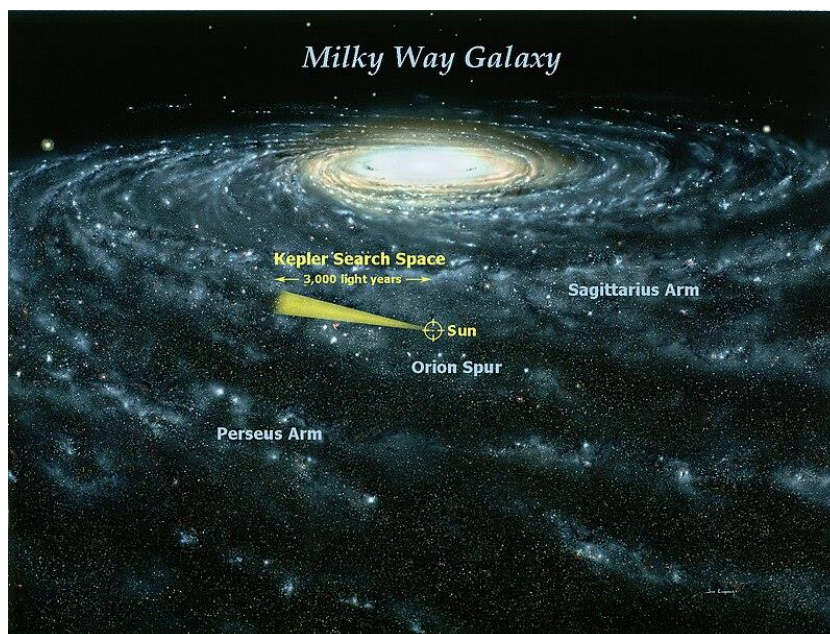
² <https://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%A1rm%C3%A1n-vonal>

³ a meteoroid még az űrben van, a meteorit pedig már a Földre érkezett

⁴ <https://masfelfok.hu/klimaszotar/>

alacsony, megközelíti a -270°C -ot, és ez teszi különlegessé ezt a szinte vákuumhoz hasonlítható közeget. Bár rendkívül alacsony a sűrűsége, apró molekulák és atomok mégis megtalálhatók benne. Az ott megtalálható feltételek miatt tökéletes vákuumot a legjobb földi laboratóriumban sem tudnak előállítani. A Földön képesek vagyunk ugyan vákuumot előállítani, de a világűr vákuumának szintjét megközelíteni lehetetlen. Laboratóriumi körülmények között speciális vákuumkamrákat használnak, amelyekben erőteljes szivattyúk segítségével eltávolítják a levegőt és más gázokat. Viszont még a legfejlettebb technológiák sem képesek teljesen elérni a világűr vákuumának tökéletes szintjét, mert mindig marad néhány molekula a kamrákban. Ezen kívül a világűr vákuumának egyéb tényezőit, például a mikrogravitációt⁵ vagy a kozmikus sugárzást, itt a Földön nem lehet pontosan reprodukálni.

Az űrben található meg Naprendszerünk, melynek része bolygónk is, a Föld. A bolygóközi teret elhagyva jutunk a csillagközi térbe, majd a Tejútrendszer gravitációs határain túli intergalaktikus térbe. Az univerzum számos felfedezetlen területet rejt, de ahhoz, hogy ezekhez hozzáférjünk, rendkívül fontos tisztán tartani az űrt, amely közvetlenül vesz körül bennünket.



A Tejútrendszer⁶

⁵ közelítőleg egyenlő a súlytalansággal <https://hu.wikipedia.org/wiki/Mikrogravit%C3%A1ci%C3%B3>

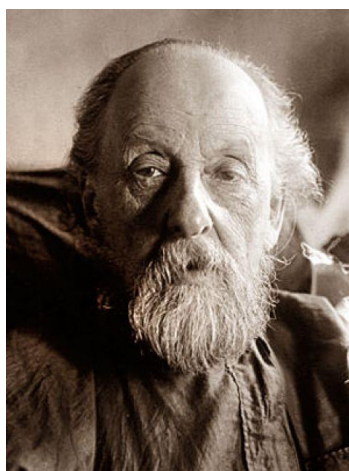
⁶ <https://hu.wikipedia.org/wiki/Tej%C3%BAtrendszer>

2. AZ ŰRKUTATÁS TÖRTÉNETE

Az űrkutatás története az emberiség találékonyságának egyik legnagyobb bizonyítéka. Az űrkutatás nem új keletű, gyökerei egészen a 19. század végére nyúlnak vissza, amikor az első elméleti kutatások elkezdődtek, hogy miként juthatnánk ki a világűrbe. Az űrutazás megvalósítása azonban csak a 20. században vált valósággá, köszönhetően néhány úttörő tudós kitartásának és kreativitásának. *„A 19. sz. végén az űrutazásra alkalmas eszközök létrehozásával kapcsolatos első jelentős eredmények – igaz, még csak elméletben – is megszülettek. Évszázadunk elején pedig gyakorlati sikerek igazolták a kísérletezők, a rakéatechnika úttörőinek elképzeléseit. Megépítették az első folyékony hajtóanyagú rakétákat, kidolgozták stabilizálásuk módszereit.”*⁷

2.1. AZ ŰRKUTATÁS ÚTTÖRŐI

Az űrkutatás hőskorának három kiemelkedő alakja volt: Konsztantyin Eduardovics Ciolkovszkij, aki az űrutazás elméleti alapjait fektette le, Robert Hutchings Goddard, aki először épített működő rakétákat és Hermann Oberth, aki elméleti tanulmányával inspirálta a rakétakutatás fejlődését.



Konsztantyin Eduardovics Ciolkovszkij (1857–1935)⁸

Konsztantyin Eduardovics Ciolkovszkij orosz-szovjet tudós, akinek a nevét mindenki ismeri, akit érdekel ez a téma. Az űrkutatás és a rakétatudomány egyik legnagyobb úttörője, akit gyakran a modern rakéatechnika elméleti megalapozójaként emlegetnek. Számos területen – matematikában, fizikában, filozófiában és aerodinamikában – maradandót alkotott.

⁷ <http://astro.u-szeged.hu/szakdolgozat/priuszk/urkutatas-tortenet.html#raketak>

⁸ <https://russtudies.elte.hu/content/konsztantyin-eduardovics-ciolkovszkij-a-galaktikus-boldogsag-kutatoja.t.13379>

Úrkutatási pályafutása előtt főleg légi járművekkel foglalkozott. Kedvelt hobbját volt a papírsárkány készítés és eregetés. Szeles időben a házukhoz közeli dombhoz gyakran ment ki papírsárkányt eregetni gyermekeivel, diákjaival, barátaival és egymaga is. Autodidakta módon tanult számos dolgot és karrierjét is saját tanulmányainak köszönheti. Matematika tanári diplomát szerzett, és tanárként dolgozott, miközben szabadidejében tudományos kutatásokat végzett.

Legismertebb munkája a rakétamozgás alapegyenletének kidolgozása, amelyet ma Ciolkovszkij-egyenletként⁹ ismerünk. Ez az egyenlet a rakéták sebességét és üzemanyag-felhasználását írja le, és alapvető fontosságú az űrkutatásban. Emellett ő vetette fel először a többlépcsős rakéták koncepcióját, amelyek lehetővé teszik a nagyobb távolságok elérését az űrben. Ciolkovszkij munkássága inspirálta a későbbi rakétatudósokat, például Szergej Koroljovot, aki a szovjet űrprogram vezetője lett. Bár életében nem kapott széles körű elismerést, ma már az űrkutatás egyik legfontosabb alakjaként tartják számon.



Robert Hutchings Goddard (1882-1945)¹⁰

Robert Hutchings Goddard amerikai fizikus és feltaláló az amerikai rakétatudomány úttörője, akit gyakran a modern rakétatechnológia atyjának neveznek. 1914-ben két szabadalmat is kapott, amelyek a rakétatudomány alapjait képezték: az egyik a folyékony hajtóanyagú rakétákra, a másik a többlépcsős rakétákra vonatkozott.

Később az űrrakéták mozgásának lehetőségét valósította meg, ugyanis ő volt az első, aki sikeresen megépítette és tesztelte a világ első folyékony hajtóanyagú rakétáját, amelyet 1926. március 16-án indított el Auburnben, Massachusetts államban. 3 év múlva már műszerekkel felszerelve indította rakétáját úgyszintén sikeresen. 1935-ben ő volt az első, aki

⁹ <https://hu.wikipedia.org/wiki/Ciolkovszkij-egyenlet>

¹⁰ <https://roswell-nm.gov/348/Robert-H-Goddard-Dreamer-Tinkerer-Pioneer>

hangsebességnél gyorsabb, folyékony üzemanyagú rakétát lőtt ki. De nem csak az űrkutatást segítette kutatásaival, ugyanis a német V2-es rakétához használt üzemanyag is neki köszönhető. Bár életében ő sem kapott széles körű elismerést, munkássága alapvetően meghatározta a modern űrkutatást. Robert Goddard munkássága nélkül az űrutazás, ahogyan ma ismerjük, elképzelhetetlen lenne. Az amerikai NASA róla nevezte el a Goddard Űrrepülési Központot, amely ma is az űrkutatás egyik vezető intézménye.



Hermann Oberth (1894-1989)¹¹

Hermann Oberth az űrkutatás és a rakétatudomány harmadik úttörője, akit Ciolkovszkij és Goddard mellett az űrhajózás tudományának egyik alapító atyjaként tartanak számon. Erdélyi szász származású német fizikus volt, aki jelentős elméleti és gyakorlati hozzájárulásokat tett a rakétatechnológia és az űrutazás területén. Első jelentős tanulmánya könyvben jelent meg. 1923-ban került kiadásra a *Die Rakete zu den Planetenräumen* (Rakéta a bolygóközi térbe) című könyve, melyben ismertette a rakétatechnika matematikai elméletét. A munkája hatására rengeteg rakétaklub jött létre, köztük a legfontosabb a VfR¹² melynek olyan fiatalok voltak tagjai, mint Wernher von Braun.

Oberth önállóan dolgozta ki a többlépcsős rakéták elvét, amelyek lehetővé teszik a nagyobb távolságok elérését az űrben. Az 1920-as években az ő tervei alapján kezdtek el folyékony hajtóanyagú rakétákat fejleszteni. Oberth már korán felvetette az űrállomások építésének lehetőségét, amelyeket az űrutazás bázisaként képzelt el.

¹¹ <https://www.imdb.com/name/nm0643368/>

¹² Verein für Raumschiffahrt magyarul Űrhajó-utazási Társaság

2.2. AZ ŰRUTAZÁS HŐSKORA

Az első sikeres küldetések az 1950-es években indultak, elsősorban a Szovjetunió és az Amerikai Egyesült Államok közreműködésével. Az első ember készítette műhold, ami kijutott az űrbe, a Szputnyik 1 volt 1957. október 4-én.

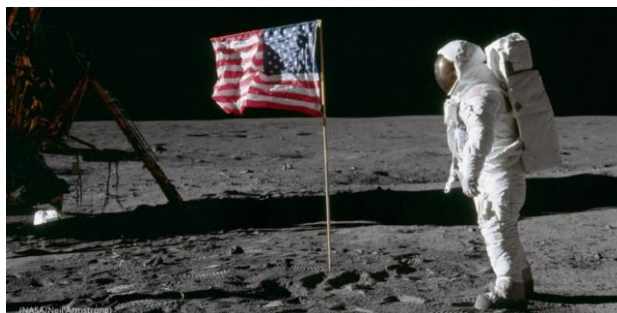


Kép a Szputnyik 1-ről¹³

A következő fontosabb esemény 1961. április 12-én Jurij Gagarin történelmi utazása a Vosztok-1 fedélzetén. Ő volt az első ember, aki kijutott a világűrbe. A küldetés mindössze 108 percig tartott, amely alatt az űrhajó egyetlen keringést végzett a Föld körül.

Az úgynevezett űrverseny kulcsfontosságú fordulópontjává vált az Apolló program elindítása. Az Apolló program az Amerikai Egyesült Államok (NASA) által indított űrprogram volt az 1960-as és 1970-es években. Az Apolló programot hivatalosan 1961-ben hirdette meg John F. Kennedy amerikai elnök.

Az Apolló program csúcspontja az Apolló 11 küldetés volt. Neil Armstrong amerikai űrhajós 1969. július 20. greenwichi idő szerint 20 óra 17 perc és 40 másodperckor szállt le és tette meg az első lépést a Holdon.



“Ez egy kis lépés az embernek, de hatalmas ugrás az emberiségnek.” (Neil Armstrong)¹⁴

¹³ <https://spacejunkie.hu/az-elsok-elsoje-63-eve-allt-palyara-a-szputnyik-1/>

¹⁴ <https://share.america.gov/moon-landing-for-all-mankind/>

2.3. AZ ŰRKUTATÁS NAPJAINKBAN

A 21. században az űrkutatás új szakaszába lépett. Az emberiség egyre ambiciózusabb terveket fogalmaz meg, mint például a Mars meghódítása, vagy az űrben történő bányászat. Ugyanakkor az űrkutatást komoly veszély fenyegeti: az űrszemét növekvő mennyisége akadályozhatja a jövőbeli küldetéseket. Az űrszemét kezelése ezért az egyik legfontosabb feladatunkká vált.

Napjainkban az űrkutatás dinamikusan fejlődik, új technológiák és felfedezések révén megnyitva az utat az emberiség előtt a világűr még mélyebb megismerésére. Az olyan nagyszabású projektek, mint a Nemzetközi Űrállomás működése, az Artemis-program¹⁵, amely a Holdra való visszatérést célozza, vagy a Marsra irányuló küldetések, a tudományos kutatás új korszakát jelentik. Az űrbányászat pedig forradalmasíthatja a nyersanyagokhoz való hozzáférésünket, mivel aszteroidákból és más égitestekből származó ritka fémek válhatnak elérhetővé.

Mindazonáltal az űrkutatás előtt kihívások is állnak. Az űrszemét, amely elhasznált műholdakból, rakétaalkatrészekből és egyéb törmelékből áll, az űrben egyre nagyobb problémát jelent. Az ütközések és balesetek lehetősége, valamint az új küldetések akadályozása sürgős megoldásokat követel. A fejlesztés alatt álló technológiák, például az űrszemét begyűjtésére szolgáló robotkarok és hálók, illetve az űreszközök felelősségteljesebb tervezése, kulcsfontosságúak ebben a harcban.

Az űrkutatás nemcsak a jövőnk technológiai és tudományos fejlődése szempontjából meghatározó, hanem abban is, hogy hosszú távon biztosítsuk az emberiség fennmaradását, hiszen a Földön túli élőhelyek létrehozása az egyre növekvő globális kihívásokra is választ adhat. Az együttműködés és új ötletek kulcsa, hogy az űrkutatás lehetőségeit és fenyegetéseit egyaránt kezelni tudjuk.

3. AZ ŰRSZEMÉT ÉS ANNAK VESZÉLYEI

Az emberiség az űrkutatás során rengeteg eredményt ért el, de ennek a fejlődésnek vannak árnyoldalai is, ahogy arról már írtam. Az űrbe küldött műholdak, rakéták és egyéb eszközök nyomában hulladék marad, amely az évek során veszélyes mértékben halmozódott fel. Ez az úgynevezett űrszemét egyre nagyobb problémát okoz, mivel komolyan fenyegeti az űrkutatást és a bolygónkat is. Ebben a fejezetben részletesen körbejárom, mi is az űrszemét,

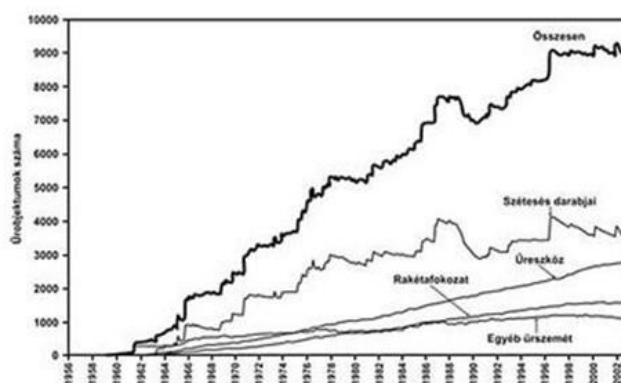
¹⁵ Az Artemis-program amerikai űrprogram, amelynek célja az „első nő és a következő férfi” eljuttatása a Holdra 2027-ig

milyen veszélyeket rejt az űrben és a Földön, valamint milyen esetek mutatják meg, hogy ez a probléma már nem hagyható figyelmen kívül.

3.1 KOZMIKUS HULLADÉK

A kozmikus hulladék, vagy más néven űrszemét olyan ember által készített tárgyak összessége, amelyek már nem szolgálnak semmilyen cél, de továbbra is a világűrben keringenek. Például elromlott műholdak, rakéták kilövésénél hátrahagyott fokozatok, törmelékek vagy akár elveszett űreszközök, mint egy csavarkulcs, amit egy űrhajós véletlenül elejtett. Az űrszemét különböző méretű lehet: akadnak mikrométeres részecskék, de hatalmas, több méteres tárgyak is. Az űrszemét mennyisége folyamatosan nő, mert ahogy az űrkutatás és a műholdas technológia fejlődik, egyre több eszköz kerül az űrbe.

„A szemét az űrben is ugyanolyan szemét, mint a Földön, és ugyanúgy is kerül oda: az ember által. Van, hogy a törmék egy rakéta kilövése miatt jut fel, vagy például azért, mert senki sem vette a fáradságot arra, hogy leszedjen egy használaton kívüli műholdat, és természetesen az is előfordulhat, hogy egy-egy űrszemét baleset miatt kerül a magasba.”¹⁶



Az űrszemét mennyisége 1956-2022-ig¹⁷

3.2 A KOZMIKUS HULLADÉK VESZÉLYEI AZ ŰRBEN

A Föld körül keringő űrszemét legfőképp a 800 - 1200 km közötti magasságban veszélyes az űrhajókra és a repülőgépekre, az űrállomásokra, továbbá a különféle műholdakra. Különösen veszélyesek az apró, 5 - 10 cm-es darabok, mert azokat a radar sem jelzi, és ezért nem kerülhetők el.

¹⁶ <https://divany.hu/offline/szenyezett-ur/>

¹⁷ <https://www.enfo.hu/node/5354>

Láthatjuk, a világűr Föld közeli régiója sokkal sérülékenyebb, mint amilyennek elsőre gondolnánk. Ennek oka elsősorban az, hogy ebben a térségben az égi mechanika szabályai¹⁸ érvényesek, ami azt jelenti, hogy minden objektum folyamatosan a Föld körül mozog. Ez a mozgás többnyire nem módosítható vagy irányítható, kivéve néhány speciális esetet. Ráadásul ezek az objektumok hatalmas sebességgel haladnak – gyakran tízszer gyorsabban, mint egy puskagolyó –, így még a legkisebb törmelék, például egy apró homokszem méretű darab is komoly károkat okozhat ütközéskor. Ha például egy 1 cm³-es törmelékdarab tíz kilométer/másodperces sebességgel csapódna bele egy űrállomásba, egy űrrepülőbe vagy bármilyen más űreszközbe, az energia, amely az ütközés során felszabadulna, egy kézigránát robbanásához hasonlítható. Ez a helyzet minden szempontból rendkívül veszélyes és komoly problémát jelent az űrkutatás számára.

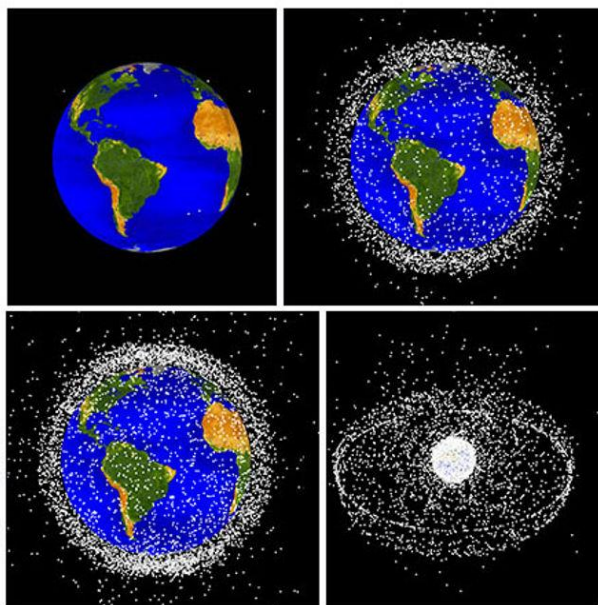


Űrszemét-felhő a Föld körül. A kép az ESA (Európai Űrügynökség) modellezése, minden ismert, 1 mm-nél nagyobb űrszemét látható rajta¹⁹

Az űrszemét további problémája, hogy minden ütközés újabb törmelékeket hozhat létre, amelyek tovább növelik a balesetek esélyét. Ezt a folyamatot Kessler-szindrómának (vagy Kessler-effektusnak) nevezik. A Kessler-szindróma lényege, hogy ha az űrszemét mennyisége eléri egy kritikus pontot, akkor az ütközések és a keletkező törmelékek láncreakciója miatt az űr használhatatlanná válhat. Ez különösen veszélyes, mert akadályozhatja az űrutazásokat és az olyan létfontosságú műholdak működését, mint például a kommunikációs vagy időjárás-előrejelző műholdak. Emiatt az űrszemét problémájának kezelése az egész világ számára kiemelt fontosságú feladat.

¹⁸ Az űrben minden folyamatosan mozog a gravitáció és a sebesség miatt, és ezeket a mozgásokat nem igazán tudjuk irányítani. Ezért keringenek a tárgyak a Föld körül.

¹⁹https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/09/Model_representing_the_space_debris_environment



A Kessler-szindróma²⁰

3.3 A KOZMIKUS HULLADÉK NYOMONKÖVETÉSE

Az űrszemét mozgásának figyelése kritikus fontosságú az űrbeli ütközések elkerülése érdekében. Számos nemzetközi szervezet dolgozik ezen a problémán.

NASA: Az Egyesült Államok űrügynöksége a Space Surveillance Network (SSN) rendszert használja, amely több mint 20 földi radarállomásból és optikai távcsőből áll. Ez a hálózat több tízezer űrszemét-darabot követ nyomon.

Európai Űrügynökség (ESA): Az ESA Space Debris Office koordinálja az űrszemét megfigyelését és elemzését Európában. Az ESA saját adatbázist tart fenn, és fejlett modellezési technikákat alkalmaz az űrszemét mozgásának előrejelzésére.

Nemzetközi együttműködés: Az ENSZ Világűrbizottsága (COPUOS) és más nemzetközi szervezetek szabályozásokat dolgoznak ki az űrszemét kezelésére, és elősegítik az adatok megosztását a különböző országok között.

Technológiák és módszerek, melyeket alkalmaznak:

Földi radarok és távcsövek: Ezek az eszközök képesek az űrszemét pontos helyzetének meghatározására. Például a Texasi Egyetem által fejlesztett AstriaGraph rendszer valós idejű térképet biztosít az űrszemét mozgásáról.

²⁰ <https://masfelfok.hu/2023/08/10/roncstemeto-muholdak-starlink-elon-musk-vilagur-fold-koruli-palya-ozon-urkutatas/?form=MG0AV3>

Űrbéli megfigyelő rendszerek: Egyes műholdak infravörös kamerákkal és speciális érzékelőkkel vannak felszerelve, amelyek képesek az űrszemét hőtermelését és mozgását észlelni.

Adatfeldolgozó rendszerek: Az összegyűjtött adatokat fejlett algoritmusok elemzik, amelyek előre jelzik az űrszemét pályáját és az esetleges ütközéseket. Ez lehetővé teszi a műholdak és űrállomások pályájának időben történő módosítását. Az űrszemét mozgásának figyelése segít az ütközések elkerülésében azáltal, hogy:

- előrejelzéseket készít: az adatok alapján pontosan megjósolható, hogy egy adott törmelékdarab mikor és hol ütközhet más objektumokkal.
- manőverezési lehetőségeket biztosít: az űreszközök pályáját időben módosítani lehet, hogy elkerüljék az ütközéseket.
- kockázatcsökkentést végez: az űrszemét mozgásának nyomon követése minimalizálja a balesetek esélyét, és biztosítja az űrbéli tevékenységek biztonságát.

3.4 NEMZETKÖZI ÖSSZEFOGÁS AZ ŰRSZEMÉT ELLEN

Az űrszemét világméretű probléma, amely nem ismer határokat, ezért a hatékony kezeléséhez elengedhetetlen a nemzetközi összefogás és együttműködés.

Két fontos egyezmény született ezzel kapcsolatban. Az egyik az Outer Space Treaty (1967). Ez az alapvető nemzetközi egyezmény kimondja, hogy az űr minden nemzet közös tulajdona, és az űrbéli tevékenységek során felelősségteljesen kell eljárni. Bár konkrétan nem említi az űrszemétet, az egyezmény alapot nyújt a szabályozásokhoz²¹. A másik a Liability Convention (1972). Ez az egyezmény meghatározza, hogy az országok felelősek az általuk okozott károkért, beleértve az űrszemét által okozott baleseteket is²².

Az ENSZ Világűrbizottsága (COPUOS): Ez a bizottság vezető szerepet játszik az űrkutatással kapcsolatos nemzetközi szabályok és normák kidolgozásában.

Nemzetközi Távközlési Egyesület (ITU): Az ITU szabályozza a geostacionárius műholdpályát²³ és a rádiófrekvenciák használatát, ezzel elősegítve a műholdak pályájának biztonságos tervezését és az űrszemét elkerülését²⁴.

²¹ <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/topics/space-debris/index.html?form=MG0AV3>

²² <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/topics/space-debris/compendium.html?form=MG0AV3>

²³ olyan Föld körüli pálya, amely az Egyenlítő síkjában van, és amelyen egy objektumnak a keringési ideje megegyezik a Föld forgási sziderikus periódusával (23 óra, 56 perc, 4,1 másodperc)

²⁴ <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/topics/space-debris/compendium.html?form=MG0AV3>

Európai Űrügynökség (ESA): Az ESA nemcsak megfigyeli és tanulmányozza az űrszemetet, hanem számos kutatási projektet is vezet az űrszemét csökkentése érdekében. Példa erre az „Active Debris Removal” projekt, amely konkrét technológiák fejlesztésére irányul.

Napjainkra a következő együttműködési kezdeményezések valósultak meg.

IADC (Inter-Agency Space Debris Coordination Committee): Ez a nemzetközi szervezet összehangolja a különböző űrügynökségek tevékenységeit az űrszemét problémájának kezelésére. Javaslatokat tesz, például az űreszközök pályájának pontosabb tervezésére és a felelősségteljesebb tervezési gyakorlatokra.

Az űrszemét mozgásának nyomon követése nemzetközi adatmegosztást igényel, hiszen a különböző országok radar- és műholdas rendszerei együttesen biztosítják a pontos információkat. Az amerikai Space Surveillance Network például gyakran megosztja adatait más országokkal.

Mindezek mellett a NASA és más űrügynökségek folyamatosan tesztelnek új technológiákat, például olyan műholdakat, amelyek mesterséges intelligenciával és gépi tanulással képesek előre jelezni az űrszemét mozgását, és önálló döntéseket hozni az elkerülésére.



United Nations Office for Outer Space Affairs (Az Egyesült Nemzetek Világűrirodája) logója²⁵

A nemzetközi összefogás jövője még ígéretesebb lehet, ha az országok és magáncégek még szorosabban együttműködnek. Az olyan technológiai megoldások, mint az űrszemét begyűjtésére szolgáló robotkarok és lézeres rendszerek fejlesztése, csak globális szintű összefogással valósulhat meg. Emellett az új űrjogszabályok kidolgozása és betartatása is a közös munka része.

A nemzetközi összefogás elengedhetetlen az űrszemét problémájának hatékony kezeléséhez. Az egymással versengő országoknak és cégeknek közös felelőssége, hogy ne csak az űrkutatás

²⁵ <https://www.unoosa.org/oosa/de/informationfor/students.html>

fejlődésére, hanem a világűr tisztaságának megőrzésére is törekedjenek. Az űr az egész emberiség közös kincse, és megőrzése mindenki érdeke.

3.5 A KOZMIKUS HULLADÉK VESZÉLYEI A FÖLDÖN

Bár az űrszemét túlnyomó része az űrben marad, időnként előfordul, hogy nagyobb darabok visszatérnek a Föld légkörébe. Az ilyen tárgyak nagy része a légkörben elég, de néhány nagyobb darab elérheti a felszínt. Ezek a visszatérő törmelékek gyakran olyan helyeken landolnak, ahol nincsenek emberek, például óceánokban vagy lakatlan területeken, de még így is ijesztő a gondolat, hogy a fejünk fölött darabok zuhannak le az űrből.

Például 1979-ben a Skylab űrállomás törmelékei Ausztrália egy elhagyatott részére zuhantak, és bár senki sem sérült meg, hatalmas riadalmat okozott. Egy másik esetben, 2001-ben, egy orosz űrállomás, a Mir darabjai irányítottan hullottak a Csendes-óceánba, de még így is nagy odafigyelésre volt szükség, hogy senkit ne veszélyeztessenek. Még ha nem is fordulnak elő gyakran ilyen események, amikor megtörténnek, felhívják a figyelmet arra, hogy az űrszemét valós veszélyt jelenthet a Földön.

Emellett a leeső darabok nemcsak az embereket veszélyeztethetik, hanem károsíthatják a természetet is. Például, ha egy törmelék nagyobb erdőterületen érne földet, akár tüzet is okozhat. Az infrastruktúrára is veszélyes lehet: egy nagyobb darab megrongálhatja egy épületet, vagy akár vezetékeket is elszakíthatna.

Ezért egyre fontosabb, hogy megoldást találjunk az űrszemét kezelésére. Nemcsak az űrbéli kutatások, hanem a Föld biztonsága érdekében is figyelni kell, hogy ne hagyjuk kontroll nélkül növekedni az űrszemét problémáját.

4. AZ ŰRSZEMÉT GAZDASÁGI ÉS TÁRSADALMI HATÁSAI

Az űrszemét problémája nemcsak az űrkutatást érinti, hanem jelentős gazdasági és társadalmi következményekkel is jár. Ahogy a technológia fejlődik, és egyre több műhold kerül pályára, az űrszemét hatásai mindennapi életünkre is kiterjednek.

Gazdasági hatásoknál kiemelem a műholdas szolgáltatások kockázatát, a költségek növekedését, különösen a pályakorrekciók és műveletek költségeire vonatkozóan.

Az űrszemét fenyegeti a műholdakat, amelyek számos gazdasági ágazat alapját képezik, például a telekommunikációt, az időjárás-előrejelzést és a navigációt. Ha egy működő műhold megsérül vagy megsemmisül, az akár több millió dolláros veszteséget is jelenthet, nem beszélve a szolgáltatások kieséséről.

Az űrszemét miatt az új műholdak és űreszközök tervezése és üzemeltetése sokkal drágábbá válik. Az űreszközöknek tartósabbnak és ütközésállóbbnak kell lenniük, ami jelentősen növeli a fejlesztés és üzemeltetés költségeit a vállalatok és kormányok számára.

Az ütközések elkerülése érdekében az űreszközök pályáját rendszeresen módosítani kell, ami többlet üzemanyagot és technikai erőforrásokat igényel. Ez szintén növeli az űrkutatás és a műholdüzemeltetés költségeit.

A társadalmi hatások kérdése kiemelkedően fontos terület, amely külön figyelmet érdemel, hiszen a modern társadalom nagymértékben támaszkodik a műholdas technológiákra, például a GPS-rendszerre és az internetes szolgáltatásokra. Az űrszemétből eredő balesetek komoly fennakadásokat okozhatnak ezekben a rendszerekben, amelyek az emberek mindennapi életére is jelentős hatást gyakorolhatnak. A Föld körül keringő műholdak kulcsszerepet töltenek be a globális kommunikáció, a GPS-alapú navigáció, az időjárás-előrejelzés és a nemzetbiztonsági rendszerek működésében. Az űrszemét által okozott károk vagy balesetek, például a GPS-szolgáltatások leállása, közvetlen gazdasági veszteséget eredményezhetnek a közlekedési és logisztikai ágazatokban, valamint számos más iparágban. Ezek a zavarok nemcsak a technológiai fejlődést hátráltathatják, hanem a mindennapi élet működésére is jelentős kihívásokat jelentenek.

Az űrszemét akadályozza az új űrmissziókat, beleértve a tudományos kutatásokat és felfedezéseket is. Ez hosszú távon hátráltathatja a technológiai fejlődést.

Ha az űrszemét problémája tovább növekszik, az űr használhatatlanná válhat a jövőbeli generációk számára. Ez a társadalmi felelősség kérdését veti fel, hiszen a mostani döntések hatással lesznek az űrkutatás fenntarthatóságára.

Az űrszemét kezelésére irányuló erőfeszítések nemcsak a gazdasági károk elkerülésében segítenek, hanem hozzájárulnak egy tisztább és fenntarthatóbb világűr megteremtéséhez. Ezen kívül növelik a társadalmi tudatosságot arról, hogy az emberi tevékenység felelősséggel jár, akár itt a Földön, akár a világűrben.

Ez a fejezet arra hívja fel a figyelmet, hogy az űrszemét nem pusztán technológiai probléma, hanem gazdasági és társadalmi kérdés is, amely mindannyiunk jövőjét érinti. Az együttműködés és a hosszú távú megoldások keresése alapvető ahhoz, hogy a világűr továbbra is az emberiség fejlődésének szolgálatában állhasson.

5. BALESETEK AZ ŰRSZEMÉTTTEL

Az űrszemét okozta balesetek száma az űrkutatás fejlődésével párhuzamosan nőtt, és ezek nemcsak a jelenlegi űreszközöket, hanem a jövőbeli űrmissziókat is veszélyeztethetik. Az alábbiakban példák és adatok segítségével fogok rávilágítani a probléma súlyosságára.

Az űrszemét több balesetet is okozott az űrkutatás történetében. Például 2009-ben egy orosz műhold, a Kozmosz-2251, összeütközött egy működő amerikai Iridium távközlési műhellyel. Ez az esemény több mint 2000 új törmelékdarabot hozott létre, amelyek azóta is keringenek az űrben. Egy másik híres eset 2016-ban történt, amikor egy apró törmelékdarab megrongálta az Európai Űrügynökség Copernicus Sentinel-1 műholdjának napelemét.

A Hubble-űrteleszkóp, az egyik legismertebb és legfontosabb tudományos eszköz, szintén ki van téve az űrszemét fenyegetésének. Bár a teleszkóp különleges pályán mozog, és aktívan figyelik környezetét, már többször is érte kisebb sérülés mikrometeoritok²⁶ és űrszemét miatt. Ezek a sérülések idővel csökkenthetik az eszköz hatékonyságát, és nehezíthetik a tudományos méréseket.

Egy jelentős incidens 2007-ben következett be, amikor Kína egy elavult műholdját (Fengyun-1C) szándékosan felrobbantotta egy rakétával. Az esemény az eddigi legnagyobb űrszemét-növekedést eredményezte: több mint 3000 azonosítható törmelékdarab jött létre, amelyek azóta is fenyegetést jelentenek más űreszközökre. Ez az esemény az űrszemét-kezeléssel kapcsolatos nemzetközi szabályozás egyik fontos ösztönzője lett.

A Nemzetközi Űrállomást (ISS) is rendszeresen fenyegeti az űrszemét. Az űrhajósoknak többször is módosítaniuk kellett az űrállomás pályáját, hogy elkerüljék az összeütközést nagyobb törmelékdarabokkal. Egy különösen veszélyes helyzet 2021-ben alakult ki, amikor egy orosz fegyverkísérlet során felrobbantottak egy műholdat, ami több mint 1500 törmelékdarabot hozott létre, és közvetlenül veszélyeztette az ISS legénységét. Az űrhajósok kénytelenek voltak biztonsági óvintézkedéseket tenni, például az űrállomás biztonságosabb részébe húzódtak vissza.

Emellett egyes balesetek a Földön is következményekkel járnak. 1978-ban például egy orosz műhold, a Kozmosz-954, amely radioaktív anyagot szállított, lezuhant Kanadában. Bár a törmelékek nem okoztak sérüléseket, komoly takarításra volt szükség, hogy a környezetet megtisztítsák.

²⁶ A mikrometeorit egy olyan apró tárgy az űrben, amely porból vagy apró kőzetdarabokból áll. Ezek az apró részecskék általában egy milliméternél kisebb átmérőjűek, és nagy sebességgel utaznak az űrben.



Az 1998-ban útnak indított Nemzetközi Űrállomás (ISS)²⁷

6. INTERJÚ FARKAS BERTALANNAL

Iskolánk 130. születésnapja alkalmából ellátogatott hozzánk Farkas Bertalan dandártábornok, az első magyar űrhajós, aki színvonalas és inspiráló előadást tartott. Nagy megtiszteltetésként lehetőségem nyílt interjút készíteni vele. Külön érdekesség, hogy idén május 26-án ünnepeljük a magyar űrhajózás megszületésének 45. évfordulóját is.



Kérdéseimmel a kezemben várom az interjút²⁸

Az első kérdésem az érzéseire vonatkozott: mit érzett, amikor megtudta, hogy ő lehet az, aki kijut a világűrbe. A fent említett előadásában elmesélte, hogy ez hatalmas meglepetést és örömet okozott neki. Beszélgetésünkön ezt kiegészítette annyival, hogy az izgatottság mellett a felelősség súlya és a rá nehezedő nyomás is jelentős volt, hiszen ezzel az úttal a magyar történelem részévé vált.

²⁷ <https://ng.24.hu/tudomany/2022/08/01/15-dolog-amiben-a-nemzetkozi-urallomas-segiti-az-emberiseget/>

²⁸ iskolai fotó

Ezután az űrhajósokra vonatkozó egészségügyi követelményekről beszélgettünk: nagyon érdekelt, hogy milyen vizsgálatoknak kellett megfelelnie. Röviden válaszolt: mindennek. Egy űrhajósnak teljesen egészségesnek kell lennie, hiszen például egy tüdőproblémás személy számára a világűrben fellépő légnyomás-ingadozások rendkívül veszélyesek lehetnek. Ugyanígy, a súlytalanság állapota komoly problémákat okozhat a gerincproblémákkal küzdők számára, ami nemcsak saját egészségüket, hanem az űrbeli kutatásokat és a küldetés többi résztvevőjét is veszélyeztetné.

Ezt követően arra voltam kíváncsi, hogyan változott meg az élete az űrből való visszatérés után. Elmondta, hogy gyökeresen. Bárhová ment, felismerték, megszólították, kezet fogtak vele, és számos más módon is érezhette az emberek elismerését. Ez nem meglepő, hiszen az űrutazása révén azonnal hírességgé vált.

Végezetül megkérdeztem, ha újra lehetősége nyílna, ismét vállalkozna-e egy űrutazásra. A válasza határozott volt: már holnap indulna. Elmondta, hogy ez egy felejthetetlen tapasztalat volt számára, amelyet bármikor szívesen átélne újra.

Hálás vagyok iskolámnak és Farkas Bertalan dandártábornoknak ezért a páratlan lehetőségért, hogy interjút készíthettem vele. Egy életre szóló élményt kaptam tőle.

Nagy megtiszteltetés volt mindannyiunknak, hogy az események zárásaként Farkas Bertalan egy amerikai ámbrafát ültetett el az iskola épülete elé, amely maradandó emlékként hirdeti az első magyar űrhajós teljesítményét.



Farkas Bertalan az orosházi Petőfi Művelődési Központban és iskolánk előtt faültetés közben²⁹

²⁹ iskolai fotók

7. JÖVŐBELI TERVEIM

Az űrszemét problémájának megoldása érdekében számos elképzelésem van, amit a jövőben szeretnék megvalósítani. Például egy olyan nemzetközi projektben való részvétel, amely az űrszemét begyűjtését és biztonságos eltávolítását célozza. Az ilyen projektek során alkalmazott technológiák, mint a mágneses eszközök, robotkarok és hálók, nemcsak a jelenlegi problémák megoldásában játszhatnának kulcsszerepet, hanem inspirációt is nyújthatnának a jövő mérnökeinek.

Ezen kívül olyan ötleteim is vannak, mint az űreszközök élettartamának növelése és újrahasznosítható anyagok használata, hogy kevesebb hulladék keletkezzen. Elképzelésem szerint az új műholdakat és eszközöket úgy lehetne megtervezni, hogy maguktól visszatérjenek a Földre, amikor már nincs rájuk szükség, vagy biztonságosan megsemmisüljenek.

Egy másik tervem az oktatás és a tudatosság növelése. Fontosnak tartom, hogy már a fiatalabb generációk is megértsék, milyen jelentős az űrszemét problémája. Interaktív órák, kiállítások vagy akár egy online kampány indítása mind segíthet abban, hogy több ember csatlakozzon az ügy támogatásához.

Hosszú távon pedig elképzelésem egy olyan kutatólaboratórium létrehozása, amely kifejezetten az űrszemét elleni innovatív megoldások fejlesztésére fókuszál. Ez a laboratórium lehetőséget adna a világ minden tájáról érkező tudósoknak és mérnököknek, hogy összefogjanak egy közös cél érdekében.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

„Nem csak azért vagyunk felelősek, amit teszünk, hanem azért is, amit nem teszünk meg.”

(Molière)

Dolgozatomban részletesen bemutattam, hogy az űrkutatás hogyan fejlődött az elmúlt évtizedek során, és miként vált az emberiség egyik legnagyobb tudományos és technológiai kihívásává. Ugyanakkor az űrszemét problémája ennek a fejlődésnek az árnyoldalaként jelent meg, amely egyre sürgetőbb figyelmet és megoldásokat követel.

Áttekintettem az űrszemét fogalmát, összetételét és a veszélyeket, amelyeket mind az űrben, mind a Földön jelent. Az elemzések és példák rávilágítottak arra, hogy az űrszemét nemcsak a jelenlegi űreszközöket fenyegeti, hanem súlyos gazdasági, társadalmi és környezeti hatásokkal is járhat. A különböző balesetek, mint például a Kozmosz-2251 és az Iridium műholdak ütközése vagy a Skylab törmelékének Földre visszatérése, világossá tették, hogy ez a probléma nem hagyható figyelmen kívül.

A dolgozatban hangsúlyoztam a technológiai megoldások és a nemzetközi együttműködés fontosságát, amelyek nélkül az űrszemét problémája nem kezelhető hatékonyan. Az űrszemét begyűjtésére szolgáló fejlesztések – mint például robotkarok, mágneses rendszerek és lézerek – jelentős előrelépést hozhatnak, de ezek megvalósításához globális összefogásra van szükség. Az olyan nemzetközi egyezmények, mint az Outer Space Treaty és a Liability Convention, alapot nyújtanak az űrbeli tevékenységek szabályozásához, de további jogi és gyakorlati lépések is elengedhetetlenek.

A gazdasági hatásokat tekintve az űrszemét növeli a műholdas szolgáltatások kockázatát és költségeit, miközben akadályozhatja az új űrmissziókat, a társadalmi hatások pedig megmutatják, hogy mennyire függünk a műholdas technológiáktól mindennapi életünk során. Személyes terveimben szerepel az űrszemét csökkentésére irányuló innovatív megoldások kutatása és támogatása, valamint a társadalmi tudatosság növelése, különösen a fiatalabb generációk körében. Meggyőződésem, hogy az oktatás és a közösségi kezdeményezések kulcsfontosságúak az űrszemét problémájának kezelésében.

Ahogy az emberiség egyre mélyebbre hatol a világűr felfedezésében, úgy kell felelősségteljesen gondolkodnunk és cselekednünk annak érdekében, hogy az űrkutatás lehetőségei a jövő generációi számára is elérhetők maradjanak. Végso soron nemcsak a világűrről, hanem a közös jövőnkéről van szó.

Köszönöm, hogy megtiszteltek figyelmükkel!

FELHASZNÁLT IRODALOM

https://hu.wikipedia.org/wiki/Geostacion%C3%A1rius_p%C3%A1lya
<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/topics/space-debris/index.html?form=MG0AV3>
<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/topics/space-debris/compedium.html?form=MG0AV3>
<https://hu.wikipedia.org/wiki/Mikrometeorit>
<https://mpee.hu/uzlet-es-technologia-mit-keresnek-a-magyarok-a-vilagurben/?form=MG0AV3>
<https://xforest.hu/urszemmet/?form=MG0AV3>
https://www.urvilag.hu/kornyezetunk_vedelme/20210510_helyzetkep_az_urszemetrol?form=MG0AV3
<https://demokrata.hu/tudomany/szemleletvaltas-az-urkutatasban-110659/?form=MG0AV3>
<https://masfelfok.hu/2023/08/10/roncstemeto-muholdak-starlink-elon-musk-vilagur-fold-koruli-palya-ozon-urkutatas/?form=MG0AV3>
<https://masfelfok.hu/2023/08/10/roncstemeto-muholdak-starlink-elon-musk-vilagur-fold-koruli-palya-ozon-urkutatas/?form=MG0AV3>