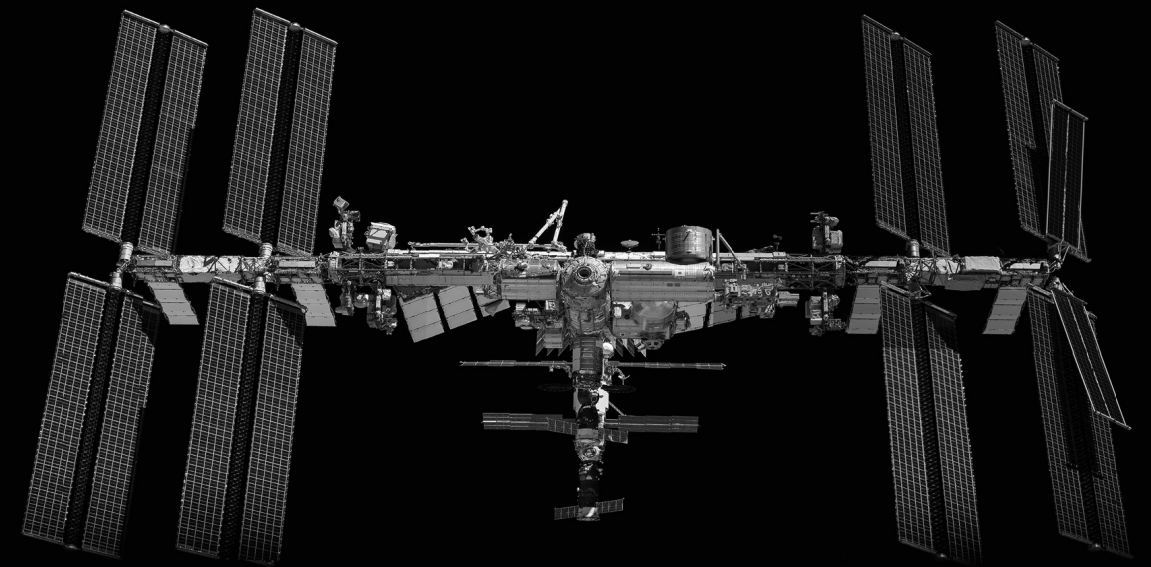


# Űrtan Évkönyv 2022

Az Asztronautikai Tájékoztató 74. száma

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság

Űrtan Évkönyv 2022



# **Űrtan Évkönyv 2022**

**Az Asztronautikai Tájékoztató 74. száma**

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság

## **Űrtan Évkönyv 2022**

*Az Asztronautikai Tájékoztató 74. száma*

*Szerkesztette: dr. Frey Sándor*

*Kiadja: a Magyar Asztronautikai Társaság  
1044 Budapest, Ipari park u. 10.  
www.mant.hu  
Budapest, 2023*

*Tördelés, grafikai szerkesztés: Horváth Róbert*

*Felelős kiadó: Arnócz István főtítkár*

*Kézirat gyanánt*

*Borítókép: A Nemzetközi Űrállomás (International Space Station, ISS) 2021 novemberében, a távozó Crew Dragon Endeavour űrhajóról (Crew-2 küldetés) készített mozaikképen. (Forrás: NASA)*

*HU ISSN 1788-7771*

# Előszó

Ismét eltelt egy őrév, a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) pedig kiadja a következő Űrtan Évkönyvet. A hagyományos, a megelőző év eseményeire visszatekintő, egyesületünk tevékenységébe bepillantást nyújtó kötet a MANT eredetileg Asztronautikai Tájékoztatónak nevezett, s történetének kezdeti időszakáig visszanyúló sorozata immár 74. száma. Évkönyvünk tavaly külsejében és kicsit tartalmában is megújult, így mostanra már „ismerősebb” lehet rendszeres olvasói számára.

Megszokott publikációs felhívásunkra ezúttal is egy sor érdekes cikk érkezett, részben visszatérő, részben új szerzőktől. Hálásan köszönjük a munkájukat – és a türelmüket is, amellyel a kötet elkészültét várták. Bízunk benne, hogy a változatos témakínálat elnyeri olvasóink tetszését. Ami a magyar vonatkozásokat illeti, a könyvből megismerkedhetnek a Nemzetközi Űrállomáson végzett dózismérésekkel, az első hazai asztrofizikai műholddal, valamint olvashatnak a Bay Zoltán-féle holdradarkíséret megismétléséről. Szó esik továbbá a Naphoz hasonló csillagokról, és részletes összefoglalót olvashatnak a szovjet-orosz űrcsillagászat történetéről is. A nagy lendülettel folyó magyar HUNOR űrhajós programmal kapcsolatban – amelynek során 2023 elejére már kiválasztották a legjobb négy űrhajósjelöltet, s így a következő Évkönyvben remélhetőleg még nagyobb terjedelemben tudunk foglalkozni a témával – egyelőre az egyesületünkhöz kapcsolódó, érdekesnek ígérkező SUMIMANT programba kaphatnak betekintést.

Az idei évkönyvet is a MANT legfontosabb rendezvényeit, eseményeit felidéző összefoglalók zárják. Külön öröm, hogy a közel három évtizede folyó nyári Űrtáborról annak egyik 2022-es résztvevője irt beszámolót. Ha ettől sem jön meg a kedve a 13-18 éves korosztálynak az űrtábori részvételhez, akkor semmitől!

Kívánom, hogy forgassák érdeklődéssel a 2022-es év Űrtan Évkönyvét, majd helyezték el polcaikon a régebbiek közé. Biztosan akad a cikkek között olyan, amelyet évekkkel, sőt évtizedekkel később is érdekes (és érdemes) lesz újra elolvasni.

Budapest, 2023. május

A szerkesztő



# Hosszú távú dózistérképezés a Nemzetközi Űrállomáson – egy teljes napciklus eredményei

Szabó Julianna,  
Strádi Andrea,  
Hirn Attila

ELKH  
Energiatudományi  
Kutatóközpont,  
Űrkutatási  
Laboratórium,  
Budapest

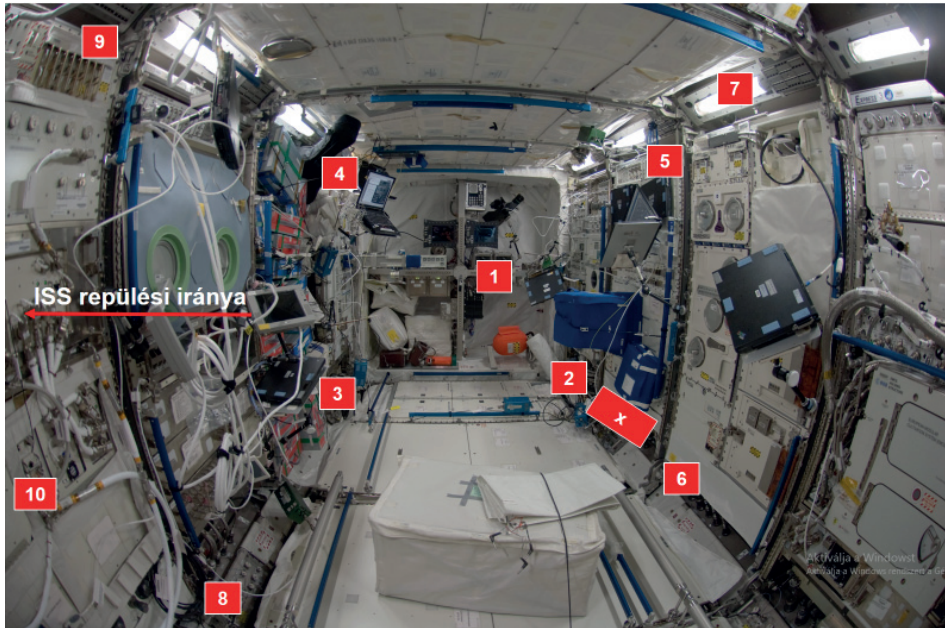
*Az űrben kialakuló sugárzási környezet nagymértékben különbözik attól, amit a földfelszínen észlelünk. Főként nagyenergiás ionok alkotják a hidrogéntől (protontól) a vasig. Térben és időben is változó, az űrhajósokra és az űrben keringő eszközökre gyakorolt hatása miatt folyamatos monitorozást igényel.*

*A DOSIS (2009-2011) és DOSIS-3D (2012-) kísérletek célja a Nemzetközi Űrállomás (ISS) Columbus moduljában kialakuló sugárzási tér feltérképezése. A mérésorozat most jutott el abba a fázisba, hogy láthatjuk a dózisviszonyok változását egy teljes napciklus folyamán.*

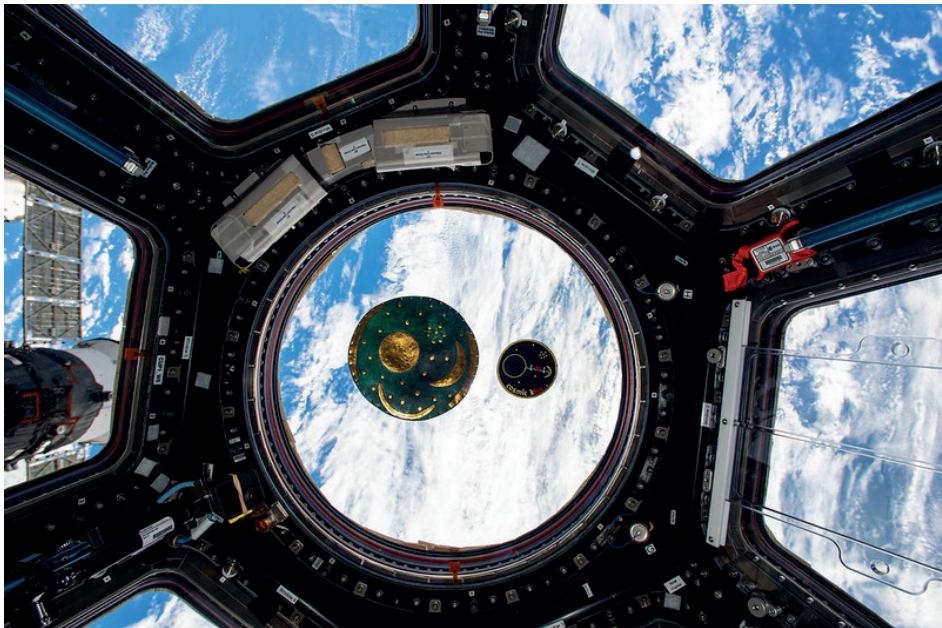
## **DOSIS KÍSÉRLETEK**

A programban a Német Légügyi és Űrkutatási Központ (DLR) vezetésével számos egyetem és kutatóintézet mellett az Energiatudományi Kutatóközpont Űrkutatási Laboratóriuma (EK ŰKL) is részt vesz [1]. A méréseket passzív, energiaellátást nem igénylő sugárzásmérő detektorokkal végzik, amelyeket a Columbus modul 11 különböző pontján helyeznek el az űrhajósok (1. ábra). Ezáltal képet kaphatunk arról, hogy az eltérő árnyékolású pozíciókban milyen sugárzási tér alakul ki. A detektorcsomagokat körülbelül féléves periódusokban cserélik, igazodva az űrállomás személyzetének cseréjéhez. A mérőeszközök a repülés teljes időtartama alatt gyűjtik az ionizáló sugárzások által leadott dózist, kiértékelésükre pedig utólagosan, a földi laboratóriumokba való visszaérkezés után kerül sor.

Alacsony Föld körüli pályán a dózisviszonyokat nagymértékben befolyásolja a naptevékenység és a pálya magassága is. A változásokat jól követik a hosszú távú mérési adatok, amelyeket immár 2 DOSIS és 20 DOSIS-3D küldetés során szereztünk. A 19. küldetés eltért a többitől, ekkor ugyanis két szett dózismérőt vittek magukkal az űrhajósok (19-es és 20-as sorszámmal). Ezekből csak az egyik került az európai Columbus modul megszokott mérőpozícióiba, a másik Matthias Maurer német űrhajós Cosmic-Kiss névű küldetése keretében az amerikai (6 pozíció) és az orosz szegmensben (4 pozíció) regisztrálta egyidejűleg a sugárzás mennyiségét és minőségét (2. ábra).



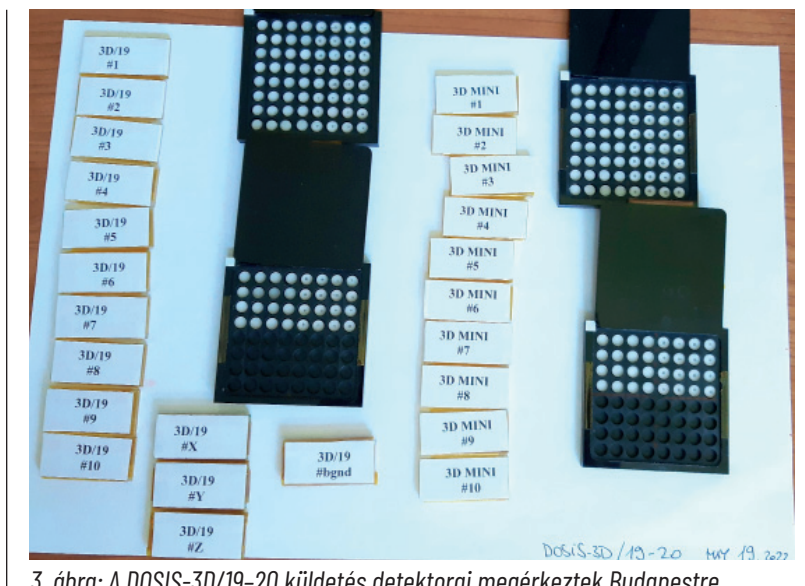
1. ábra: Detektorcsomagok elhelyezkedése a Columbus modulban. A 3, 4, 8, 9 és 10-es pozíciók a menetirány szerinti elülső, míg az 1, 2, 5, 6 és 7-es pozíciók a hátsó falon vannak. A 11-es (X) az aktív mérőeszközöket tartalmazó doboz mellett található. (Fotó: NASA / ESA)



2. ábra: A DOSIS-3D/20 fázis egyik narancssárga detektorcsomagja a Cupola falához rögzítve. (Fotó: Matthias Maurer)

## ALKALMAZOTT MÉRŐESZKÖZÖK, DÓZISSZÁMÍTÁS

Az EK ŰKL termolumineszcens detektorokból (TLD) és szilárdtest nyomdetektorokból felépített csomagokkal vesz részt a kísérletben. A 3. ábrán a 19. küldetésből visszaérkezett dózismérőket láthatjuk. A felírt csomagocskákban vannak a nyomdetektorok, a fehér kerek tabletták a TLD-k.

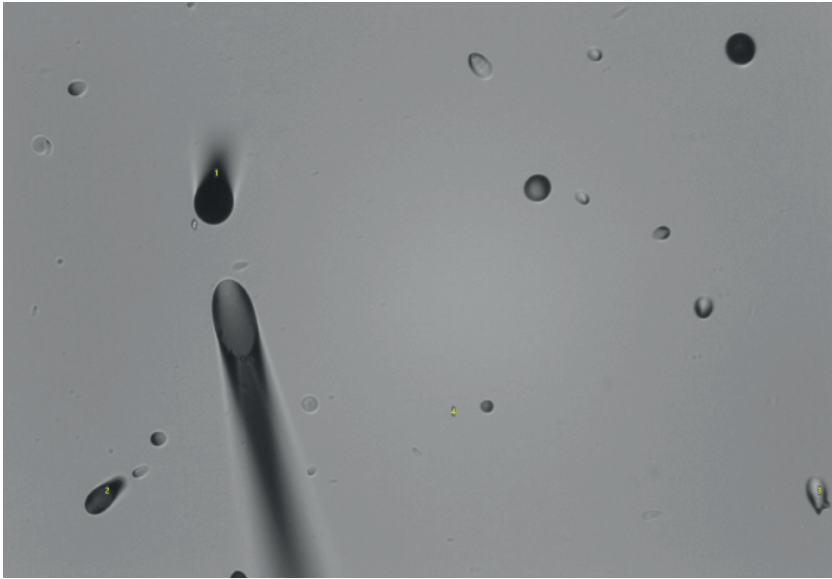


3. ábra: A DOSIS-3D/19-20 küldetés detektorai megérkeztek Budapestre

A TLD-ként használt lítium-fluorid olyan kristályos anyag, melyben a sugárzás hatására reverzibilis változások történnek a kristályszerkezetben. Kiolvasáskor magas hőmérsékletre fűtjük fel, ekkor a kristályrács visszarendeződik és közben az elnyelt dózissal, azaz az anyag egységnyi tömegében elnyelt energiával arányos mennyiségű fényt bocsát ki, amely jól mérhető. Ezután minden detektort egyénileg kalibrálni kell, ekkor <sup>137</sup>Cs forrás alkalmazásával, ismert dózissal sugarozzuk be őket, majd ismételt kiolvasunk. A két kiolvasás során mért beütésszámok arányából, a kalibráló dózis ismeretében számolható az űrben exponált detektorok által elnyelt (abszorbeált) dózis.

A szilárdtest nyomdetektorok vékony, átlátszó műanyag lapkák. A detektorok felületén apró lyukakat hoznak létre a becsapódó ionizáló részecskék, amelyeket kémiai kezeléssel (nátrium-hidroxid oldatban való maratással) fénymikroszkóp számára is látható méretűre lehet felnagyítani. A 4. ábrán egy ilyen detektorról készült felvétel látható.

Az így kialakult részecskenyomok geometriai paramétereinek (átmérő, hossz, mélység) mérésével, megfelelő kalibráció után következtethetünk a részecskék által leadott energiára, ezáltal a detektort ért dózissra. A nyomdetektorok nem csak az elnyelt dózis mérésére alkalmasak, hanem az ún. dóziségyenérték meghatározására is, mivel képesek a részecskék szétválogatására azok egységnyi úthosszon leadott energiája (LET, lineáris energiaátadási tényező) szerint. Az eltérő LET értékű ré-



4. ábra: Ionizáló részecskék nyomai a nyomdetektor felszínén, 176 napos űrutazás után. A képmező mérete a valóságban  $310 \mu\text{m} \times 214 \mu\text{m}$

szecskék ugyanis más-más (biológiai) károsító hatással bírnak, ennek megfelelően más és más a hozzájuk rendelhető minőségi tényező. Az elnyelt dózist megszorozva a minőségi tényezővel számolható a dózisegyenérték, ami már figyelembe veszi a sugárzás biológiai hatásait is.

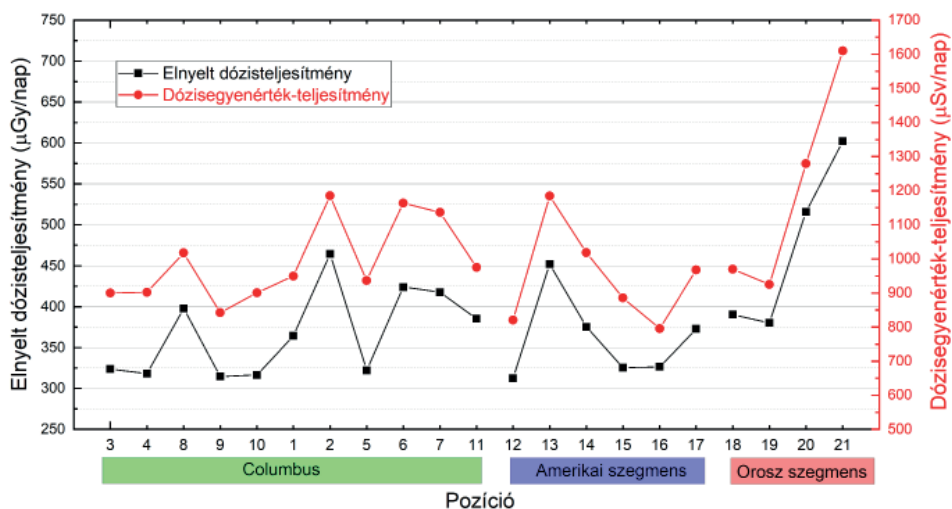
A TLD-k főleg a  $10 \text{ keV}/\mu\text{m}$ -nél kisebb, míg a nyomdetektorok az ennél nagyobb LET értékű sugárzásra érzékenyek. A kétféle detektor tehát kiegészíti egymást, az általuk mért értékek konvolúciójával kaphatjuk meg a teljes elnyelt dózist és dózisegyenértéket [2].

## **EREDMÉNYEK**

A dózisértékek pozíciófüggésének szemléltetésére a 19. küldetést választottuk, hiszen ennek során a Columbus mellett az ISS egyéb moduljaiban is történtek mérések. Az eredményeket az 5. ábra mutatja be. (A teljes dózisértékeket a küldetés időtartamával elosztva kapjuk meg a megfelelő teljesítményeket, amelyek 1 napra vonatkoztatott adatok, ezek szerepelnek az ábrán).

Az első 11 pozíció a Columbusban, a 12–17-es az amerikai szegmensben, míg a 18–21-es az orosz szegmensben volt. Az eltérések abból fakadnak, hogy a lokális árnyékolás változó, minden modul falvastagsága más és más, de az adott pozíció közelébe helyezett tárgyak is befolyásolják a kialakuló sugárzási teret. Egyrészt elnyelik a sugárzás egy részét, másrészt az elsődleges sugárzás hatására másodlagos sugárzást bocsáthatnak ki. Az elnyelt dózisteljesítmény (D) többnyire  $\sim 310\text{--}460 \mu\text{Gy}/\text{nap}$  között változott, az orosz szegmens 20-as (MLM) pozíciójában meghaladta az  $500 \mu\text{Gy}/\text{napot}$ , a 21-esben (MRM2) pedig elérte a  $600 \mu\text{Gy}/\text{napot}$ . A megfelelő dózisegyenérték-teljesítmény (H) értékek  $\sim 800\text{--}1200 \mu\text{Sv}$





5. ábra: A DOSIS-3D/19–20 fázisban mért dózismennyiségek, az elnyelt dózisteljesítmény (alsó görbe) és a dózisegyenérték-teljesítmény (felső görbe)

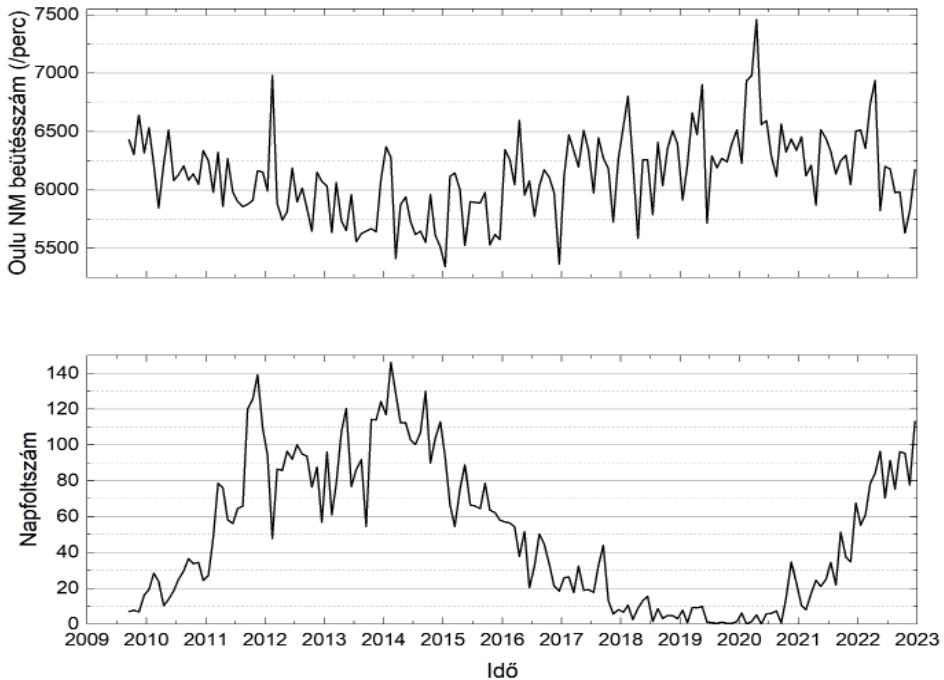
nap közti ingadozást mutatnak, az utóbbi két pozícióban elérve az 1300, illetve 1600  $\mu\text{Sv}/\text{napot}$ . Összehasonlításképpen a Föld népessége természetes forrásokból átlagosan 2400  $\mu\text{Sv}$  sugárterhelést kap évente, az ISS-en ennek akár a 250-szerese is előfordulhat.

A Columbusban megfigyelhető mintázat a DOSIS-3D többi fázisában is hasonlóan alakult. Az ISS menetiránya szerinti előlő oldal (3, 4, 8, 9, 10) általában kisebb dóziseket mérünk, mint a hátsó oldalon (1, 2, 5, 6, 7, 11). Az effektív árnyékolást valószínűleg nagyobb mértékben befolyásolja a Columbus modul és az űrállomás teljes tömege, mint a lokális árnyékolás [1]. Ez utóbbinak is lehet azonban hatása, ezért kaptunk a kísérletsorozat szinte minden fázisában ugyanilyen mintázatot.

A következőkben a hosszú távú mérési eredményeket mutatjuk be. Két fontos tényező van, amelyet ezzel kapcsolatban figyelembe kell vennünk:

- az ISS pályamagassága, amelyet 2011-ben több mint 70 km-rel megemeltek, azóta csak kisebb mértékben változott;
- a naptevékenység, amely a 2009-es minimum után 2014–2015-ben elérte a maximumot, hogy aztán 2020-ban újabb minimum következzen. Ezt szemlélteti a 6. ábra. Az ábra alsó részén szerepelnek a Nap aktivitására jellemző napfoltszámok. Erősödő naptevékenység hatására a galaktikus háttérsugárzás intenzitása csökken. Ezt mutatják az ábra felső részén az Oulu neutronmonitor (NM) által mért beütésszámok.

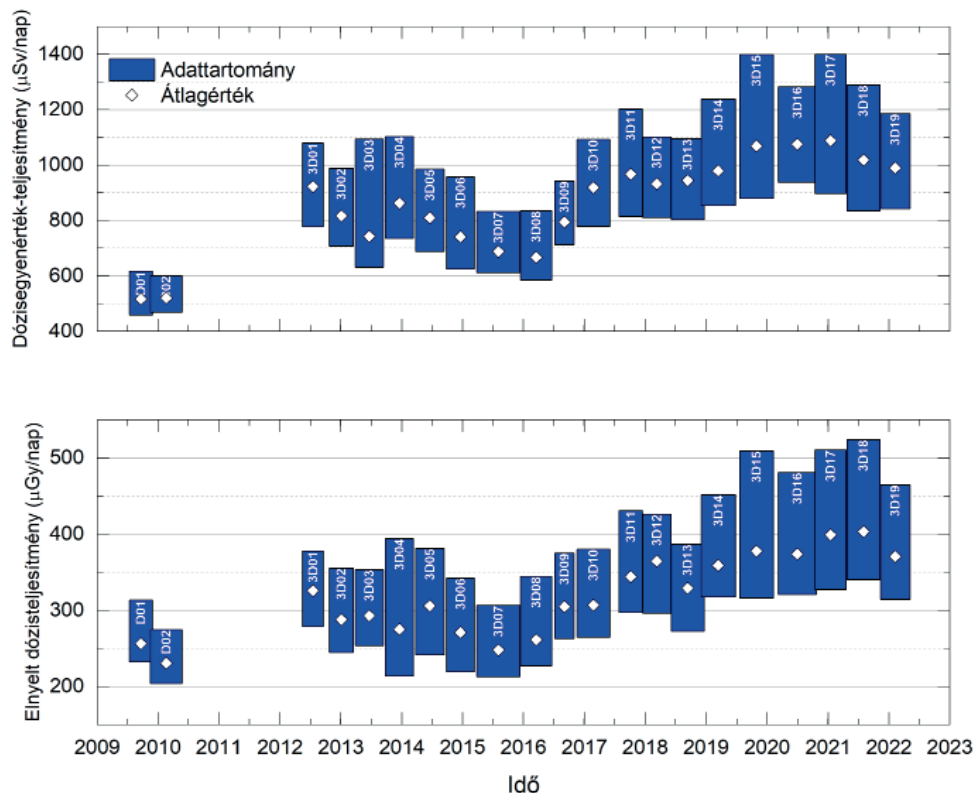
Az eddigi két DOSIS és tizenkilenc DOSIS-3D mérési fázis eredményeit tüntettük fel a 7. ábrán, alul az elnyelt dózisteljesítmény (D), felül a dózisegyenérték-teljesítmény (H) látható. A kis rombuszok az átlagos értékeket, az oszlopok az adott fázisban kapott minimum- és maximumértékek közti tartományt jelölik. Megfigyelhető, hogy a sugárzási környezetben bekövetkező változásokat jól követi a dozimetriai mennyiségek alakulása.



6. ábra: A napfoltszám és az Oulu neutronmonitor által mért beütésszámok változása a DOSIS és a DOSIS-3D kísérletek idején. Mindkét esetben a havi átlagértékek szerepelnek az ábrán. (Az adatok forrása: [3,4])

A DOSIS/1 és 2 fázisok esetén a D és H értékek durván 200–300  $\mu\text{Gy}/\text{nap}$ , illetve 450–600  $\mu\text{Sv}/\text{nap}$  között alakultak, kis csökkenéssel a 2. fázisra a naptevékenység enyhe emelkedése miatt. A DOSIS-3D/1 fázishoz érkeve éles növekedés észlelhető, hiszen a megemelt pályamagasság miatt az ISS több időt töltött a dél-atlanti anomália térsége fölött, így jóval nagyobb protonfluens érte. (A fluens az egységnyi felületen áthaladó részecskék számát jelenti.) A továbbiakban az ISS a megemelt magasságon maradt, viszont a naptevékenység növekedett a 2014–2015-ös maximumig, így a DOSIS-3D/7-es fázishoz érve D értéke lecsökkent a DOSIS/1–2 szintjére. Innen emelkedő tendenciát tapasztaltunk, a DOSIS-3D/17–18-nál érték el a dózismennyiségek a maximumot. A legnagyobb értékek 340–520  $\mu\text{Gy}/\text{nap}$ , illetve 900–1400  $\mu\text{Sv}/\text{nap}$  között változtak. A 2021 végén induló 19–20-as fázisban már kisebb értékeket mértünk. Jelenleg a 21-es fázis detektorainak kiértékelésén dolgozunk, amelyek 2022-ben repültek. Ezek az adatok még nem kerültek fel az ábrára, de már látjuk, hogy a csökkenés folytatódik.

Az eddigi eredmények egyértelműen alátámasztják, hogy az ionizáló sugárzások által keltett dózisos mérésre hosszú távon és folyamatosan szükség van, hiszen a lokális árnyékolás, a pályamagasság és a naptevékenység változásai nagymértékben befolyásolják ezek alakulását. A DOSIS-3D méréssorozat 2024 végéig biztosan folytatódik, de tervben van a meghosszabbítása az ISS teljes élettartamának idejére.



7. ábra. Az elnyelt dózisteljesítmény és a dózisegyenérték-teljesítmény változása az ISS Columbus moduljában a DOSIS/1-2, valamint a DOSIS-3D/1-19 küldetések során

Köszönettel tartozunk a DLR munkatársainak, hogy lehetővé teszik számunkra a DOSIS programban való közreműködést. Részvételünket a 4000124183 sz. ESA/PRODEX szerződés keretében finanszíroztuk.

## Irodalomjegyzék

- [1] Berger T. et al. (2016): DOSIS & DOSIS-3D: long-term dose monitoring onboard the Columbus Laboratory of the International Space Station (ISS). *Journal of Space Weather and Space Climate*, 6, A39
- [2] Hajek M. et al. (2008): Convolution of TLD and SSNTD measurements during the BRADOS-1 experiment onboard ISS (2001). *Radiation Measurements*, 43, 1231
- [3] World Data Center for the production, preservation and dissemination of the international sunspot number, Royal Observatory of Belgium, Brussels, <https://www.sidc.be/silso/>
- [4] Cosmic Ray Station of the University of Oulu, Sodankyla Geophysical Observatory, <https://cosmicrays.oulu.fi/>

# Az első magyar vezetésű asztrofizikai műholdkísérlet, a GRBAAlpha első 656 napja

*Ezen sorok írása közben a 2021. március 22-ikei reggeli órákban indult kisműhold, a GRBAAlpha immáron a 9728-adik keringését kezdi meg a Föld körül. Ez a műhold egy egységes, a CubeSat szabványnak megfelelő, azaz  $10 \times 10 \times 11$  cm-es űreszköz. A műhold fedélzetén foglal helyet egy kis méretű detektorrendszer, melynek kapcsán a fejlesztéseket végző magyar-szlovák-japán csapatnak az volt a célja, hogy demonstrálja: már ilyen kis méretben is hatékonyan tudjuk vizsgálni az Univerzum jelenleg ismert legenergiusabb kitérőseit, a gamma-felvillanásokat [1]. A GRBAAlpha kisműhold 2020-ban épült, a detektor teljes rendszerének egyes elemeit a Konkoly-Thege Miklós Csillagászati Intézetben építettük, illetve ugyanitt történt a műhold teljes integrálása is. A start óta eltelt mintegy szűk két év során számos érdekes, a gamma-felvillanásokhoz kapcsolódó asztrofizikai jelenséget örökölt meg ez a rendszer, így azt is elmondhatjuk, hogy ez az eddig épült legkisebb, jelenleg is működő, kimondottan asztrofizikai céllal épített műhold [2].*

**Pál András**

ELKH CSFK  
Konkoly-Thege  
Miklós Csillagászati  
Intézet, Budapest

## **BEVEZETŐ**

A gamma-felvillanások (*gamma-ray burst*, GRB) – az Ősrobbanás után, ha úgy vesszük – az Univerzum legenergiusabb kitérősei. Tágabb értelemben ezek a jelenségek – mármint nem az Ősrobbanás maga, hanem a gamma-felvillanások – a tranziens asztrofizikai jelenségek közé tartoznak: ilyenkor valami egyszeri és megismételhetetlen esemény történik, ami ebben a kategóriában szinte „elvárhatóan” igen nagy energiafelszabadulással is jár és általában még emberi időskálával mérve is relatíve rövid ideig tart. Olyannyira, hogy jelenleg a gamma-kitérőseket magyarázó két fizikai folyamatra, a kompakt objektumok (neutroncsillagok vagy fekete lyukak) összeolvadására, valamint a nagy tömegű csillagok élete végén bekövetkező szupernóva-robbanásokra rendre néhány másodperces vagy néhány perces hosszúságot jósolnak – és ez az időskála megegyezik a megfigyelési időskálákkal. Az elmúlt években a gravitációshullám-források felfedezésével még nagyobb figyelem irányult ezekre a gamma-tartományban észlelt rövid idejű felvillanásokra, hiszen a nagy tömegű, kompakt égitestek rövid felvillanásokat kiváltó összeolvadása egyben az mérhető gravitációs hullámok fő forrása is egyben [3]. A GRBAAlpha mint technológiai demonstrációs űrküldetés egyik tudományos célkitűzése is ehhez kapcsolódik: lehetséges-e olyan, olcsó, kicsi műholdakból álló hálózatot kialakítani, amely gyorsan, minimális késleltetéssel tudja detektálni a gamma-felvillanásokat és meghatározni helyzetüket.



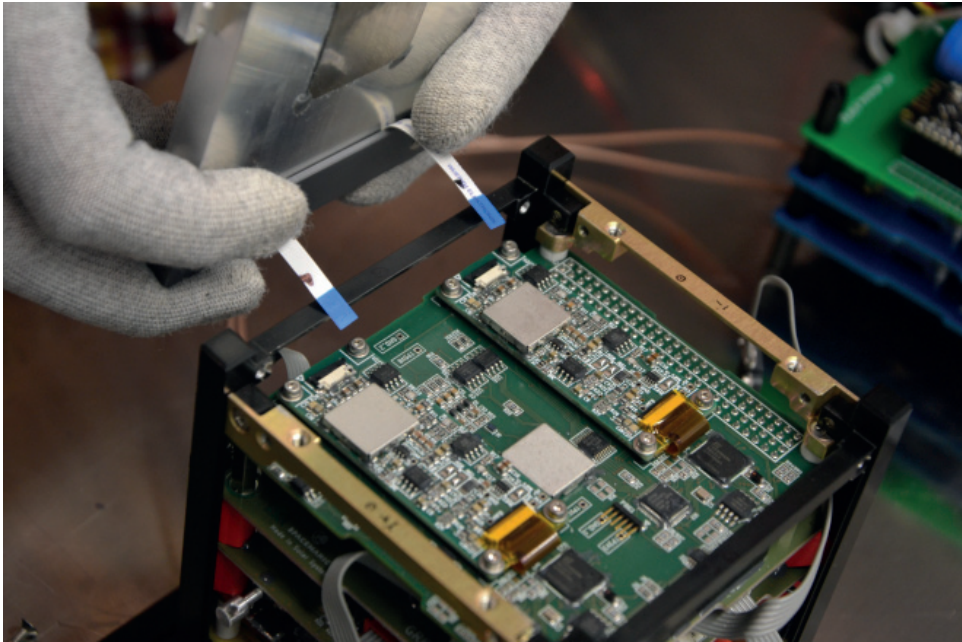
A kapcsolódó jelenségek fizikája, azaz a pár másodperces vagy maximum néhány perces időskála miatt a minimális késleltetés is fontos, hogy más hullámhosszakon (ultraibolya, optikai, infravörös vagy rádiótartományban) minél hamarabb el tudják kezdeni a kutatók a párhuzamos megfigyeléseket. A helyzetmeghatározás meg önmagában is egy érdekes probléma, hiszen a gamma-sugárzás nem igazán fókuszálható: így egy klasszikus, kamerás-leképezős rendszerrel ellentétben a helyzet meghatározásához más technikákra is szükségünk lehet. Ez utóbbira ad számos megvalósítási ötletet a *Cubesats Applied for MEasuring and Localising Transients* (CAMELOT) kezdeményezés [4], így a GRBAAlpha tekinthető ezen műholdhálózat egyedi demonstrációjának is [5].

## **A DEKEKTORRÓL**

A GRBAAlpha műhold hasznos terhe maga a gamma-detektor. Noha ez még egy ilyen kis méretű műholdon is viszonylag kis helyet foglal el, ennek ellenére a detektor lelke, a cézium-jodid kristály jó nagy tömeget ad neki – valamint a cézium-jodid kristályhoz csatlakozó fotonszámológó ólomburkolata is szó szerint egy nehezítő körülmény. A detektor működési elve a szcintilláció jelenségén alapszik: nagy energiájú részecskék, valamint a nagy energiájú részecskékhez sok szempontból hasonlóan viselkedő gamma-fotonok bizonyos anyagokkal kölcsönhatva rövid idejű látható fényimpulzust bocsátanak ki, azaz szcintillálnak. A cézium-jodid különösen érzékeny a gamma-fotonokra, ráadásul ennek a rövid idejű fényimpulzusnak a teljes leadott energiája egyenesen arányos a beérkező gamma-foton energiájával. A „konverziós ráta” olyan nagy, hogy egy 50 kiloelektronvolt (keV) energiájú gamma-foton hatására több mint kétezer szcintillációs foton keletkezik: azaz ezeket már viszonylag könnyű „összeszámlálni”, és a számolás során kapott értéket lejegyezni, hogy „az ekkor és ekkor beérkezett gamma-foton energiája ennyi meg ennyi volt”. A detektor következő eleme – amely közvetlenül a mi esetünkben  $7,5 \times 7,5 \times 0,5$  centiméteres cézium-jodid kristályhoz kapcsolódik – az ezt a fotonszámolást elvégző szenzorrendszer és az azt vezérlő elektronika. Ebből már kettő is kapcsolódik a kristályhoz, hiszen míg a szcintillátor maga az egy teljesen passzív anyagdarab (hiszen a legrosszabb, ami történhet vele az az, hogy eltörik, de persze ha már túlvészelt a raktétás felbocsátást, akkor ez nem valószínű), addig az elektronikai alkatrészek már könnyebben meghibásodhatnak. Az üreszközök üzembiztos működéshez elengedhetetlen a duplikált (vagy még inkább sokszorozott) elektronika, hogy így biztosítsuk a küldetés meg a kísérlet sikerét.

A fotonszámológó elektronika már a jel erősítése, szűrése és digitalizálása után közvetlenül az adatgyűjtő számítógéphez kapcsolódik. Ez a „számítógép” egy aránylag kis kapacitású és mai modern szemmel nézve is meglehetősen kis teljesítményű vezérlő: mindösszesen 128 kilobyte-nyi programmemóriával és 16+16 kilobyte-nyi adatmemóriával rendelkezik, valamint 2 + 64 megabyte-nyi háttértár csatlakozik hozzá. Mind a két fotonszámológó csatornához egy-egy ilyen adatgyűjtő számítógép kapcsolódik (1. ábra). A műhold üzemeltetésénél a rutinszerű mérésekhez csak az egyiket használjuk, hiszen a másik nem adna hozzá több információt. Néha persze érdemes váltogatnunk vagy legalább ellenőriznünk a másik (éppen nem használatban levő) elektronikai egységet is, hogy minden rendben van-e azzal is.

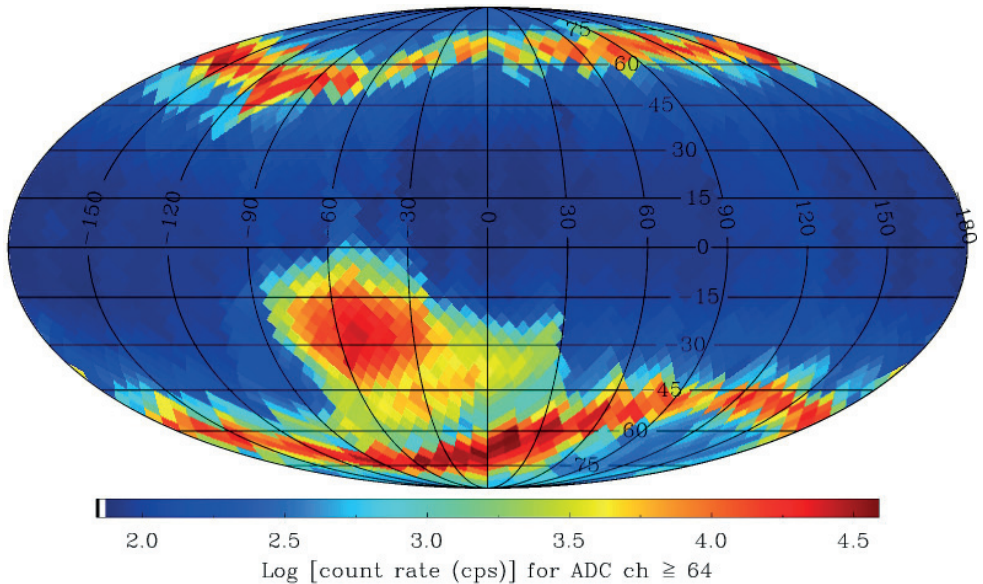
Na de hogyan is zajlik le egy ilyen rendszerrel az adatgyűjtés, mi is az, amit mérünk egészen pontosan? Egy képet szolgáltató megfigyelésnél, mint például amikor egy látható tartományban



1. ábra: A GRBAAlpha integrálásának egyik utolsó mozzanata: a cézium-jodid kristályt is tartalmazó detektorblokk csatlakoztatása az adatgyűjtő elektronika analóg áramköreihez. (A szerző felvétele)

dolgozó távcsőre szerelünk egy kamerát, viszonylag egyértelmű hogy a „mérés” maga nem más, mint „képek készítése”. Azonban egy fotonszámoló rendszer esetén, amely ráadásul még nem is egy leképező kamera, a helyzet már korántsem ennyire egyértelmű. Az alapfogalom, amellyel a GRBAAlpha detektora (meg általában egy hasonló elveken működő részecskefizikai detektor) operál, az az „energiaspektrum”. Egy energiaspektrum felvétele esetén a cél az, hogy megszámloljuk, egy adott adatgyűjtési idő alatt melyik energiatartományból hány foton csapódott be a detektorunkba. A működtetést – és az így termelt adatok mennyiségét – ebben az esetben az fogja meghatározni, hogy milyen hosszú is ez az adatgyűjtési idő és hogy mennyire pontosan is vagyunk kíváncsiak a bejövő részecskék (vagyis itt fotonok) energiáira. A GRBAAlpha esetén az energiasáv, amelyre egy cézium-jodid kristály érzékeny, az néhányszor 10 keV és kb. 900 keV közötti. Ezt az energiatartományt a fentiekben is említett digitális adatgyűjtő 256 csatornára osztja fel, ahol ráadásul a cézium-jodid jó szcintillációs tulajdonságai miatt a mért gamma-foton-energia egyenesen arányos is lesz a digitális csatorna sorszámaival. Ténylegesen mind a 256 csatornát egyszerre azonban csak kalibrációs célra használjuk, ezzel lehet vizsgálni a detektor hosszú távú viselkedését, például az űrbéli kozmikus sugárzás, napszél meg hasonló részecskebehatások által kiváltott igen lassú, de fokozatos károsodást is.

Egyszerű szabály, hogy az asztrofizikai jelenségek vizsgálatánál az adatgyűjtési ciklus legyen határozottan rövidebb, mint maga a jelenség lefolyásának időskálája. Egy neutroncsillagok összeütközése által kiváltott gyors gamma-felvillanás néhány másodperces hosszúságú. Így ha



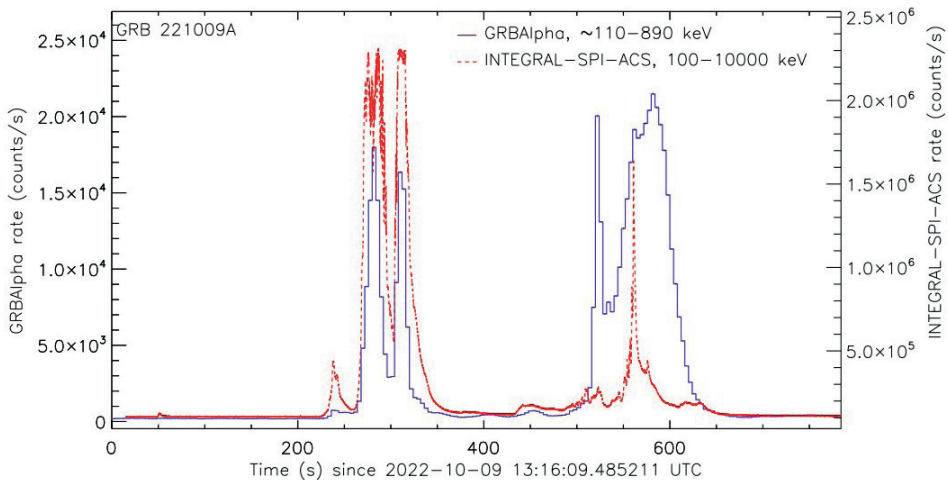
2. ábra: A detektorrendszer által mért sugárzási háttér. Jól kirajzolódnak a poláris övek, valamint a dél-atlanti anomália is. (A szerző ábrája)

az energiaspekturmot mondjuk 10 másodperces időegységben vennénk fel, akkor nem tudnánk eldönteni, hogy az ezt kiváltó neutroncsillag-összeolvadás az adatgyűjtési idő elején, közepén vagy végén történt-e. Itt jön be a kompromisszumos üzemeltetés: ha minden másodpercben mind a 256 csatornába becsapódó fotonok darabszámát rögzítenénk, akkor a műholdon levő tárhely igen hamar, lényegében pár óra alatt betelne, plusz ehhez hasonlóan – ahogy később látni fogjuk majd – az adatok lehozása sem lenne feltétlen egyszerű. A gyakorlatban tehát csökkentjük az energiacsatornák számát: csökkenteni mindig könnyű, hiszen csak össze kell adnunk az egymáshoz közeliakat és egy számként letárolnunk. Jelenleg a rutinszerű mérések négy energiacsatornán történnek: 70–110, 110–370, 370–630 és 630–890 keV tartományokban, egy másodperces adatgyűjtési ciklus mellett. Ezzel a sebességgel a műholdas adatgyűjtő jelenleg is aktív „gyors és biztonságos”, 2 MB méretű tárhelye 3–4 nap alatt telik meg, ha mindent rögzítünk. Ez az adatgyűjtési séma kényelmes és gyors lehetőséget biztosít, hogy a napi két jó kommunikációs ablakban mindent, ami számunkra érdekes lehet, le tudjunk hozni. Ez a két kommunikációs ablak elegendő arra, hogy mintegy átlagosan fél nap késéssel értesüljünk a legújabb gamma-felvillanásokról.

Nincs mérés mérési hiba meg mérési zaj nélkül, és nincs ezzel másképp a GRBAlpha műhold sem. A mérési zaj elsősorban onnan ered, hogy nem csak a gamma-felvillanások, hanem számos más fizikai jelenség is okoz jelet a detektorban, azaz növeli a számlálókat az egyes energiacsatornában. Ezek a jelek adnak egy egyfajta természetes háttérrel: ha ez a háttér épp kicsi, akkor a gamma-felvillanások könnyen detektálhatóak, ha nagy, akkor nehezen vagy egyáltalán nem – azaz a jel elvész a zajban, pont úgy, ahogy a nappali égen sem láthatunk szabad szemmel az égen a Napon kívül más csillagot. Az égi háttér egy része galaktikus eredetű, szórt röntgen- és gamma-sugárzás, ez mindenhol jelen van, és

átlagosan másodpercenként mintegy száz nagyságrendben okoz jelet a detektorunkban. A másik típusú zajforrás már helyhez kötött, így a műhold épp aktuális pálya menti helyzetétől függ: ezek a poláris övek, valamint a dél-atlanti anomália. Itt a detektoraink által mért háttér a normális háttér több százszorosa is lehet (ld. 2. ábra), és lényegében ellehetetleníti a gamma-felvillanások jó hatásfokú detektálását és mérését. Egy napszinkron pályán keringő műhold esetében, mint a GRBAAlpha, az idejének nagyjából kicsit kevesebb mint a felét tölti ezekben a régiókban. Ezekben a sugárzási övekben a háttér erőssége függ a Nap aktivitásától is, a szerkezete pedig kicsit, de folyamatosan változik. A GRBAAlpha segítségével ezeket a régiókat is tanulmányozhatjuk.

Mint azt a bevezetőben is említettük, a GRBAAlpha már több tucatnyi gamma-felvillanást észlelt. Ezek között találhatunk hosszabbakat is, rövidebbeket is. Ezen felvillanások mellett mértünk még jó néhány napkitöréshez kapcsolódó eseményt, amelyek jelalakja első ránézésre még hasonlíthat is a GRB-kéhez. Ezen mérések között itt most egy tavaly őszi, 2022. október 9-én mért GRB221009A eseményt mutatunk be (4. ábra). Ez a gamma-felvillanás volt az elmúlt hónapok egyik legenergiusabb kitörése, és mint ilyen, nagyon nagy nemzetközi érdeklődést váltott ki a tudományos közösségekben: a GRB Coordinates Network (GCN) elektronikus közleményeiben közel 120 bejegyzés, cikk, mérés, gyors adatelemzés található róla! A GRBAAlpha ezek közül pont azért kiemelkedő, mert az a legkisebb detektorral rendelkező műszer: az energikus kitörés szinte mindegyik nagyműholdas rendszer detektorát telítésbe vitte, azonban a GRBAAlpha kisebb mérete miatt igen pontos becslést tud adni a jel nagyságára, így magára az eseményre is [6]. Az adatok precíz feldolgozása jelenleg is folyamatban van, 2023 első felében publikáljuk az ehhez kapcsolódó eredményeinket.

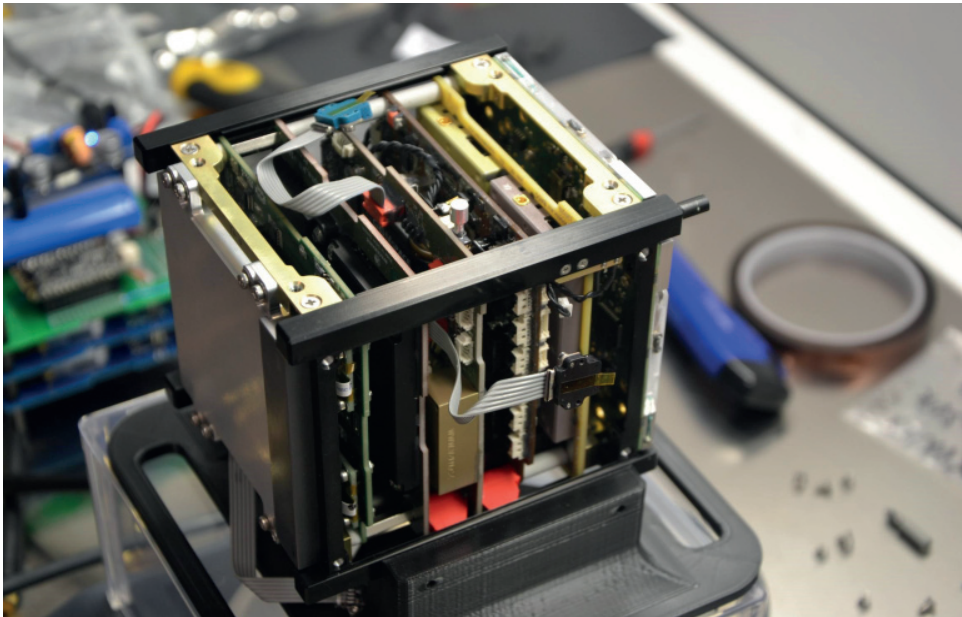


3. ábra: A GRB221009A jelű gamma-felvillanás fénygörbéje. Az esemény az elmúlt évek egyik legenergiusabb kitörése volt és számos más műhold is rögzítette (mint pl. az ábrán is látható jelet is kimérő INTEGRAL). A GRBAAlpha megfigyelése azért is kiemelkedő, mert pont a detektor relatíve kis mérete miatt ez volt az egyetlen műszer, amely nem ment telítésbe: így a legpontosabb méréseket a tudományos közösség felé épp mi szolgáltatjuk. (Az ábra forrása: a GRBAAlpha csapata, GCN Circular No. 32685 [6])



## A MŰHOLD: A TELJES RENDSZER ÉS ÜZEMELTETÉSE

Persze konkrét tudományos-detektoros dolgok mellett a műhold többi komponensének kell gondolkodnia a napelemeken keresztülli biztonságos tápellátásról, valamint a rádiós kommunikációról is (4. ábra). A műholdon a Cubesat Space Protocol (CSP) elnevezésű elektornikai-szoftveres alrendszer gondoskodik a hatékony és valamelyik komponens esetleges meghibásodása estén könnyen átkonfigurálható belső adatforgalom biztosításáról. A műhold egyes darabjai, azaz a rádió adó-vevők, a tápegységek, egy önálló független fedélzeti számítógép és egy GPS vevő a detektorelektronikához hasonlóan ezen a CSP vezérlőbuszon keresztül csatlakozik össze, ahol maga a „vezérlőbusz” is több, egymástól független módon megvalósított csatornából áll össze. A gyakorlati vezérlésben pedig a rádiós kapcsolat nem más, mint a vezérlőbusz egyik önálló eleme. Ez lehetőséget ad arra, hogy az adatgyűjtő elektronika is teljes értékűen bele tudjon szólni a műhold üzemeltetésébe, önállóan tudjon indítani adatletöltéseket vagy lekérdezze a műhold állapotát (pl. GPS-en keresztül a pontos időt vagy a szenzorokon keresztül a műhold egyes alrendszereinek hőmérsékletét).



4. ábra: A GRBA1pha a napelemcellák nélkül, megmutatva a műhold egyes elektronikai moduljait. Ezek balról jobbra haladva: cézium-jodid detektor, adatgyűjtő és adatfeldolgozó egység, fedélzeti számítógép + GPS vevő, szenzorblokk, tápegység, rádiómodulok és antenna. (A szerző felvétele)

A rádiós összeköttetés biztosításához a GRBA1pha – megannyi kisműholdas, egyetemi-kutatóintézeti projekthez hasonlóan – a rádióamatőr frekvenciasávban üzemel. Mint minden más, természetesen a rádióamatőr sáv is rendelkezik számos előnnyel és hátránnyal egyaránt, mint azt a gyakorlatban mi is megtapasztaltuk, megtapasztaljuk. A rádióamatőr sávban való üzemelés ahhoz kötött elsősorban, hogy az adott műholdas projekt oktatási-önképzési célokat szolgáljon, valamint elősegítse a rádiós

közösséget is. Ennek megfelelően az adatokat nem titkosíthatjuk, mindenki számára elérhetőeknek kell lenniük. Ez azonban nem csak egy konkrét feltétel, hanem egy határozott nagy előny is, hiszen az adatok letöltéséhez (így a tudományos „output” növeléséhez) mindenki hozzá tud járulni, és nem csak Közép-Európából (ahol a dedikált üzemeltetést és az adási, illetve vételi hálózatot építettük ki, ld. 5. ábra). Számos más amatőrállomás felől is kaphatunk adatokat, gyakorlatilag a Föld minden pontjáról. Ugyanakkor a rádióamatőr sáv egyik hátránya az, hogy ezekben meg az ezekhez közeli tartományokban sugároznak a „kütyük” is (garázkapunyítók, távirányítós kisautók, walkie-talkie-k, stb.), így a rádiós háttérzaj eléggé nagy lehet bizonyos esetekben. Tapasztaljuk is ezt a gyakorlatban: nappal nehezebb az interakció, mint éjszaka, illetve a Kelet-Európa feletti áthaladások általában sikeresebbek, mint a Nyugat-Európa feletti. Összességében, ezen könnyítések meg nehezítések eredményeképp egy nap alatt megabyte-nyi nagyságrendben tudunk lehozni adatokat a műholdról.



5. ábra: A GRBAAlpha fő vevőállomása, amelyen keresztül a legtöbb adatletöltés is zajlik, a Csillagászati Intézet Pizskéstetői Observatóriumának területén található. A rádiócsendes környezet hatékony üzemeltetést biztosít. (A szerző felvétele)

## JÖVŐBELI FEJLESZTÉSEK ÉS ÖSSZEFOGLALÁS

Mondhatnánk azt, hogy a GRBAAlpha az kész, fent van az űrben és működik – így az üzemeltetésen és a tudományos adatok begyűjtésén kívül már nincs is más dolgunk, akár kényelmesen hátradőlhetnénk és élvezhetnénk munkánk gyümölcsét. Ez is egy lehetőség, persze, azonban az adatgyűjtő egyes

komponenseinek tervezésénél egy fontos szempont volt, hogy ezeket a rendszereket, ha hardveresen-elektronikusan nem is, de szoftveresen tudjuk azért fejleszteni a későbbiekben is. A kialakításnak és rendszertervezésnek köszönhetően megfelelő rádiós parancsokkal, illetve adatfeltöltéssel frissíthetjük a szoftvereket, így újabb és újabb funkciókat adhatunk a rendszerünkhöz: jelenleg a kis adatgyűjtő rendszer programmemóriájának teljes kapacitását mintegy 30%-osan használjuk csak ki, azaz bőven van még hely mindenféle izgalmas kísérlet számára.

A munka tehát nemhogy nem áll meg, de a valódi mérési tapasztalatainkból, a több tucat detektált gamma-felvillanásból, a részecskesugárzási háttér tulajdonságainak a jó megismeréséből kiindulva tovább tudjuk optimalizálni és finomhangolni a rendszert. Technikaibb oldalról megközelítve, a céljaink között szerepel, hogy hatékonyabb (ún. változó kódhosszú) adatfolyam-kódolást kihasználva a tudományos mérések tárolási sűrűségét megnöveljük, valamint a fedélzeti tárolók közül nem csak a gyors és biztonságos, 2 MB méretű tárhelyet használjuk ki, hanem a beépített 64 MB méretű, flash alapú tárhelyet is. A tudományosabb problémakörhöz kapcsolódó fejlesztések között szerepel az is, hogy a gamma-felvillanásokat ne csak utólag kikeresve, hanem automatikusan detektálva, úgynevezett trigger eljárással is rögzítsük, valamint az, hogy az adatgyűjtést (legyen az akár folyamatos, vagy triggerelt) ideiglenesen szüneteltessük, amíg a műhold benne van a szószban, azaz a korábbiakban említett sugárzási övezetekben. Kommunikációs oldalról megközelítve is van lehetőség fejlesztéshez, köszönhetően a rádióamatőr sávban dolgozó üzemnek és a nagy méretű földi műholdas vevőhálózatoknak. Ezen hálózathoz csatlakozó műholdvevő állomások felett is indíthatunk letöltéseket, amelyeket interneten keresztül „összekanalazva” megsokszorozhatjuk a lehozott tudomány mennyiségét is.

Természetesen mindezeket a fejlesztéseket, legyenek azok akár technikaibb, tudományosabb vagy kommunikációsabb jellegűek, úgy érdemes végezni, hogy visszamenőleg is tudjuk a már bevált sémákkal üzemeltetni a műholdat – hiszen azt azért ne javítsuk meg, ami működik. Mert hogy a GRBAAlpha továbbra is jó egészségnek örvend, minden alrendszere szépen működik, így remélhetőleg még sok-sok évig tud számottevően hozzájárulni a gamma-felvillanások asztrofizikájának megismeréséhez.

## **Irodalomjegyzék**

- [1] Pál A. et al. (2020): GRBAAlpha: a 1U CubeSat mission for validating timing-based gamma-ray burst localization. *Proc. SPIE*, 11444, 114444V
- [2] Řípa J. et al. (2022): Early results from GRBAAlpha and VZLUSAT-2. *Proc. SPIE*, 12181, 121811K
- [3] Abbott B.P. et al. (2017): GW170817: Observation of Gravitational Waves from a Binary Neutron Star Inspiral. *Phys. Rev. Lett.*, 119, 161101
- [4] Werner N. et al. (2018): CAMELOT: Cubesats Applied for MEasuring and LOcalising Transients mission overview. *Proc. SPIE*, 10699, 106992P
- [5] Mészáros L. et al. (2022): Towards the CAMELOT fleet of GRB detecting nano-satellites: the design concept of the 3U members based on the GRBAAlpha and VZLUSAT-2 heritage. *Proc. SPIE*, 12181, 121811L
- [6] Řípa J. et al. (2022): GRB 221009A: Detection by GRBAAlpha. *GCN Circular* 32685

# A Naphoz hasonló csillagok elemgyakoriságai és a planetáris kémia

*Tömege, luminozitása és több más fontos fizikai jellemzője alapján a Napot átlagos csillagnak gondoljuk a Tejútrendszerben. De vajon tipikusnak számít-e nehézelem-tartalma alapján galaxisunk többi, Naphoz hasonló tömegű fősorozati csillaga között? A csillagok kémiai összetétele információkat szolgáltat annak az anyagnak az eredeti kémiai összetételéről, amelyből a csillag és bolygórendszere kialakult. Ezért a csillagok elemgyakoriságainak vizsgálata fontos szerepet kaphat a bolygókeletkezés jobb megértésére irányuló kutatásokban is. Mivel életet hordozó Földünk épp egy olyan típusú csillag körül alakult ki, mint a Nap, a hozzá hasonló csillagok kémiai elemzése különösen érdekes lehet számunkra.*

**Futó Péter**

Debreceni Egyetem,  
Ásvány- és Földtani  
Tanszék, Debrecen

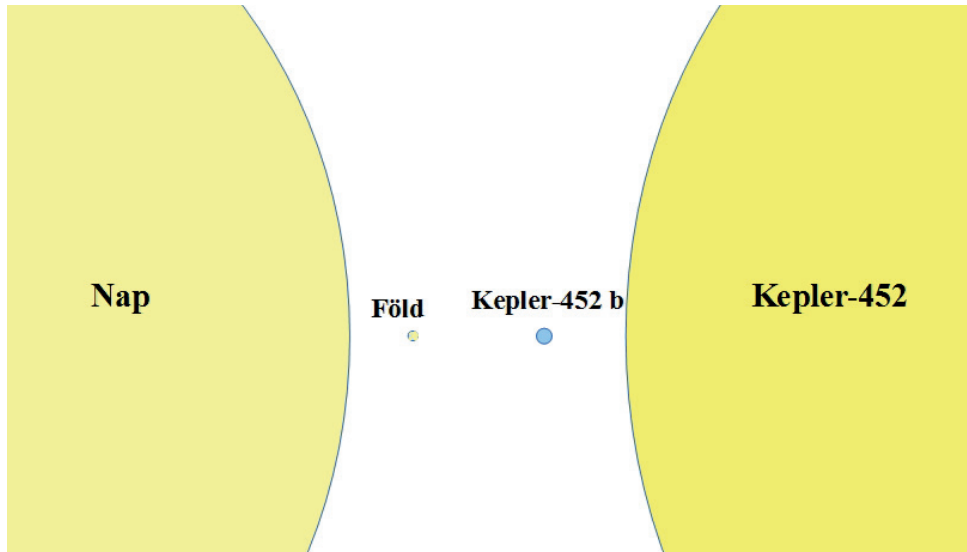
## A NAP ÉS MÁS NAP-TÍPUSÚ CSILLAGOK

A csillagászati szakirodalom gyakran az F, G, K színképtípusú főági csillagokat sorolja a Nap-típusúak közé, a szakcikkek egy tekintélyes hányada azonban leginkább csak a G színképtípusú csillagok kategóriájába tartozó, a Naphoz hasonló fizikai tulajdonságokkal rendelkező fősorozati csillagokat jelöli így. Az egyik legjobb értelmezés szerint a Nap-szerű (*Solar twin*) csillagok effektív hőmérséklete a szoláris érték  $\pm 50$  K-es hőmérsékleti tartományában, fémessége pedig a szoláris érték  $\pm 0.05$  dex-es tartományában jelölhető ki [1]. A Nap középkorú, G2V spektráltípusú fősorozati csillag, amely körül a keringő objektumok típusait, azok kémiai összetételét tekintve változatos bolygórendszer fejlődött.

A Nap-típusú csillagok óriás molekulafelhőkben keletkeznek, a felhőmagok gravitációs összeomlása útján. A Tejútrendszer csillagainak mintegy 4–7%-a G színképtípusú fősorozati csillag. Ebből mindössze 1–2% körül van a Naphoz nagyon hasonlóak (Nap-szerű csillagok) száma, azonban galaxisunkat legalább 200 milliárd csillag alkotja, ennek megfelelően pedig több milliárd Nap-szerű csillag is létezhet a Tejútrendszerben. Ennek azért is nagy a jelentősége, mert a Földhöz sok tekintetben hasonló (Föld-szerű) bolygók leginkább a Naphoz hasonló csillagok körül alakulhatnak ki.

A Nap mágneses aktivitása flerek, koronakitörések, valamint más úridőjárási jelenségek kialakulását eredményezi, mindezek pedig hatással vannak a Földre is. A csillagaktivitás ezen formái jelentős mértékben meghatározzák a körülöttük keringő bolygók lakhatóságának feltételeit. A Nap és a Nap-típusú csillagok mágneses aktivitásának mértéke idővel változik, ami szoros korrelációban áll a fényességük változásával. Az aktívabb csillagok nagyobb fotometriai változatosságot mutatnak [2]. A legtöbb Nap-típusú csillag a Napnál jóval aktívabb [3]. Az azonban tisztázatlan kérdés maradt, hogy a Nap más csillagokéhoz képesti kisebb aktivitása tartós állapot, vagy pedig a napaktivitás jelenlegi szintje





1. ábra: A Föld, valamint a lakhatósági zónában keringő Kepler-452 b és csillagaik méretének összehasonlítása

évezredek vagy évmilliók alatt változni fog-e. Ennek kapcsán további nyitott kérdés, hogy vajon a Nap mágneses aktivitása a jövőben elér-e majd egy nagyon magas aktivitási szintet, vagy pedig jelenleg átmeneti periódusban van egy csökkent aktivitású állapot felé. Mindezek kapcsán felmerül a kérdés, hogy Napunk vajon tipikusnak számít-e a többi Nap-szerű csillag között, vagy pedig mind fizikai, mind pedig kémiai jellemzőit tekintve valamilyen mértékben különleges lehet, ami természetesen szintén hozzájárulhatott a körülötte fejlődött bolygórendszer harmadik bolygóján az élet evolúciójához.

A kérdés megválaszolásához közelebb vihet bennünket a Nap galaktikus szomszédságában, illetve a Tejútrendszer távolabbi vidékein található, a Naphoz hasonló csillagok kémiai összetételének vizsgálata is. A csillaglégkörök elemgyakoriságaiból ugyanis következtetni lehet a körülöttük keringő bolygótetek általános kémiai összetételére. A Föld-típusú bolygókat felépítő legfontosabb elemek naplégkörben mért gyakoriságai közelítenek a legősibb meteoritokban, a szenes kondritokban meghatározott releváns elemgyakoriságokkal. Ha ezt a tényét extrapoláljuk a távoli bolygórendszerekre, akkor a bolygókkal rendelkező csillagok elemgyakoriságaiból jó közelítéseket lehet adni a körülöttük keringő bolygók általános kémiai összetételére.

Megfigyelések szerint a Nap-szerű csillagok mintegy 5%-a rendelkezik olyan Földhöz hasonló méretű bolygóval, melynek keringési periódusa 200 és 400 nap közötti [4]. Kutatók már az 1990-es években rámutattak arra, hogy galaxisunk vékony korongjának csillagai nem szükségszerűen maradnak a születési helyük galactocentrikus távolságában. A Nap fémessége ugyanis  $+0.17 \pm 0.04$  dex értékkel magasabb, mint a galaktikus szomszédságunkban található hasonló korú csillagok átlagos fémessége [5]. Ez pedig azt sugallja, hogy csillagunk nem abban a távolságban született a Tejútrendszer közép-pontjától, mint amelyben jelenleg tartózkodik. Legalábbis más galaktikus környezetben, mint azok a csillagok, melyek fémességéhez a szoláris értéket viszonyították.

## **A SZOLÁRIS ÉS A SZTELLÁRIS ELEMGYAKORISÁG**

A Nap nehézelem-tartalma a naptömeg mintegy két százalékát teszi ki. Ha a kőzetbolygókat felépítő legfontosabb elemek (O, Mg, Si, Fe) szoláris gyakoriságát figyelembe vesszük, a Nap anyaga ezekből az elemekből akkora mennyiséget tartalmaz, mely elegendő volna több ezer Földhöz hasonló méretű kőzetbolygó felépítéséhez.

A Nap fotoszférájában mért elemgyakoriságok jó egyezést mutatnak a Föld-típusú bolygókat felépítő legfontosabb elemek gyakoriságaival, s a Naprendszerre jellemző általános elemgyakoriságokkal. A Naprendszer anyagai közül a szenes kondrit típusú meteoritok alakultak át a legkisebb mértékben. Ezért elemösszetételük hűen őrzi az ősi Naprendszerre jellemző általános elemösszetételt. A Föld-típusú bolygótettek a napjainkban elfogadott nézet szerint a bolygórendszerünk ősi kondritos összetételű anyagából épültek fel. Ez a kondritos anyag nem csupán a szenes kondritokra jellemző elemösszetételt jelenti, hanem általánosan a kondritos meteoritokét. A Föld általános kémiai összetétele például az enstatit kondritokra jellemző elemösszetétel jegyeit is magában hordozza. Földünk testébe az akkréciója során valószínűleg többféle is beépült az ősi belső Naprendszerben található, kissé eltérő elemgyakoriságokat mutató anyagok közül.

A szoláris elemgyakoriság azt tükrözi, hogy a naprendszerbeli Föld-típusú bolygótettek uralkodóan nem szén alapú ásványokból, hanem szilikátokból és oxidokból épülnek fel. A nagy felbontású spektroszkópiai égbolt felmérő programok (RAVE, APOGEE, GALAH, LAMOST, Gaia-ESO) jelentős mértékben hozzájárultak a Tejútrendszer csillagai elemgyakoriságának megismeréséhez. A csillagok elemgyakoriságainak meghatározására irányuló vizsgálatok egyik fő motivációja a Tejútrendszer kémiai evolúciójának pontosabb megértése. További fontos cél a Naphoz hasonló csillagok kémiai összetételének összehasonlítása a Napéval. Az ilyen irányú komparatív vizsgálatok egyrészt segíthetnek jobban megérteni a bolygókeletkezés folyamatát, másrészt pedig segíthetnek annak feltárásában, hogy Naprendszerünk vajon milyen mértékben lehet atipikus más Nap-típusú csillagok bolygórendszerei között.

Meléndez és munkatársai tanulmányukban bemutatják, hogy a Napban refraktor elemekben jelentősebb hiány mutatkozik az alacsony kondenzációs hőmérsékletű elemek gyakoriságaihoz viszonyítva, mint a legtöbb Naphoz nagyon hasonló csillag esetében [6]. Svéd kutatók azt javasolják, hogy a Nap a legtöbb Naphoz hasonló csillagtól eltérően csillagokat sűrűn tartalmazó térrészben, már refraktor elemekben szegény protosztelláris korongban született. Ennek legfőbb oka a fényes csillagok porszemcsékre gyakorolt sugárnyomása lehetett a Nap kialakulását megelőzően [7].

## **NAP-SZERŰ CSILLAGOK BOLYGÓKKAL**

A Kepler-úrtávcső adatai és a radiális sebesség módszerén alapuló statisztikai vizsgálatok szerint az exobolygó-rendszerek szerkezete drámai módon különbözik a Naprendszerétől. A Nap-szerű csillagok mintegy felének vannak olyan gázban gazdag, szuperföld méretű bolygói, melyek a Mer-

kürénál kisebb keringési távolságban járják körül központi csillagukat [8]. Ugyanakkor a Kepler és a TESS tranzitmódszert alkalmazó űrtávcsövek mérései által a kutatók több olyan bolygórendszert is azonosítottak már, amelyekben kőzetbolygók keringenek a csillaguk lakhatósági zónájában. E bolygók egy része a Naphoz sok tekintetben hasonló csillag körül kering, megerősítve e bolygókereső küldetések megvalósításának motivációjához kapcsolódó korábbi elképzeléseket, melyek szerint a Földhöz hasonló méretű bolygók gyakoriak lehetnek a Naphoz hasonló csillagok körül.

A kettőscsillagok tagjai ugyanazon összetételű csillagközi anyagból keletkeznek, ezért alapesetben kémiaileg azonos kompozíciójú objektumoknak kellene lenniük. Egy Naphoz hasonló csillagokon elvégzett elemzés azonban kémiai különbségeket tárt fel a két tag között a csillagpárok egy jelentős részénél. A kémiai inhomogenitások pontos oka még nem tisztázott. Az egyik lehetőség szerint az elemgyakoriság-változások a protosztelláris gázfelhő kémiai inhomogenitásaiból erednek. A másik forgatókönyv alapján a tagok kémiai összetétele közötti eltérések annak köszönhetőek, hogy a csillagpár egyik tagja a csillagkeletkezést követően bolygókat nyelt el. Egy 107, a Naphoz hasonló csillagot tartalmazó csillagpár esetében végzett elemzés eredményei szerint a bolygórendszerek jelentős hányada rendkívül dinamikus fejlődési utat jár be, s bolygók elnyelésével együtt járó folyamatok a bolygórendszerek mintegy 20–35%-ánál fordulnak elő [9].

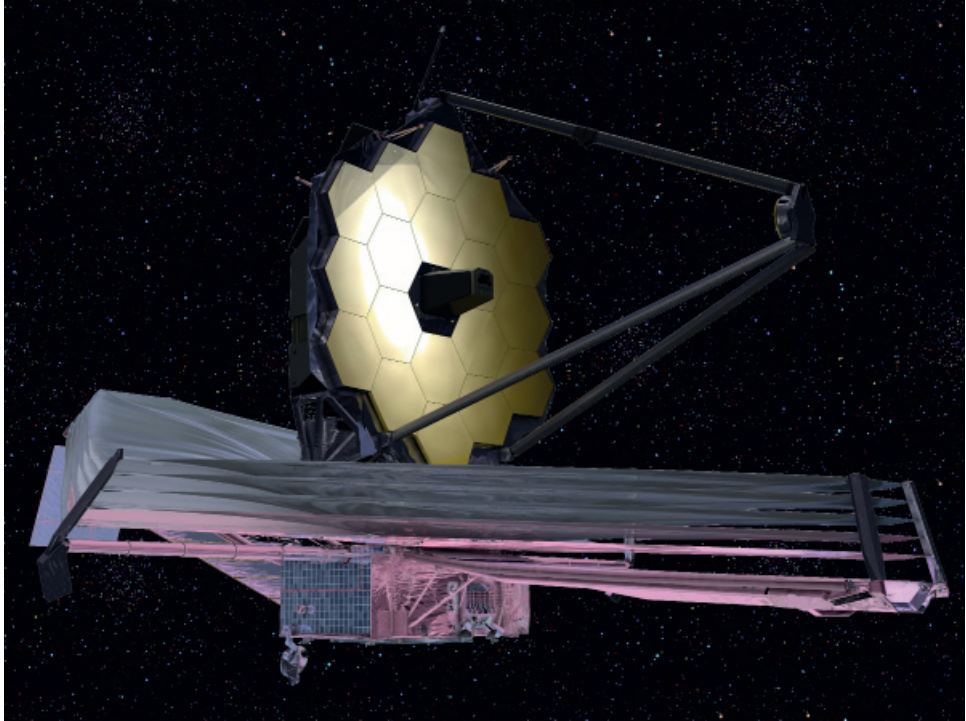
## **AZ ŰRTÁVCSÖVEK ÉS AZ EXOKŐZETBOLYGÓK KÉMIÁJA**

---

Korunkban a csillagászat és az asztrofizika egyik legfontosabb célja a Tejútrendszer kialakulásának, fejlődésének és szerkezetének jobb megértése. Átfogó spektroszkópiai és fotometriai égboltfelémérő programok során gyűjtött hatalmas adatmennyiség értelmezésével vizsgálják galaxisunk csillagainak térbeli eloszlását, fizikai tulajdonságait, korát és kémiai összetételét. A csillagok és a csillagközi anyag kémiai összetételének részletesebb vizsgálata útján következtethetünk a Tejútrendszer kémiai evolúciójának jellemzőire, az elemgyakoriságok lassú, de folyamatos változásaira, melyek hatással vannak az új csillag- és bolygópopulációk kémiai összetételének alakulására.

Az érzékeny szinképelemző műszerekkel felszerelt űrtávcsövek méréseinek rendkívül fontos szerepe lehet az extraszoláris bolygórendszerek kémiai jellemzőinek felderítésében. A transzmissziós spektroszkópia módszerének alkalmazásával a csillaguk előtt áthaladó bolygók légköri atomjainak és molekuláinak azonosítására nyílik lehetőség. A világűrben működő űrtávcsövek kitűnő pontosságú spektrográfjaival végzett megfigyelések új fejezetet nyitottak az exobolygó-kutatásban. A Spitzer- és a Hubble-űrteleszkópok segítségével például nagy mennyiségű vízre utaló nyomokat találtak a WASP-39 b, a Szaturnuszhoz hasonló tömegű, azonban annál nagyobb méretű forró gázbolygó atmoszférájában. A James Webb-űrtávcső (JWST) segítségével pedig első ízben mutatták ki pontosan szén-dioxid jelenlétét egy exobolygón, épp a WASP-39 b légkörében [10]. Megjegyzendő, hogy ez volt a Webb-űrtávcsőnek az első, egy exobolygón végzett hivatalos tudományos megfigyelése. Az olyan kulcsfontosságú molekulák, mint például a szén-dioxid azonosítása révén megbízható információkat szerezhetünk a bolygók kémiai összetéte-

lére vonatkozóan, valamint betekintést nyerhetünk kialakulásuk folyamatába és a bolygótestek evolúciójába is. A JWST közeli infravörös tartományban (0,5–6  $\mu\text{m}$ ) működő spektrográfja (NIR-Spec) többek között a bolygók és a protoplanetáris korongok vizsgálatára is kiválóan alkalmas. A NIRSpec a Földhöz hasonló méretű exoközebolygók légköri összetevőinek nagy pontosságú elemzésére is képes.



2. ábra: A James Webb-űrtávcső. (Forrás: NASA)

A bolygók légkörét alkotó gázokban az egyik legérdekesebb komponens a szén. A spektroszkópiai elemzést követően például megbecsülhető egy bolygón található összes szén mennyisége, ami azért is lényeges információ, mert az eredményből következtetni lehet annak a bolygórendszernek a legfőbb kémiai tulajdonságaira, melyben a vizsgált planéta kialakult. A bolygókon becsült szén mennyiségből közelítő modelleket lehet készíteni a bolygórendszerre általánosan jellemző C/O arányra, amely eredményt azután össze lehet vetni a központi csillag szintén spektroszkópiai úton meghatározott releváns elemgyakoriságaival.

Érdekességképpen megjegyzendő, hogy az űrtávcső alkalmas lehet kis és nagy tömegű exobolygók felfedezésére fehér törpecsillagok rendszereiben is. Egy érdekes tanulmány rávilágít, hogy a Webb-űrtávcső közepes felbontású spektroszkópia alkalmazásával képes detektálni gázóriásokat, valamint a Földhöz hasonló méretű és nála kisebb tömegű exobolygókat is közeli fehér törpék körül [11]. Sőt a szerzők szerint a megfelelő spektrumok felvételével még esetleges

biomarkerek nyomai is kereshetők a fehér törpék kőzetbolygóinak atmoszférájában. A fehér törpék körüli exobolygók vagy azokból származó anyag kutatása többek között azért is érdekes, mert e csillagmaradványok elődcillagainak egy része a Naphoz hasonló csillag lehetett, ezáltal még szélesebb ismeretekkel rendelkezhetünk a Naphoz hasonló csillagok bolygórendszereinek jellemzőiről.

HIP / távolság (pc)	$T_{\text{eff}}$ (K)	Fe/H	Tömeg ( $M_{\text{Nap}}$ )	Sugár ( $R_{\text{Nap}}$ )	C/O	Mg/Si	Színkép- típus
<b>A Naphoz effektív hőmérsékletben és fémességben nagyon hasonló csillagok</b> ( $T_{\text{eff}} = 5771 \pm 100$ K; Fe/H = 0,00 $\pm$ 0,05)							
49728 / 35,79	5751,25	-0,05	1,03	1,04	0,61	1,25	G2V
106438 / 45,42	5768,50	-0,03	1,03	1,25	0,38	-	G2/3V
14339 / 51,18	5808,50	-0,03	1,04	1,24	0,40	1,26	G2V
16544 / 52,26	5728,50	-0,01	1,02	0,90	-	1,12	G2V
52472 / 43,53	5797,33	0,04	1,04	1,59	-	0,90	G2/3V
<b>A Naphoz tömegben és méretben hasonló csillagok</b>							
58950 / 36,25	5731,4	-0,14	1,01	0,97	0,53	1,20	G2V
76911 / 55,21	5725,7	-0,16	1,01	1,03	-	1,38	G2V
23259 / 40,47	5680	0,00	1,01	0,97	-	0,73	G2V
78217 / 29,59	5660	-0,25	0,99	1,03	-	1,21	G2V
98959 / 17,91	1791	-0,21	1,02	1,03	0,53	1,23	G2V

1. táblázat: Az effektív hőmérséklet és a fémesség, illetve a tömeg és a méret tekintetében a Naphoz nagyon hasonló csillagok a bolygótestek keletkezése szempontjából fontos elemarányokkal. Az adatok forrása a *Hypatia* katalógus [12]

## ÖSSZEZÉS

Az olyan űrtávcsövek, mint a JWST, az Ariel és a HabEx (*Habitable Exoplanet Observatory*) jelentős mérföldkövek lehetnek a lakható exobolygók azonosításában. A kőzetbolygókból származó anyagok, s a bolygó légkörök kémiaiájának elemzése közelebb vihet az egyes kis tömegű bolygótípusok gyakoriságának, valamint az élet elterjedtségének pontosabb becsléséhez.



3. ábra: A tervezett HabEx űrtávcső. (Forrás: NASA)

### Irodalomjegyzék

- [1] Soderblom D.R., King J.R. (1998): *Solar-Type Stars: Basic Information on Their Classification and Characterization*. In Hall J.C. (szerk.), *Solar Analogs: Characteristics and Optimum Candidates. The Second Annual Lowell Observatory Fall Workshop, October 5–7, 1997*. Lowell Observatory, 41
- [2] Shapiro A.I. et al. (2013): *The place of the Sun among the Sun-like stars*. *Astronomy & Astrophysics*, 552, A114
- [3] Reinhold T. et al. (2020): *The Sun is less active than other solar-like stars*. *Science*, 368, 518
- [4] Petigura E.A. et al. (2013): *Prevalence of Earth-size planets orbiting Sun-like stars*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 19273
- [5] Vielen R. et al. (1996): *On the birth-place of the Sun and the places of formation of other nearby stars*. *Astronomy & Astrophysics*, 314, 438
- [6] Meléndez J. et al. (2009): *The Peculiar Solar Composition and its Possible Relation to Planet Formation*. *Astrophysical Journal Letters*, 704, L66
- [7] Önehag A. et al. (2014): *Abundances and possible diffusion of elements in M67 stars*. *Astronomy & Astrophysics*, 562, A102
- [8] Bedell M. et al. (2018): *The Chemical Homogeneity of Sun-like Stars in the Solar Neighborhood*. *Astrophysical Journal*, 865, 68
- [9] Spina L. et al. (2021): *Chemical evidence for planetary ingestion in a quarter of Sun-like stars*. *Nature Astronomy*, 5, 1163
- [10] JWST Transiting Exoplanet Community Early Release Science Team (2023): *Identification of carbon dioxide in an exoplanet atmosphere*. *Nature*, 614, 649
- [11] Limbach M.A. et al. (2022): *A new method for finding nearby white dwarfs exoplanets and detecting biosignatures*. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 517, 2622
- [12] Hinkel N.R. (2014): *Stellar Abundances in the Solar Neighborhood: The Hypatia Catalog*. *Astronomical Journal*, 148, 54



# A Hold csak egy érintésnyire van

Pataki Péter

Széchenyi  
István Egyetem  
Multidiszciplináris  
Műszaki Tudományi  
Doktori Iskola, Győr

*Bay Zoltán és kutatócsoportja az egykori Egyesült Izzóban a II. világháború alatt radarkészülékek kifejlesztésével foglalkozott. A kutatások eredményeinek hatására 1944-ben felmerült a holdradar ötlete, amelyet 1946. február 6-án sikeresen meg is valósítottak. A győri Széchenyi István Egyetemen ennek 75. évfordulója alkalmából felidéztek a kísérletet és Föld-Hold-Föld kommunikációra alkalmas rádióállomást építettek ki.*

## BEVEZETÉS

„A magyarok mindenütt ott vannak” – mondhatnánk némi humorral, de bármennyire is túlzásnak hangzik, jobban belegondolva rájövünk, hogy a tudományágak nagy részén jelentős tudósok születtek országunkban. Ugyancsak közéjük sorolhatjuk Bay Zoltánt is, akit a magyar radarcsillagászat atyjaként tarthatunk számon. Az ő nevéhez fűződik az első sikeres magyar holdradarkísérlet, amelynek 75. évfordulóját 2021-ben ünnepeltük, illetve rá egy évre, 2022-ben emlékeztünk meg Bay Zoltán halálának 30. évfordulójáról. E két alkalomnak apropójából több rendezvényen is megemlékeztek a neves magyar tudós munkásságáról, illetve a győri Széchenyi István Egyetem Távközlési Tanszékén megismételték a korabeli kísérletet.

Bay Zoltán kísérleteinek és találmányainak hála, a radarcsillagászat mellett több olyan jelentős újítás is szabadalom lett, amelyek az elektronikai fejlődést segítették. Az egykori Egyesült Izzó laborjaiban végzett kísérleteknek köszönhetően nem csak a rádiófrekvenciás kommunikáció és mérés technika terén sikerült maradandót alkotnia, hanem a fénycsövek, elektroncsövek és rádió-vevőkészülékek fejlődésében is.

A következő sorok célja megemlékezni a neves magyar tudós munkájáról és bemutatni az első magyar holdradaras kísérlet legfontosabb részleteit.

## ÚT A HOLD „MEGÉRINTÉSÉIG”

A második világháború alatt a bombatámadások és légi fenyegetések arra készítették a Honvédelmi Minisztériumot, hogy a Hadi Műszaki Tanács segítségével megfelelő légvédelmi rendszert fejlesszenek ki hazánkban, így a háború utolsó éveiben jelentősen megindult a kutatás a mikrohullámú technikával Magyarországon. Többen vizsgálták a hullámok viselkedését és terjedését különböző közegekben, mígnem egy olyan felvetés született, hogy ezek a jelek képesek elhagyni a Föld légkörét. Ennek bizonyítására korábban nem volt se mód, se lehetőség, de a korábbi kísérletek arra engedtek következtetni, hogy a jelenség közel sem lehetetlen.

Mikor 1944 márciusában Bay Zoltán azzal a felvetéssel állt csapata elé, hogy „Meg fogjuk lokátorozni a Holdat!”, kollégái nagy lelkesedéssel fogadták az ötletet. Két kollégájával, Papp Györggyel és Simonyi Károllyal munkahipotézist állítottak fel annak megállapítására, hogy a tesztek során milyen körülményekkel kell számolniuk a jelek visszaverődésének minél hatékonyabb véghezviteléhez. Előre tudták, hogy a Hold Földtől mért átlagosan csaknem 380 ezer kilométeres távolsága során jelentkező csillapítások és a Hold visszaverő képessége nehéz próbatétel elé állítja őket. Ismereteik szerint feltételezték, hogy az egy méter közeli hullámhosszú rádiófrekvenciás jelek kis veszteséggel hatolnak át az ionoszféra rétegein és a Hold visszaverő képessége valahol 10% körül lehet. Ilyen körülmények között akkoriban Magyarországon nem állt rendelkezésre olyan technikai megoldás, amely képes lett volna egy ilyen volumenű rádiófrekvenciás kísérlet végrehajtására. Lehetetlennek tűnt a zajszinthez képes nagyon csekély jelek detektálása, ami új megoldások létrehozására ösztönözte a kutatókat [1].

Felmerült az újszerű ötlet, hogy az ilyen gyenge, a zajszinthez képest csaknem egytized erősségű jelek észlelését nem lehet külön-külön megoldani, hanem azokat összegezve a zajszint felé kell emelni. Ennek megvalósítására állt elő Bay Zoltán a coulométer ötletével. Az elképzelés szerint a közös anóddal rendelkező tíz voltaméter-kapilláris közös üvegedényhez csatlakozik, amelybe hidrogént töltenek. Egy forgókapcsoló segítségével a tíz kapilláris katódjait három másodpercenként kapcsolták a vevő kimenetére. A jelek sugárzásának időzítését úgy számolták ki, hogy összhangban legyen ennek a forgókapcsolónak a működésével, így a beérkező jel mindig ugyanannak a kapillárisnak a katódjára kerülhetett. Az ötven perces mérés alatt az összegzett jel már jól mérhető módon reprezentálta a vevő szintjeit, csaknem harmincszor erősebben a zajszinthez képest [1].

A vétel detektálásának kitalálása után több próbát tettek különböző antennatípusokkal, de egyszer sem sikerült visszavert jeleket észlelni. A II. világháború következtében többször is telephelyet kellett váltani a kutatócsoportnak. Amire visszatérhettek az Egyesült Izzó újpesti telephelyére, a Bay-csoport több tagját elhurcolták vagy fogságba ejtették [1].

1945 nyarán a sok megpróbáltatást követően ismét nekiláthattak a munkáknak: az oroszok a gyár kifosztásával elszállítottak több olyan eszközt és dokumentumot, amelyek hiányában újra kellett gondolni a konstrukciót. Új antenna tervezésével és a korábbi lokátorkísérletek elemeivel együtt létrehoztak egy új, nagy méretű antennarendszert 36 darab dipólusból. Az Egyesült Izzó Kutatólaboratóriumának tetejére telepített robusztus antennarendszerhez csatlakoztak az adást és

1946. február 6-án PJS											Holdra irányas optikai célzás + 18° magasság 1.)	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
0	32	20	61	66	44	48,5	44	45	39	54		
9	4,8	23	121	132	93	91	75	75	66,5	80,5		
0-9	16	3	60	70	49	43,5	31	30	26,5	29,5		86,1
K/A												

1. ábra: Bejegyzés Bay Zoltán naplójában az első sikeres mérésről [2]



vételt lebonyolító eszközök és műszerek. A háború utáni csekély elektronikai alkatrészválasztékból gazdálkodva 1945 decemberére összeállt minden az újabb kísérletekhez. Több esetben észleltek változásokat a coulométer csöveiben, de a legtöbb esetben ezek csak reflexiókból származó jelek voltak. Több heti próbálkozás után az első értékelhető eredményt 1946. február 6-án sikerült elérni. Ekkor a zajszinthez képes 4%-kal emelkedett ki a visszavert rádiójel, ami meghaladta a számított hibahatárt, a kísérletet sikeresnek nyilvánították. Másnap sajtótájékoztaton mutatták be az eredményt [1].

A tesztek sikeressége megkérdőjelezhetetlen volt, de a világversenyt nem sikerült megnyerniük: 1946. január 10-én John H. DeWitt Jr. a Project Diana részeként sikeres holdvisszhangkísérletet hajtott végre az Amerikai Egyesült Államokban, így elsőként ő és csapata mutathatták be azt. Ennek ellenére a magyar fejlesztések és az egyedi megvalósítás miatt a Bay-csoport munkáját is elismeri a tudomány [3].

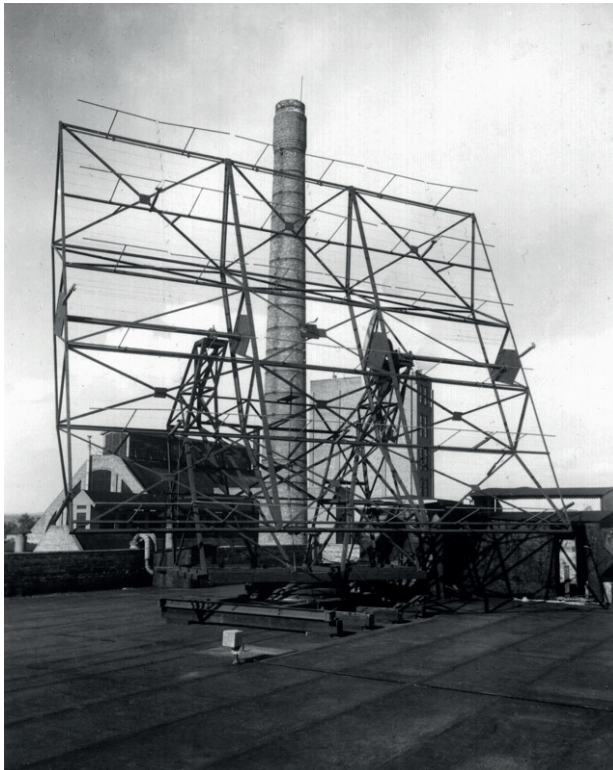
## **A KÍSÉRLET ÖSSZEÁLLÍTÁSA**

---

A holdradarkísérlet megvalósításához szükséges feltételek megteremtése igazi kihívás elé állította a Bay-csoportot. A magyar kutatási törekvéseket nehezítette a háború alatti és az azt követő energia- és eszközhiány. A szovjetek által kifosztott kutatólaborok eszközparkjának újrakiépítése mellett az elektromos energiaellátás sem volt kielégítő egy akkora teljesítményt igénylő kísérlethez, mint amit Bay Zoltán megálmodott. Ezeknek tükrében a tesztekhez felhasznált eszközöket is minél inkább úgy kellett megválogatni és összeépíteni, hogy az adott lehetőségeknek megfelelően a legjobb eredményt tudják produkálni. Bay Zoltán kéziratai a mai napig fellelhetőek, amelyeket böngészve nagyon érdekes képet kapunk a projektről. A precízen, naplószerűen vezetett jegyzetek a legfontosabb számításokat és vázlatrajzokat tartalmazzák [4].

A teljes rendszer legfőbb egységei az adóból, az antennarendszerből, a vételi oldali erősítőből és a coulométerből álltak. Az adó megvalósításához nem volt sem megfelelő forrás, sem eszköz egy klystron vagy magnetron alapú rezgékeltetőhöz, így kényszerből a centiméteres hullámok helyett a fél méter körüli hullámhosszú jelekkel és triódás adócsövekkel történtek az első adáspróbák. Az első sikeres holdvisszhang észlelésekor két darab 0Q0 500/3000 típusú adócső üzemelt, amelyeket három másodperces időközökkel kapcsolgattak. A feljegyzések szerint gyakran begerjedt ez az erősítő, így kénytelenek voltak olyan megoldást kitalálni, amely az impulzusszerű üzem esetén is kellően gyors lecsengésű jelet továbbít az antenna felé [1,4,2].

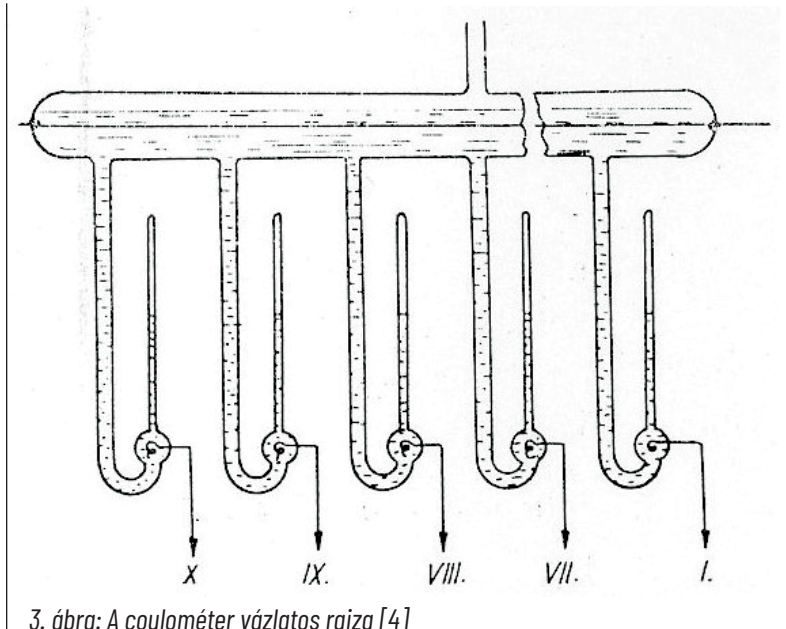
Az adókészülékkel az antennán kisugárzott impulzusok megfelelő beállításánál figyelembe kellett venni, hogy a vevő zaja a vevőkészülék sávészelleiségének négyzetgyökével arányos. Ennek ismeretében meg kellett találni azt az optimális sávészelleiség értéket, ahol az impulzusok a vevő zajából minél jobban kiemelkednek. Ennek a feltételnek az ideális megközelítése, ha a vevőnek a sávészelleisége egyenlő az impulzus  $1/\tau$  sávészelleiségével. Ekkor érhető el az, hogy az impulzus időtartama nem torzul, és pontosabb időmérést tesz lehetővé. Tehát mivel a  $\tau$  így időben rövid impulzus, ezért az adócsöveknél nagyobb csúcsteljesítményre lehet számítani [4].



2. ábra: A holdradar antennarendszere [5]

Az antenna – amely adás és vétel célra egyaránt szolgált – egy 36 dipóluselemből összeállított rendszer, mint ahogy a 2. ábrán is látható. Ezekből lett kialakítva soronként három darab egészhullámú dipólus antenna. Ennek nyeresége megközelítőleg 19 dB volt a „single dipole”-hoz viszonyítva és irányélessége körülbelül  $19^\circ$  volt. Azimut és magassági irányban is forgatni lehetett. Az antenna jelúthoz kötését – a mozgásából adódóan – nem teheték meg közvetlenül, erre megfelelő hosszúságú, 200 ohm impedanciájú szimmetrikus vezetékét használtak. A jelút végén volt a mechanikus forgókapcsoló, amellyel az adási és vételi módok között lehetett választani [2].

A vett jelek detektálására és összegzésére egy egészen újszerű műszert hoztak létre, a hidrogén coulométert, amely később a rádiócsillagászat egyik fontos eszközévé vált. A kísérletkehez egy olyan, egyedi 10 csőből álló voltamétert alakítottak ki, amelynek minden csőve közös anódra volt kötve, mint ahogy a 3. ábra szemlélteti. A csöveket a forgókapcsoló segítségével az adóimpulzusokkal szinkronban kapcsolták a vevőerősítőre. A vett jelnek megfelelően az áram hatására kiváló hidrogén gáz a vékony kapillárisokban a folyadék-meniszkuszt eltolta mindig az áramintegrállal arányosan. Ez a módszer a forgókapcsolóval lehetővé tette azt, hogy az impulzusoknak megfelelően mindig ugyanarra a csőre essen a jel és a hosszú tesztelési idő alatt azok összegződjenek. Az  $N$  számú mérés esetén a zaj mértéke a csövekben  $\sqrt{N}$  szerint nőtt, a jel pedig lineárisan az eredeti egytizedes jel/zaj viszonyt csaknem harmincszorosan javította. A hasznos jel jól mérhető módon a zajszint fölé emelkedett [4].



## **KÍSÉRLET ÉS MEGEMLEKÉZÉS GYŐRBEN**

A 2022-es évben a győri Széchenyi István Egyetem Távközlési Tanszékén két olyan eseményt is szerveztek, amelyeken Bay Zoltánról és az ő kísérletéről emlékeztek meg.

A Távközlési Világnap alkalmából május 19-én a résztvevők megemlékeztek Bay Zoltánról. Ennek keretében az egyetem négy hallgatója megkoszorúzta az újpesti Bay Zoltán emlékszobrot.

A Világnapot megelőzően az egyetemi Honfy József Rádióamatőr Szakosztályból Németh Péter, Kéri Lajos és Nagy Zoltán, valamint néhány hallgatójuk szintén át szerette volna élni a Holdon keresztüli összeköttetéssel járó élményt. Motivációnak épp elég lett volna az is, hogy egy ilyen különleges kommunikációs formát összehozzanak, ám ők úgy gondolták, Bay Zoltán halálának 30. évfordulója alkalmából megismételik a kísérletet, korhű módon.

Miután elkezdtek kutatni arról, hogyan is lehetne megvalósítani az eredeti kísérletet minél hitelesebben, több akadályba is ütköztek. Elsősorban amiatt, hogy a 120 MHz-es frekvencia – amelyet eredetileg 75 éve használtak – napjainkban teljesen más felhasználásban áll, ennek zavarása tudományos célból is komoly következményeket vonhatna maga után. Ezután jött az ötlet, hogy térjenek át egy rádióspektrumban közeli rádióamatőr frekvenciasávra, mivel oda a rádióklubnak van engedélye. Így választották ki a 140–150 MHz közötti frekvenciasávot.

Az antennarendszer reprodukálásának legfőbb akadálya elsősorban a 6 × 8 méteres mérete volt. Egy 36 elemű antennarendszer megvalósítása a nagy méret és szélterhelés mellett komoly kockázatot jelentett volna az épület biztonságára tekintve. Az elmúlt 75 évben olyan mértékű antennás fejlesztések

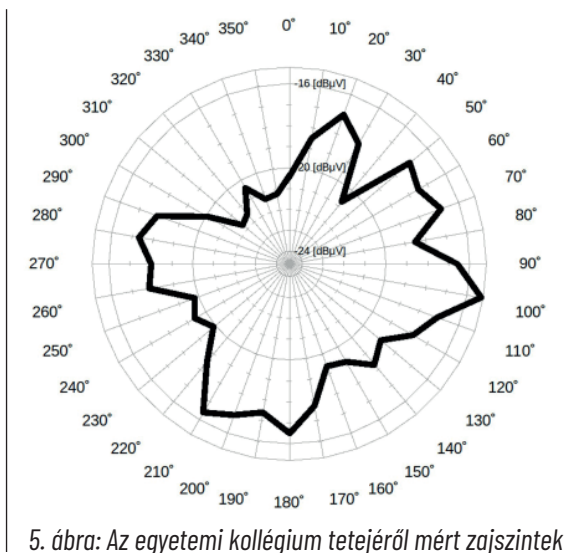


4. ábra: A győri antennarendszer

valósultak meg, hogy már nem indokolt az eredetihez hasonló konstrukció. A 4. ábra szerinti módon egy Yagi antennarendszerre esett a választás, annak nyeresége és könnyű szerkezete miatt. Az antennákat egy teljesítményosztó kötötte össze az 1 kW teljesítményű erősítővel, amelynek feladata a végfokból kiadott teljesítmény egyenletes szétosztása a négy antennaelem között. Több mérés előzte meg ennek összeépítését, mivel a teljesítményosztás feltétele, hogy a jelutak mind a négy antenna felé egyforma elektromos hosszal rendelkezzenek, elkerülve a jel torzulását jelentő fázisbeli különbségeket.

A hosszas tesztek során meg kellett tapasztalni, hogy a győri városi közeg milyen módon befolyásolja a kísérletet. Mivel Győr egy jelentős ipari város, ezért rengeteg olyan rádiófrekvenciás zavar észlelhető, amelyek a Holdról visszaverődő gyenge jeleket képesek elnyomni. Bay Zoltánék idejében az Egyesült Izzó gyártósorai szintén zavarták a méréseket, ezért ők éjszaka tudtak eredményeket elérni, amikor a gyár elcsendesült. A 21. században, amikor már éjjel-nappal folyik a gyári termelés, ez nem kivitelezhető, így meg kellett találni azokat az irányokat, ahol a zajszint a legmagasabb, és úgy végezni a kommunikációt, hogy lehetőleg ne ezekbe essen az antenna fő vagy melléknyalábjának iránya. Ez kompromisszumok sorával járt. A zavarok irányának meghatározására egy héten keresztül folyamatosan több mérést is végeztem a bemutatott antennacsoporttal, ezek eredményét az 5. ábra mutatja be.

A mérés célja az volt, hogy meghatározzam, melyek azok az irányok, ahol a Holdon keresztül kommunikáció erősen zavart. Az egy hét során azimut irányban 0 és 360 fok között, illetve magasságban 0 és 40 fok között végeztem a méréseket. Az azimut irányokban azért volt elég a 10 fokos lépésköz, mert az antennarendszer nyílásszöge megközelítőleg 12 fok, így a mérések idejét lehetett rövidíteni. Az 5. ábrán látható grafikon elkészítéséhez a mérési eredményeket átlagoltam és ezeket az értékeket jelenítettem meg. Elemezve az ábrát, jól látszik a különbség, hogy melyik irányokban nő meg a zajszint: 100 fok irányában az ipari park helyezkedik el jelentős elektromágneses zavarokat kibocsátva, 300 és 10 fok között pedig a Püspök-erdő, a Duna partja és külvárosi övezet terül el. A gyakorlati tesztek is igazolják ezeket a méréseket, miszerint az utóbbi irányban sokkal kedvezőbbek a lehetőségek a gyenge jelek vételére.



Az első sikeres holdvisszhangkísérletek hatására az egyetemi rádióklub tagjai elkezdtek EME (Earth–Moon–Earth) versenyeken részt venni. Ezek a versenyek sokszor kontinenseken is átívelő rádiós összeköttetéseket jelentenek, ahol a cél minél távolabbi állomást minél jobb minőségben venni a Holdról visszaverődő jelek által. A verseny alatt többek közt FT8 üzemmódot használnak, ami azért előnyös a Holdon való adattovábbításra, mert a frekvenciabilentyűzésen (8-GFSK) alapuló digitálisan modulált jel gyenge vételi jelszint és rossz jel/zaj viszony mellett is dekódolható [6]. Az FT8 üzemmód esetében külön ügyelni kell az időszinkronizációra, tekintettel a rádióhullámunk Föld–Hold–Föld terjedési idejére. Ennek az üzemmódnak a használatával sikerült az első kapcsolatot létrehozni 2022. április 11-én kora este.

A megemlékezésre összeállított kísérlet sikerei és tapasztalatai arra buzdítják az egyetemi rádióklub csapatát, hogy továbbvigyék a Holdon keresztüli összeköttetések hagyományát és tovább fejlesszék a győri állomást. Jelenleg is több versenyen vesznek részt 2 méteres hullámhosszon, de nemsokára a 70 centiméteres hullámsávban is megjelennek majd új antennacsoportjukkal.

## Irodalomjegyzék

- [1] Szabó P.J. (2014): *Radarokkal a lopakodók ellen. A magyar katonai légtérellenőrző és radarrendszer története 1917–2014.* HM Zrínyi Kiadó, Budapest
- [2] Bay Z. (1945–46) naplója és kéziratai
- [3] Makamson C. (2021): *Project Diana: To The Moon And Back*, <https://www.nationalww2museum.org/war/articles/project-diana-moon-and-soviet-union> (letöltve: 2023.01.12.)
- [4] Bay Z. (1976): *Visszaemlékezés a magyar holdvisszhang kísérletre.* *Fizikai Szemle*, 26, 41
- [5] Mészáros S. (1996): *A Hold válaszolt. Lapok a fizika történetéből*, [https://www.termvil.hu/archiv/fizika\\_eve/tortenet/fiztort/hold.html](https://www.termvil.hu/archiv/fizika_eve/tortenet/fiztort/hold.html) (letöltve: 2023.01.15.)
- [6] Hinson G. (2021): *FT8 Operating Guide*

# Űrcsillagászat keleten (1. rész) - a Szovjetunió és Oroszország

Varga Krisztián

amatőrcsillagász,  
műkedvelő űrkutató

## ELŐSZÓ

Jelen dolgozatban szeretném bemutatni az orosz „szubkontinens”, valamint Ázsia számos országának űrcsillagászati erőfeszítéseit és eredményeit. Még a tudományos folyóiratokat és portálokat böngészve is csak elvétve találkozunk ezekkel, leginkább az Egyesült Államok idevágó projektjei kerülnek előtérbe, pl. a Hubble- vagy jelenleg a James Webb-űrtávcsövek észlelései. Tény, hogy utóbbiak szerepe valóban nagyobb keleti társaikénál, de azért azoké sem elhanyagolható. Ráadásul – mint azt jelen részből látni fogjuk – ez nem, vagy nem minden tekintetben volt mindig így.

A szovjet és az orosz űrtevékenységet valószínűleg minden olvasó többé-kevésbé figyelemmel kíséri. Ezek nagy része technológiai és/vagy katonai jellegű demonstráció volt a Nyugattal, de leginkább az USA-val szemben. Ezek után talán meglepőnek hangzik, amikor valaki egy teljes cikket kíván szentelni az orosz űrcsillagászatnak. A következőkben kiderül, hogy ilyen kísérletek voltak és folynak napjainkban is, csupán nem kapnak akkora publicitást, mint a fentebb nevezettek.

Űrcsillagászatnak a világűrbeli (hagyományosan Föld körüli pályáról) elvégzett csillagászati észlelésekkel, megfigyelésekkel foglalkozó tudományágat nevezzük. A csillagászat pedig távoli égi objektumokat vizsgál távérzékeléssel. Ez az állapot változott meg az űrkorszak beköszöntével hamarosan munkába álló bolygóközi szondák megjelenésével, melyek segítségével a célégitest a helyszínen (*in situ*) tanulmányozható. Ennek ellenére a klasszikus megközelítés szerint az űrszondás kísérletek nem tartoznak az űrcsillagászat tárgykörébe, így – főként terjedelmi okok miatt – mi is erre fogunk szorítkozni. Ugyanakkor témánk részét képezik a ballonokkal és szuborbitális repülések során magasba juttatott csillagászati berendezések, valamint a keringő napobszervatóriumok is.

## A KEZDETEK

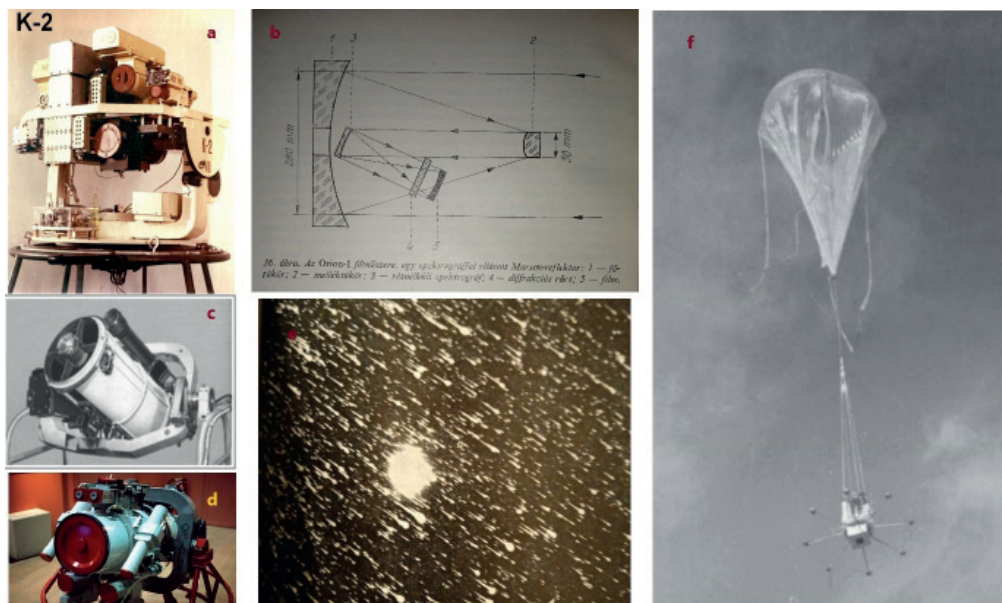
A Szovjetunióban az 1960-as évektől folytak űrcsillagászati programok: a Kapusztjin Jar-i rakéta-kísérleti telepről ekkortájt küldtek a magasba *R-5 Pobjeda* balisztikus rakétákkal ultrabolya (UV) és röntgentartományban működő műszeresomagokat a Nap kutatására. A *K-2*, *K-3* és *K-4* jelzéssel ellátott obszervatóriumok (1.a ábra) – különböző kombinációkban és módosításokkal – az alábbi berendezéseket tartalmazták:



- Lyman-alfa távcső a kromoszféra fényképezéséhez (fókusz távolság: 500 mm, rés mérete: 70 mm)
- Résspektrográf a napkorona észleléséhez 500–1300 Å (ångström, 1 Å = 10 nm = 10<sup>-10</sup> m) közti tartományban, 0,1 Å felbontással
- Spektrográf a kromoszféra vizsgálatához 700–1800 Å között, 0,1 Å felbontással
- UV-távcső 2000–3000 Å között a korona leképezésére a napkorongtól 24 napsugárnyi távolságig
- Monokromatikus leképező berendezés 250 mm fókusz távolsággal és 50 mm-es réssel a semleges hélium (He I) 584 Å és az egyszeresen ionizált hélium (He II) 304 Å hullámhosszú vonalaira
- 150 mm fókusz távolságú távcsövek a Nap képének rögzítésére 60 Å-nél rövidebb hullámhosszakon 1 ívperces szögfelbontásig
- Röntgenspektrográf a napkorona tanulmányozására 10–150 Å között (diszperzió: 3 Å/mm)

A műszeregyütteseket a rakéta 500 km magasba vitte, ahol szabadesésben kb. 8–9 percig végezték feladatukat, majd ejtőernyők segítségével tértek vissza a Földre. A program legelső indítására 1961. február 15-én került sor egy napfogyatkozás alkalmával. Szintén megemlítendő az 1965. október 1-jei észlelés, melynek során Napunk az addig megfigyelt legerősebb röntgenflert produkálta [1].

Szintén az égitest jobb megismerését szolgálta a *Szturn* nevű vállalkozás is (1.f ábra), melynek keretében összesen négy ízben (1966. november 1., 1967. szeptember 22., 1970. július 30., 1973. június 20.) küldtek a sztratoszférába egy-egy távcsővel felszerelt ballont szovjet csillagászok. Az első három felszállás 0,5 m-es, míg az utolsó már 1 m átmérőjű optikával történt – utóbbi esetben a képek felbontása elérte a 0,12 ívmásodpercet [2].



1. ábra: A szovjet űrcsillagászat kezdetei: a K-2 szuborbitális obszervatórium (a), az Orion-1 optikai elrendezése (b), az Orion-1 távcső (c), az Orion-2 teleszkóp makettje (d), az Orion-2 objektívprizmás felvétele a Capella csillagról (e), a Szturn napobszervatórium egyik felszállása (f). (Források: russianspaceweb.com, astronautix.com, [5,1])

## TÁVCSÖVEK A VILÁGŰRBEN

Az ember tartós űrbéli jelenléte minőségi változást hozott a csillagászatban is. Bár pl. az 1968-ban pályára állt a Kozmosz-215 nyolc darab 7 cm-es átmérőjű [3], 1969-ben a Kozmosz-309 műhold egy UV-távcsővel (*Prokion*) repült, és 1974-ben a *Meteyor-1-16* meteorológiai holdon is egy röntgentávcső működött [4], a legsikeresebb időszak talán e szempontból a Szaljut űrállomások felbocsátásával kezdődött (minden szovjet űrállomást vagy modult és űrtávcsövet Proton rakétával indítottak a kazahsztáni Bajkonurból). Ekkor áll „csatasorba” az Orion-1 távcső (1.b ábra), mely szintén ultraibolya tartományban dolgozott a Szaljut-1-en (az állomás 1971. április 19. és 1971. október 11. között volt használatban). Az Orion-1 főműszere egy Mersenne-reflektor, mely egy résnélküli diffrakációs ráccsal felszerelt spektrográffal volt ellátva. A főtükör átmérője 30 cm volt (ebből az 5 cm-es melléktükör kitarakása miatt 28 cm volt a hasznos átmérő). A berendezéssel mintegy félórás expozíció esetén 5 magnitúdóig készülhettek színeképek. A távcsövet egy űrhajós állíthatta rá a kívánt célpontra, utána a követést egy 6,8 cm átmérőjű, fotoelektromos eszközzel felszerelt refraktor biztosította (de manuálisan is lehetett végezni). A felvételek 16 mm széles mozgó filmre készültek. Az Orion-1 akkor működött, mikor a Szaljut-1 éppen földárnyékban volt [5]. A távcsövet Viktor Pacajev, a Szozuz-11 űrhajósa használta először (Pacajev sajnos a legénység két másik tagjával együtt a visszatérés során életét veszítette). Számos csillagról sikerült spektrogramokat rögzíteni, pl. a sokak által ismert Vegáról ( $\alpha$  Lyrae) és a  $\beta$  Centauriról is 2000–3800 Å között [1].

Továbbfejlesztett változata, az *Orion-2* (1.c ábra) már egy űrhajó, a Szozuz-13 orrára került (ezen az űrhajón nem volt dokkolószerkezet). Ez már egy 24 cm átmérőjű, 100 cm fókusztávolságú, nagylátószögű ( $5^\circ$ -os), spektrográffal ellátott Makszutov-rendszerű (más források szerint Cassegrain [1,3]) távcső volt. A nagy látószög, a pontosabb automatikus követő és az ún. kétszillagos stabilizáló rendszer és a fényerő lehetővé tette, hogy akár 10 000 csillagról 12 magnitúdóig (20 perces felvétel esetén) színeképet kapjanak [5]. (Összehasonlításképpen: az ekkor már pályán lévő amerikai Skylab űrállomás hasonló eszközével ez az érték „csak” 7,5 magnitúdó volt [4]). Az eszközt Valentyin Lebegyev kozmonauta kezelte a küldetés során. Az Orion-2-vel UV-spektrum készült az IC 2149 jelű planetáris ködről, mellyel először sikerült ilyen objektumokban kimutatni a titán és az alumínium jelenlétét. Megemlítendő felfedezés még, hogy szintén e távcsővel észlelték spektroszkópiai úton a szilícium (Si) anomális mennyiségét egy forró (B1e színeképtípusú) csillag, a SAO 077308 környezetében. A színeképben mutatkozó, egymáshoz igen közel álló Si vonalak (szextet) jelenlétéből a csillagászok egy porburokra következtettek, melyet a csillag pöfögött ki magából [10].

Egy kicsit kanyarodjunk el az orbitális űrtávcsövek ismertetésétől, mert bár a Hold-verseny leszállóágban volt, még mindig tartogatott érdekes mozzanatokat! A szovjetek, hogy azért mégis mutassanak fel szép eredményeket a holdkutatásban, a Luna program végén (1970. november 17-én és 1973. január 15-én) két Lunohod rovert juttattak égi kísérőnk felszínére. Ezek – azon kívül, hogy teljesen távvezéreltek voltak – vittek magukkal egy-egy röntgentávcsövet is, melyek így az első csillagászati műszerek voltak a Holdon. A Lunohod-1 távcsöve két proporcionális számlálóval és szűrőkkel volt ellátva, a 2000–10000 eV (1–6 Å) hullámtartományban működött, folyamatosan a helyi zenitre állítva (feltéve, hogy a jármű vízszintesen állt) [11]. Óránként 0,5<sup>o</sup>-os égterületet pásztázott végig, amivel jóval érzékenyebben tudta



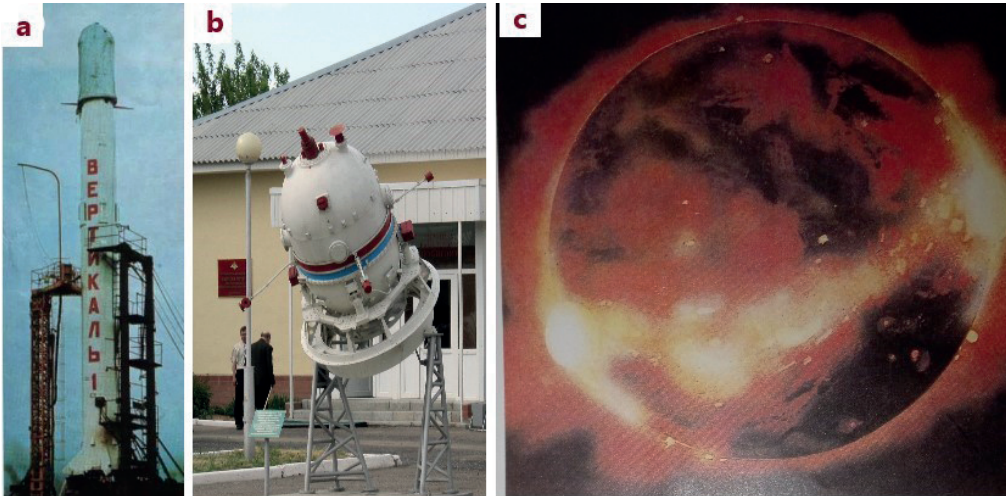
vizsgálni a röntgenégboltot, mint egy hasonló méretű, de Föld körüli pályán keringő röntgenteleszkóp. A Lunohod-1 és -2 távcsöveivel Nap- és galaktikus észleléseket végeztek [12,13].

A Szaljut-4 (1974. december 26. - 1977. február 2.) már nem egy, hanem öt csillagászati eszköz is helyet kapott: az OSZT-1 (*Orbitalnij Szolnyecsnij Tyeleszkop*) egy 25 cm átmérőjű, a Napot UV-sávban észlelő távcső, mely egyes alakzatokról, de akár a teljes napkorongról képes volt színeképeket felvenni (850-1350 Å között működött 3-4 ívmásodperces felbontással). Megfigyelései célja a Nap hőmérsékleti viszonyainak feltárása volt (érdekesség, hogy a távcső tükrét - kísérleti jelleggel és elsőként - az űrállomáson újraalumíniumozták, hogy megvizsgálják, hogyan változik a fényvisszaverő képessége). Némileg hasonló eszköz volt a KSZSZ spektrométer (*Kompleksz Szolnyecsnih Szpektrometrov*) is. A FI-LIN egy röntgenteleszkóp volt, mellyel e sugárzás kozmikus forrásait észlelhették az 1-10 és a 6-60 Å közti sávokban. Szintén ilyen berendezés volt az RT-4, ez azonban már az észlelt röntgenforrás „fényességét” mérte. A Szaljut-4-en elhelyeztek egy infravörös (IR) csillagászati távcsövet (ITSZ-K). Ez a bolygók légkörének sugárzását mérte, de használták a Hold, a Szaturnusz, az Androméda-köd és a Magellán-felhők, továbbá egyes csillagok tanulmányozására is [6]. Az észlelés 1-7 µm-es tartományban történt. A 30 cm tükörátmérőjű műszer spektrumok előállítására is képes volt, amiben a fluorittal bevont prizmának és a mellette elhelyezett forgótükörnek kulcsszerepe volt (ez utóbbi feladata, hogy a „széthúzott” spektrum minden egyes része eljusson a detektorra). Az eredményeket magnószalagon rögzítették [3]. A berendezések egy helyen, az állomás legszelesebb részében egy tölcésrszerű házban voltak (6.b ábra).

A következő tudományos űrlaboratóriumnál, a Szaljut-6-nál (1977. szeptember 29. - 1982. július 29.) megnövelték a műszeres egység hosszát a korábbi 4,1 méterről 6 méterre, így minden eddiginél nagyobb és bonyolultabb kutatóberendezések kerülhettek ide. Ezek közül a legnagyobb a szintén tölcésr formájú rekeszben működő BSZT-1M multispektrális távcső és egy gamma-sugár-teleszkóp, a Jelena [7]. Emellett az űrállomás „végéhez” csatlakozva nyílt ki az az új szovjet rádiótávcső, a 10 méter átmérőjű KRT-10 is (6.a ábra; ezt később leválasztották). A Szaljut-6-ot látogató személyzetek és űrhajósok száma messze meghaladta az előzőekét, ami nagyrészt annak köszönhető, hogy megindultak a nemzetközi Interkozmosz űrrepülések, ez azonban nem érinti az űrcsillagászati kísérleteket - az ilyen vonatkozásokat a most következő fejezetben tárgyaljuk.

## **NEMZETKÖZI EGYÜTTMŰKÖDÉS**

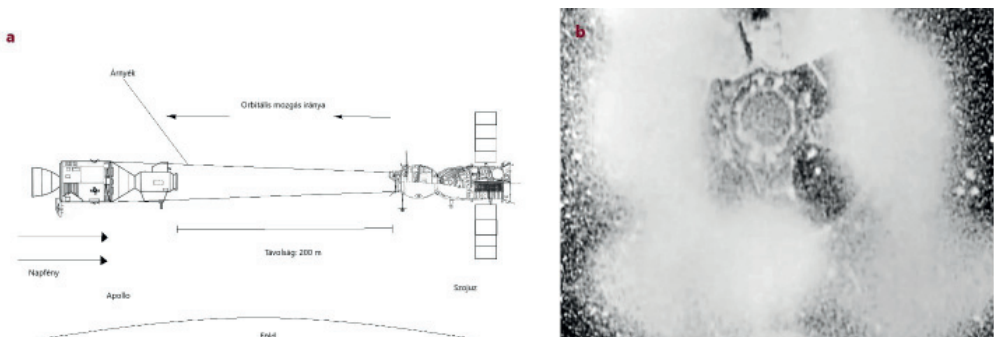
A Szovjetunió nagyon sokáig elzárkózott attól, hogy más államok szakembereit bevonja tudományos-technikai munkájába. Ez a helyzet változott meg, amikor az 1970-es években - még az Apollo-program alatt - szovjet és amerikai politikusok, tudósok és mérnökök nekiláttak egy közös űrrepülés megvalósításának. Ez volt az Apollo-Szozuz, melyre 1975. július 15-én került sor. A küldetés szimbolikus jellege mellett számos tudományos-műszaki eredményhez vezetett [8]. A mi szempontunkból a mesterséges napfogyatkozás létrehozása és a közben végzett mérések a legérdekesebbek: a két űrhajó szétválasztását követően az Apollo 200 méterre eltávolodott. Így a Szozuzról nézve pontosan a Nap irányába került, hogy a korona megfigyelhetővé váljék. Az amerikai űrjármű 2 napátmérőnyi



2. ábra: a Vertyikal-1 rakéta az indítóálláson Kapusztyn Jarban (a), a K65UP műszertartály egyik példánya Kapusztyn Jarban kiállítva (b), Napunk röntgentartományban fényképezve a Vertyikal-11 során (c). (Források: b14643.de, [8], Akadémiai Kislexikon, 1989)

felületet takart ki központi csillagunkból (3.a ábra). A program végén a szovjet szakemberek elemezték és publikálták az eredményeket. Eszerint a napkorona az 55 expozícióból 19-szer volt észlelhető az Ekliptika mentén nyugati irányban közel 25 napátmérőig [9] (3.b ábra).

A nem sokkal később létrejövő Interkozmosz együttműködés a keleti blokk országai – így hazánk – számára kedvező volt űrkutatási szempontból. Egyik nyitánya volt a Vertyikal program, ennek során a Szovjetunió és a többi résztvevő állam (Bulgária, Csehszlovákia, Lengyelország, Magyarország és az NDK) a névadó egylépcsős rakétatípus tetején egy műszertartályban (K65UP, 2.b ábra) elhelyezhette berendezéseit, és a szuborbitális repülések alatt méréseket végezhettek. A csomagok 500 és 1500 km-es magasságokba jutottak attól függően, hogy visszatértek-e a Földre vagy sem. Ennek megfelelően a K65UP kialakítása is különbözött, három különböző típust alkalmaztak: visszatérő (VZA-SZ)



3. ábra: Az Apollo-Szojuz repülés során végrehajtott mesterséges napfogyatkozási kísérlet vázlata (a) és a napkorona a Szojuz-19 űrhajóból fényképezve (b). (Források: NASA ábrák felhasználásával a szerző munkája; NASA, collectspace.com)



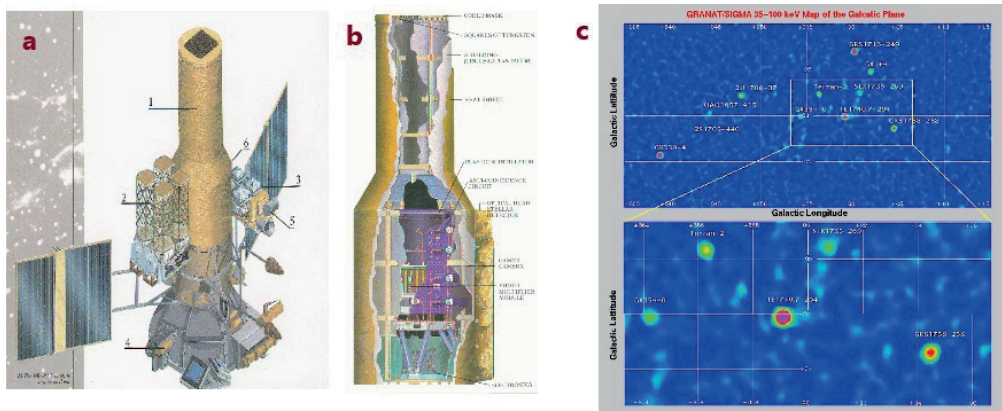
meg). A távcsövet „napellenző” védte a napfénytől. Az észleléseket egy 20 cm átmérőjű és 1 m fókuszu műszer segítette. A fókuszbán található szovjet-francia fejlesztésű fotométer 105–350 nm között vizsgálta a csillagok színképét (ez a tartomány nagyon sok elem ún. rezonanciavonalát tartalmazza, ami megkönnyíti kimutatásukat) [14]. Az SKR-02M egy 0,17 m<sup>2</sup> hasznos felülettel rendelkező röntgentávcső volt, ezzel 3 × 3 fokos égterületet volt képes egyidejűleg megfigyelni a 2–25 keV energiatarományban. Az Asztron 1989 júniusáig volt üzemképes, amivel jóval túlszárnyalta a tervezett egyéves élettartamot [15]. Tudományos programja során adatokat szolgáltatott a Hercules X-1 erős röntgenforrás nyugalmi és aktív szakaszáról, számos sugárforrást megfigyelt az Orion, a Taurus és a Leo csillagképekben, de főképp a neutroncsillag-vörös óriás kettős rendszerekben végbemenő anyagbefogási (akkréciós) folyamatokat vizsgálta.

1983. július 1-jén érdekes feladattal bocsátották fel a Prognosz-9 (8.a ábra) műholdat: Relikt nevű műszerével vizsgálja meg a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzást, mely a modellek szerint az Univerzum születése után „mindössze” kb. 270 000 évvel későbbi állapotokról hordoz információkat. Ehhez a műholdat igen elnyúlt (380 × 720 000 km) pályára állították. A Relikt 8 mm-es hullámhosszon (37 GHz frekvencián) működött 5,8<sup>o</sup> szögfelbontással. Eredményei nagyon közel állnak a későbbi amerikai COBE DMR hasonló méréseihez [20]. A műholdon röntgen- és gamma-detektorok is helyet kaptak. A programban a Szovjetunió mellett Franciaország és Csehszlovákia is részt vett [19]. Elkezdődött a jóval érzékenyebb Relikt-2 fejlesztése is, ám ezt 1997-ben – feltehetőleg gazdasági okokból – leállították (8.f ábra, [21]).

Eközben a Mars nagyobbik holdja felé tartó Fobosz szondák is végeztek csillagászati észleléseket: a Fobosz-1 1988. július 23-án megkezdte a Nap röntgenfényben történő fényképezését Tyerek nevű műszerével, összesen 140 felvételt készített. Szintén napkutató, emellett gamma-csillagászati megfigyeléseket végzett testvére, a Fobosz-2 is (a program széles körű nemzetközi együttműködésben folyt, sajnos később mindkét űreszközzel megszakadt a kapcsolat [17]).

Az Asztron sikerén felbuzdulva tervezték meg a hasonló felépítésű, de már röntgen- és gamma-tartományban működő Asztron-2-t, mely végül francia és dán közreműködéssel Granat (5.a ábra) néven valósult meg és állt pályára 1989. december 1-jén. Pályája kezdetben szintén 2000 × 200 000 km volt, melyet fokozatosan 60 000 × 180 000 km-re módosítottak. Fő műszere a francia fejlesztésű SIGMA, mely egy ún. kódolt maszkkal és egy irányérzékeny Na(Tl) detektorral ellátott nagylátószögű (5×5<sup>o</sup>) távcső volt (5.b ábra). A kemény röntgen- és a lágy gamma-tartományban dolgozott, 35–1300 keV energiatarományban, nagy felbontású felvételeket készítve [18]. Az ART-P hasonló eszköz volt, de kisebb látószöggel (1,8×1,8<sup>o</sup>) és energiákon (4–60 keV) észlelt. Ezekon kívül a Granat még egy kisebb látószögű röntgen- (WATCH), valamint három, gamma-kitörések után nyomozó és a teljes égboltot monitorozó eszközzel (PHEBUS, KONUS-B, TOURNESOL) is el volt látva. A Szovjetunió szétesése az obszervatórium működését komolyan befolyásolta, mivel a vezérlésben leginkább szerepet játszó krími Jevpatorija állomás Ukrajna területére került – a problémát végül a francia partner közbelépése oldotta meg [1]. 1994 szeptemberében újabb gond adódott: a helyzetstabilizálásra használt gáz elfogyott, így az űreszköz irányítás nélküli módban dolgozott a kommunikáció megszűnéséig (1998. november 27.). Ennek ellenére számos felfedezés és eredmény köthető a hozzá: ilyen többek között a Tejútrendszer köz-

ponti régiójának leképezése (több mint 5 millió másodperces expozícióval), számos feketelyuk-jelölt sugárzásának nyomon követése, valamint új röntgensugárforrások felfedezése (az ezekre egységesen alkalmazott GRS rövidítés egyben az obszervatórium nevére is utal).



5. ábra: A Granat űrtávcső felépítése (a), fő műszere, a SIGMA berendezései (b, az előző képen 1. számmal jelölve), a teleszkóp által készített felvétel a galaktikus fősík környezetéről 35–100 keV tartományban (c). (Források: hea.iki.rssi.ru, [1])

Új platform nyílt a csillagászok számára, amikor 1987. április 12-én csatlakozott a Mir űrállomáshoz (1986. február 19. – 2001. március 23.) a Kvant nevű kutatómodulja. Ez két csillagászati műszeregyeséget, összesen öt távcsövet foglalt magában (6.c ábra). A Röntgen műszeregyüttes a következőket tartalmazta:

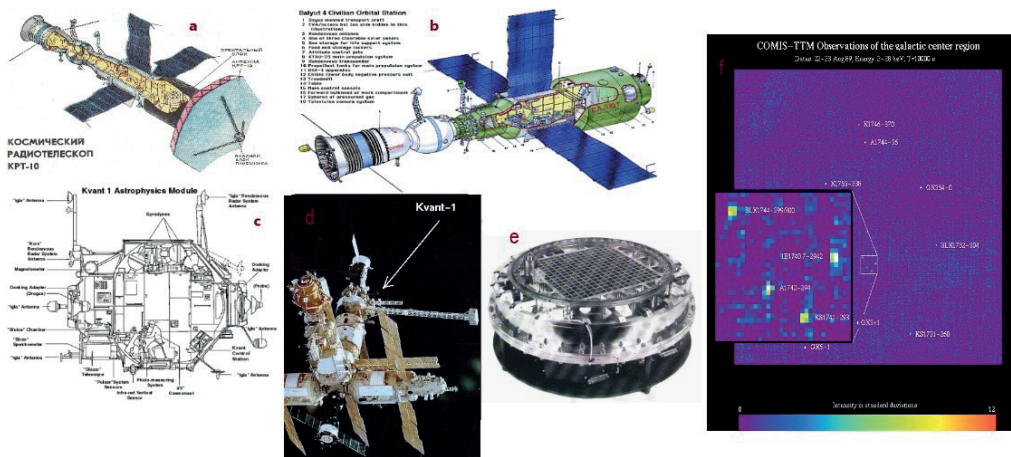
- TTM: szovjet röntgenteleszkóp, mely magában foglalja a brit-holland fejlesztésű, kódolt maszkos (vagy kódolt apertúrájú) COMIS detektort (6.e ábra) és spektrométert (valójában az angol COMIS és az orosz TTM rövidítések lényegében ugyanazt takarják). A műszeregyüttes 2–30 keV között működött 2 ívperces szögfelbontással.  $7,8 \times 7,8^\circ$ -os látómezejével az egyetlen nagylátószögű berendezés volt az állomáson.
- Sirene-2: 2–100 keV energiatartományban dolgozó, nagy nyomású gázzal töltött érzékeny szcintillációs proporcionális számláló. Az ESA hollandiai ESTEC részlegének eszköze volt.
- HEXE: az NSZK-ban fejlesztett  $1,6 \times 1,6^\circ$ -os látómezejű, 15–200 keV energiasávban működő NaI/CsI röntgendetektor (valójában egy sorozat része, melynek tagjait korábban ballonokon használták).
- Pulzar X-1: szovjet fejlesztésű,  $3^\circ$  látómezejű, 4 darab 20 cm átmérőjű NaI/CsI detektorral felszerelt berendezés az 50–800 keV tartományra [24].

A Glazar pedig egy szovjet-svájci fejlesztésű, érzékeny ultrabolya teleszkóp volt [22]. Az igazsághoz tartozik, hogy egy hasonló modul fejlesztését a szovjet tudósok már korábban kezdeményezték a Szaljut-7 számára, melyhez az Európai Űrügynökségen (ESA) kívül Hollandia, Nagy-Britannia, Svájc és az NSZK is társult összesen 5 tudományos eszközzel. Mivel a tervezet késett, így végül a már ismert formában valósult meg. Kezdetben a COMIS és a Sirene-2 eszközökkel voltak elektromos jellegű



problémák és a detektorokban lévő gáz instabilitása ideiglenesen rontotta a spektrális felbontást. Emellett kisebb üzemzavar mutatkozott a Röntgen csomag működésében, amikor a 2. keringés során a Mir elhaladt a dél-atlanti anomália felett: a mágneses mező által felgyorsított töltött részecskék időlegesen megrongálták a berendezéseket [24]. Számos röntgenforrás és esemény észlelését, mérését végezték el, de talán a legjelentősebb az 1987-ben a Nagy Magellán-felhőben feltűnt szupernóva (SN 1987A) nyomon követése volt.

1990. július 11-én egy érdekes koncepció első tagjaként került egy űroszervatórium földközeli pályára: a Gamma-1 nevű gamma-csillagászati eszköz a Mir kiszolgálását végző Progressz teherűrhajókból lett kialakítva, de a dokkolószerkezet helyére a két teleszkóp került, így ez sosem csatlakozhatott az űrállomáshoz [37]. Az egység napelemtábláit is átszerkesztették, így azok megjelenése némileg a Hubble-re emlékeztet. A későbbi példányoknál a dokkolás már lehetséges lett volna a Mir, vagy a tervezett, de meg nem valósult Mir-2 állomásokhoz, azonban előbbiek fejlesztése is megrekedt (Kína jelenleg egy hasonló űrtávcső megépítésén dolgozik).



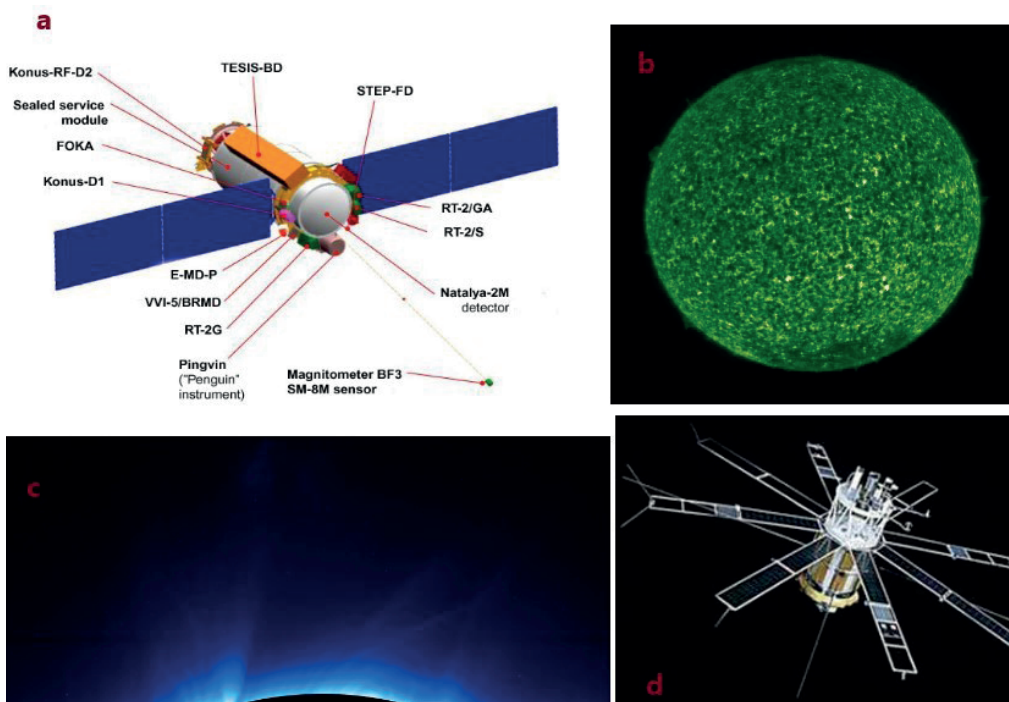
6. ábra: A KRT-10 rádiótávcső a Szaljut-6-hoz rögzítve (a), a Szaljut-4 belső szerkezete, az OSZT-1 távcsövet magában foglaló tölcészerű ház 11-gyel jelölve (b), a Mir/Kvant modul belseje a tudományos berendezésekkel (c), a Mir űrállomás fényképe, nyíl jelzi a Kvant egységet (d), a TTM röntgenteleszkóp COMIS detektora (e), a TTM/COMIS együttes által készített felvétel a Tejútrendszer központi vidékéről (f). (Források: space.stackexchange.com, [1], sron.nl)

## OROSZ ŰRCSILLAGÁSZAT

Az 1990-es évek elején megkezdődött a Koronasz program keretein belül négy műhold tervezése, melyek feladata a naptevékenység és Földre gyakorolt hatásainak (ürídőjárás) kutatása volt (Koronasz-I, Koronasz-F, Koronasz-Foton, Koronasz-Nuklon). A program ukrán közreműködéssel folyt, mert két hold AUOS-SM vázát (ezt kezdetben Interkozmosz holdaknál alkalmazták), valamint a hordozórakétát (Ciklon-3) is itt gyártották. Az eredeti tervek szerint a Koronasz-I 1993-ban, a Koronasz-F (7.d ábra) 1994-ben, míg a Koronasz-Foton (7.a ábra) 1995-ben indult volna, de gazdasági



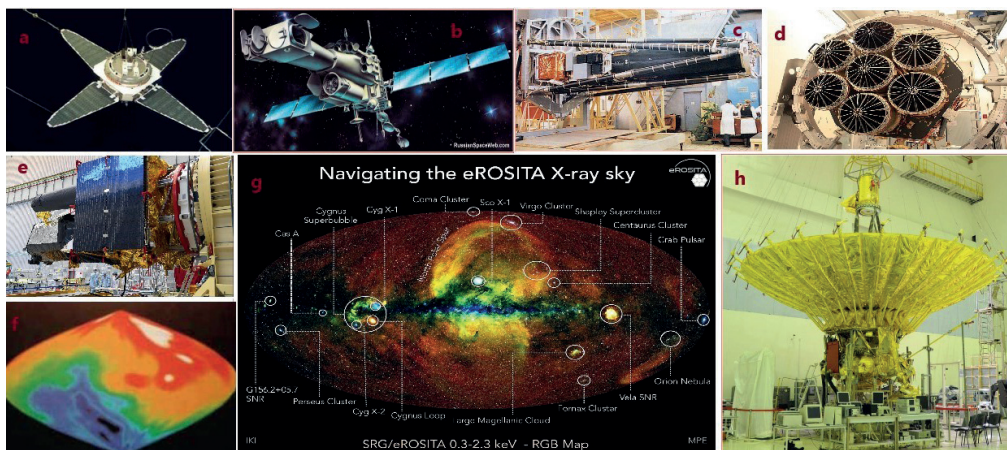
problémák miatt ezek késtek. Először a Koronasz-I állt pályára 1994. március 2-án, majd 2001. július 31-én a Koronasz-F követte. Utóbbi 15 tudományos berendezést vitt magával, melyeket orosz, grúz, szlovák, lengyel, német, brit és amerikai kutatók használtak. A küldetés során problémák léptek fel a tudományos adatok továbbításában. A Koronasz-Foton startját ekkor már 2004-ben határozták meg, de az orosz űrügynökség (Roszkoszmosz) javaslatára a műhold megépítését Ukrajnából Oroszországba helyezték át, aminek eredményeként egy, a Metyeor-3 meteorológiai holdakhoz szabványosított platformon készült el. Tizenkét tudományos berendezéssel szerelték fel, melyek a Nap elektromágneses és részecskesugárzását (elektronok, protonok, neutronok, könnyebb atommagok) követték nyomon széles intervallumban [35]. A kísérletben Oroszország, Ukrajna, Lengyelország és India vett részt, mely része volt a Nemzetközi „Együttélés egy Csillaggal” programnak. Az űreszköz 2009. január 30-án állt napszinkron pályára, két elődjéhez hasonlóan Pleszeckből. Itt is felléptek műszaki problémák, és 2010 januárjában az energiaellátó rendszer hibájából végleg megszakadt a kapcsolat a műhoddal: a problémát valószínűleg a nem megfelelő kialakítású műholdváz okozta, aminek következtében az nem egyenletesen melegedett fel, az áramkörök tönkrementek [36]. Ennek ellenére TESIS nevű távcsövével jó minőségű felvételek készültek a napkoronáról és az átmeneti rétegről [28].



7. ábra: Két orosz napkutató műhold: a Koronasz-F (d) és a Koronasz-Foton (a), utóbbi TESIS távcsöve által készített felvétel Napunk átmeneti régiójáról (b) és koronájáról (c). (Források: russianspaceweb.com, space.skyrocket.de)

Emellett Oroszország megkezdte korszerű űrobszervatóriumokból álló „flottájának” kiépítését az elektromágneses spektrum csaknem teljes lefedésére. A projekt valójában még az 1980-as években megkezdődött, de a kezdődő gazdasági nehézségek miatt csaknem három évtizedet kellett várni a megvalósulásig. Először a Szpektr-R – más néven Ragyioasztron (8.h ábra) – állt elnyúlt ( $10\,651,6 \times 338\,541,5$  km-es) pályára 2011. július 18-án, mely nevéből adódóan rádiótartományban (1,3, 6, 18 és 92 cm-es hullámhosszakon) végzett észleléseket és méréseket, az alkalmazott hullámhossztól függően 7, 35, 100 és 500 milliív másodperces felbontással [26]. Fő műszere egy 10 méteres kinyitható antenna volt, emellett a Plazma-F kísérlet négy berendezése a napszél erősségét mérte, valamint mikrometeoroid-számlálójával is el volt látva. A programban számos ország részt vett akár műszerrel, akár a nagyon hosszú bázisvonalú interferometriás (VLBI) kísérleteket tekintve (Oroszország, India, Ausztrália, Németország, Hollandia, Finnország, Ukrajna, Kína, Mexikó, Dél-Korea, Dél-afrikai Köztársaság, Japán, Chile, Mexikó és az USA). Az űreszközzel önálló, és a földi rádiótávcsövekkel hálózatot alkotva, ún. űr-VLBI-méréseket szerettek volna megvalósítani – a pálya kialakítása nagyrészt ennek volt köszönhető. Megfigyelései kozmikus mészerekre, pulzárokra, kvazárokra és aktív galaxismagokra terjedtek ki. 2019. január 11-én az űreszköz nem válaszolt a földi parancsokra, ezért – bár tudományos műszerei még működőképesek voltak – ezt a dátumot tekinthetjük a program végének [1]. A következő űrtávcső, a Szpektr Röntgen-Gamma (röviden csak Szpektr-RG vagy SRG, 7.b ábra) tervei is még a szovjet időkig nyúlnak vissza: a tervezők egy komplex nagyenergiás keringő obszervatóriumot képzeltek el, akár más államok bevonásával is. Így indult el a SODART röntgentávcső (8.c ábra) Dániával, a JET-X röntgentávcső-páros az Egyesült Királysággal, Olaszországgal és az NSZK-val, valamint a TAUVEX UV-teleszkóp építése Izraellel közösen (további berendezések voltak a MART-LIME, FUVITA, és SPIN/MOXE röntgen- és gamma-detektorok). Később Finnország, Svájc, Magyarország, Kirgizisztán, Kanada és Törökország is csatlakozott [27]. A program sorozatos csúszása miatt a partnerek többsége visszahagyta az eszközöket a Földön maradtak (egyedül a JET-X egyik tükre került fel a NASA Neil Gehrels Swift obszervatóriumára) [1]. Szó volt róla, hogy Oroszország „kárpotláként” biztosítja Proton rakétáját az ESA és a többi résztvevő számára az épülő INTEGRAL röntgen-gamma-obszervatóriumhoz – ez végül teljesült is, noha az akkori álláspont szerint a Szpektr-RG megvalósulását leginkább épp a Proton magas üzemeltetési költsége gátolta [27]. Végül két távcső került a végleges változatba: az orosz ART-XC és a német eROSITA. (8.d és e ábrák). Előbbi egy 7 modulból álló Wolter-tükrös röntgentávcső, mely 30 ívperces látómezővel 6–30 keV energiatartományban észlel, utóbbi hasonló elrendezésű eszköz 1 fokos látómezővel és 0,3–10 keV működési tartománnyal. A Szpektr-RG 2019. július 13-án indult útnak a Nap-Föld rendszer  $L_2$  pontja környékére (előnyös elhelyezkedése és égi mechanikai tulajdonságai miatt számos űrtávcső részére ezt a régiót választják ki). Mindkét berendezés kb. fél év alatt sikerrel feltérképezte a teljes égboltot, közben aktív galaxismagokat, pulzárakat, aktív mágneses csillagokat, csillagkeletkezési régiókat, stb. figyelt meg. A küldetés tervezett időtartama 6,5 év, melyet később meg is hosszabbíthatnak.

Bár a teleszkópok sikerrel végezték dolgukat, a 2022. február 24-én háborúvá eszkalálódott orosz-ukrán konfliktus eredményeként a német fél úgy döntött, kiszáll a projektből és lekapcsolja az eROSITA-t (voltak olyan kijelentések az orosz űrügynökség akkori vezetője részéről, hogy ők önhatalmúlag mégis visszakapcsolják, ez azonban nem történt meg).



8. ábra: A Prognosz-9 műhold a Relikt berendezéssel (a) és utóbbi mérései számítógépes feldolgozása és vetületi ábrázolása (f), a Spektr-RG kezdeti látványrajza (b) és az elkészült eszköz a szerelőcsarnokban (e), az obszervatórium eROSITA műszere szemben a hét távcsővel (d) és az általa készített teljeségbolt-felvétel (g), a készülő SODART műszer (c), a megépült Ragyioasztron a szerelőcsarnokban (h). (Források: space.skyrocket.de, russianspaceweb.com, eoportal.org, [1,21])

2016. április 28-án útnak indult Szojuz-2.1a rakétával egy orosz nagyenergiás obszervatórium, a Mihajlo Lomonoszov. Feladata a gamma-kitörések, a kozmikus sugárzás, valamint földi felsőlégkör tranzienis jelenségeinek vizsgálata volt. Eredetileg 2011-ben, a névadó születésének 300. évfordulóján startolt volna. Különlegessége, hogy nem hagyományosan Bajkonurból, hanem a nemrég létrehozott orosz kozmodromról, Vosztocsnijból bocsátották fel. Pályája közel 500 km magas napszinkron pálya volt. Hat kutatóműszerrel szerelték fel. Sajnos ez a műhold sem volt túl szerencsés, 2017 végén a kozmikussugár-teleszkóp (TUS) működése leállt, majd a kommunikációs rendszerben adódtak problémák. Végül 2019 elején az összes tudományos berendezés leállt, így nem volt értelme tovább folytatni a programot [1].

Napjainkban a Nemzetközi Űrállomás (1998. november 20. - ) a legnagyobb tudományos platform a világűrben, így csillagászati észlelések is folynak ott, pl. a NICER nevű eszközzel. Orosz részről nem találunk rajta ilyeneket, de talán ide sorolhatók a Platan, BTN és Vszpleszk külső kozmikussugár-detektorok. A BTN a neutronfluxust méri, míg a Vszpleszk a gamma-sugárzást és a nagyenergiás töltött részecskéket érzékeli [25].

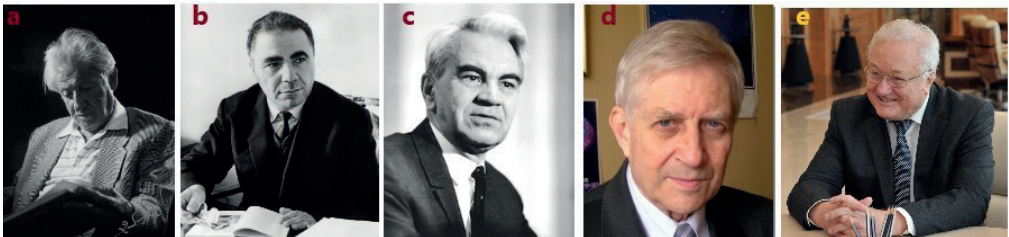
## AZ OROSZ ŰRCSILLAGÁSZAT NAGY ALAKJAI

Az alábbiakban néhány, a témában komoly szerepet játszó személyről lesz szó (kiválasztásuk némileg önkényes, és minden bizonytalansággal ellátott).

A korai K-2, K-3 és K-4 obszervatóriumok fejlesztése és észlelések az örmény származású Grigor Gurzadjan (1922-2014) vezetésével történtek. Az ő csoportja fejlesztette az Orion-1 és -2, valamint a

Meteyor-1-16 és a Kozmosz-309 holdakra felkerült távcsöveket is a Bjurakani Observatóriumban. Az űrcsillagászati kutatások lekes szószólója volt, szorgalmazta egy távcsővel felszerelt űrhajó megalkotását. Még az 1960-as években előrejelezte a planetáris ködök mágneses tereinek létét, melyeket csak 2005-ben fedeztek fel (Jordan, Werner, O'Toole). Egyik munkájában „megjósolta” a flercsillagok ún. infravörös flereit, a 90-es években elméleteket állított fel a kettős gömbhalmazok fejlődéséről, valamint a szoros kettőscsillagok közös kromoszféráiról. A Bjurakani Observatórium alapító tagjai között volt a szintén örmény Viktor A. Hambarzumjan (vagy ahogy itthon, oroszosan ismerik: Ambarcumjan; 1908–1996) vezetése alatt, aki szintén kiállt az űrcsillagászati projektek megvalósítása mellett, olykor politikai befolyását is latba vetve [1,4]. Ebben mindkettejüknek nagy segítségére lehetett Msztyiszlav V. Keldis (1911–1975) matematikus és mérnök, aki a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának elnöke volt 1961–1975 között, így döntő szava volt az ország űrkutatása terén.

Nyikolaj Sz. Kardasov (1932–2019) orosz csillagász nevét sokan bizonyára a SETI-vel kapcsolatos munkássága miatt ismerik, de részben ennek volt köszönhető, hogy szorgalmazta egy orbitális rádiótávcső megépítését – ez lett később a KRT-10 és a Ragyioasztron. Végül megemlíteném még Rasid A. Szunyajev (1943– ) orosz-német csillagászt és asztrofizikust, akit leginkább a részben róla elnevezett kozmológiai jelenség (Szunyajev–Zeldovics-effektus) okán ismernek, de jelentős szerepe volt a legtöbb orosz nagyenergiás űrobservatórium megvalósulásában és a kutatásokban: az általa vezetett kutatócsoport végzett észleléseket a Mir/Kvant Röntgen műszeregyüttesével, valamint a Granat és az INTEGRAL űrtávcsővel is. Az 1980-as években az ő javaslatára kezdődött meg a Szpektr-RG program is. Amellett, hogy az orosz akadémia űrkutató intézetének (IKI), a *Max Planck Institut für Astrophysik* (Garching, Németország, az eROSITA üzemeltetője) igazgatója is volt [1].



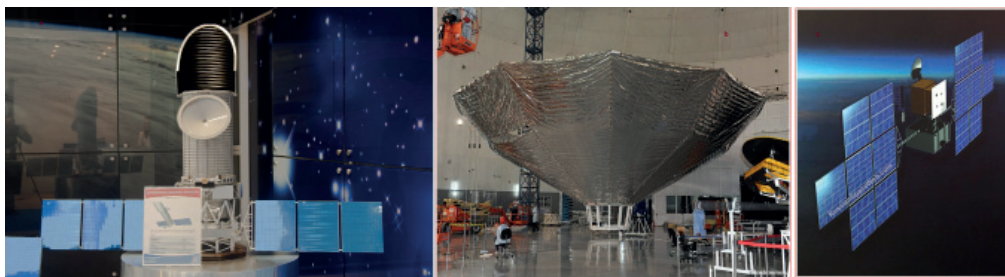
9. ábra: A szovjet–orosz űrcsillagászat úttörői: Grigor Gurzadjan (a), Viktor Hambarzumjan (b), Msztyiszlav Keldis (c), Nyikolaj Kardasov (d) és Rasid Szunyajev (e). (Források: stjohnarmerianchurch.org, [1], ufn.ru, wikidata.org)

## **ELVETÉLT TERVEK ÉS A JÖVŐ**

Az itt ismertetett űrcsillagászati programokon kívül számos kísérlet nem jutott tovább a tervezőasztalnál, melyeket itt most csak felsorolásszerűen ismertetnék: Aiszt-Sztruve, Lomonoszov (csillagászati hold terve a 70-es évekből), Regatta-Asztro (asztrometriai hold terve 1989-ből), Sztart-M (űr-VL-BI rendszer terve 1968–70 tájáról), Rentgenovszkij Mikrofon (asztrofizikai műhold, 2012 óta tervfázisban) [29].



Míg nemrégiben a minél szélesebb körű nemzetközi összefogás volt tapasztalható az űrcsillagászati kutatások terén (is), addig napjainkban ez a tendencia kissé ellentétes irányt és egyfajta „átpolarizálódást” is mutat. Jelenleg a következő obszervatóriumok felbocsátása szerepel a tervekben vagy áll fejlesztés alatt: *Szpektr-M* (vagy *Millimetron*; egy, az európai *Herschel*hez hasonló működésű, 10 m-es antennaméretű obszervatórium a szubmilliméteres hullámtartományra, valószínűleg 2030-as indulással), *Intergelio-Zond* (a Napot megközelítő, a *NASA Parker Solar Probe* és az *ESA Solar Orbiter* nevű eszközeihez hasonló célú kutatóűrszonda, jelenleg fejlesztés alatt), *Szpektr-UF* (a *Szpektr* sorozat ultraibolya teleszkópja, hosszú ideje fejlesztés alatt, tervezett indítás 2025-ben) [1,29,30]. Sajnos a rendelkezésre álló információkból sokszor nehéz megállapítani, hogy egy régóta meghirdetett projektet töröltek-e, esetleg félbehagyták vagy csak igen hosszú ideje fejlesztik. Mindezek ellenére igyekeztem hiteles, áttekinthető képet adni ezek helyzetét illetően.



10. ábra: A jövő űrobzervatóriumai? A *Szpektr-UF* makettje (a), a készülő *Millimetron* a szerelőcsarnokban (b) és a Napot jelentősen megközelítő *Intergelio-Zond* látványterve (c). (Források: russianspaceweb.com és [1])

## UTÓSZÓ

A fentiekből láthattuk, hogy a szovjet és orosz űrcsillagászat minden nehézsége ellenére igenis létezik, művelői közül pedig sokan az asztrofizikai kutatások élvonalában vannak. Ugyanakkor mint oly sok más terület, ez sem nélkülözheti országok és kutatóintézetek széleskörű összefogását, a tervezéstől az eredményeknek az érdeklődő nagyközönség számára való bemutatásáig. Sajnos napjaink világpolitikai csatározásai nem éppen kedveznek e törekvéseknek, de reméljük, hogy a józan ész győzelme mihamarabb megfordítja ezt a trendet.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönetem fejezem ki Alexey Pevtsovnak (National Solar Observatory, Sunspot, New Mexico, USA), amiért engedélyezte egyik munkájának forrásként történő felhasználását és felajánlotta segítségét a cikkhez. Ezúton köszönöm mindenkinek, aki igyekezett olyan forrást összeállítani, amely e munka hitelességét is emeli (ld. lent). Végül, de nem utolsósorban páromnak tartozom nagy köszönettel, amiért a technikai háttér biztosítása mellett rendkívüli türelmet tanúsítva lelkesített a cikk minél tökéletesebb megírására.

## Felhasznált irodalom

(a teljesség igénye nélkül, tájékoztató jelleggel)

- [1] Szócikkek az angol Wikipédián ([en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org))
- [2] Pevtsov A.A., Nagovitsyn Y.A., Tlatov A.G., Demidov M.L. (2016): Solar Physics Research in the Russian Subcontinent – Current Status and Future. *Asian Journal of Physics*, 25, 447
- [3] Ill M. (1975): Távcsövek a világűrben. *Csillagászati évkönyv 1976*, TIT, Gondolat
- [4] Grigor Gurzadyan ([armenianbd.com](http://armenianbd.com))
- [5] Horváth A. (1974): Űrhajók, űrállomások. *Csillagászati évkönyv 1975*, TIT, Gondolat
- [6] The DOS Space Stations – Salyut 4 ([orbitalfocus.uk](http://orbitalfocus.uk))
- [7] Part 2 – Almaz, Salyut, and Mir ([historycollection.jsc.nasa.gov](http://historycollection.jsc.nasa.gov))
- [8] Szócikkek a magyar Wikipédián ([hu.wikipedia.org](http://hu.wikipedia.org))
- [9] Apollo-Soyuz Test Project Summary Science Report Vol. I. – Astronomy, Earth Atmosphere and Gravity Field, Life Sciences, and Materials Processing, NASA, 1977 ([history.nasa.gov](http://history.nasa.gov))
- [10] Gurzadyan G.A., Rustambekova S.S. (1975): Silicon-rich stellar envelope? *Nature*, 254, 371
- [11] Kassel S.: Lunokhod-1 Soviet Lunar Surface Vehicle (ARPA, 1971. szeptember, [apps.dtic.mil](http://apps.dtic.mil))
- [12] Huntress W.T., Jr., Marov M.Ya. (2011): *Soviet Robots in the Solar System: Mission Technologies and Discoveries*, Springer
- [13] Tindo I. (1971): Lunokhod's X-ray telescope, *Soviet Life*
- [14] ifj. Kálmán B. (1984): Csillagászati célú mesterséges holdak, *Csillagászati évkönyv 1985*, TIT, Gondolat
- [15] NASA's HEASARC: Observatories – Astron ([heasarc.gsfc.nasa.gov](http://heasarc.gsfc.nasa.gov))
- [16] Astron: Venera Turned Space Telescope ([drewexmachina.com](http://drewexmachina.com))
- [17] The Fobos mission ([russianspaceweb.com](http://russianspaceweb.com))
- [18] Bouchet L. et al. (2001): The SIGMA/GRANAT Telescope: Calibration and Data Reduction. *Astrophysical Journal*, 548, 990
- [19] Horváth A. (1984): *Kozmikus Kalendárium 1982. július – 1983. június. Az Élet és Tudomány Kalendáriuma*
- [20] Klypin A.A., Strukov I.A., Skulachev D.P. (1992): The Relikt missions: results and prospects for detection of microwave background anisotropy. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 258, 71
- [21] Theoretical and Observational Astronomy and Radiointerferometry Department (részlet az „IKI 50 years” című könyvből, [iki.cosmos.ru](http://iki.cosmos.ru), 64\_booklet.pdf)
- [22] Horváth A. (1988): *Kozmikus Kalendárium 1986. július – 1987. június. Az Élet és Tudomány Kalendáriuma*
- [23] Slíz-Balogh J. et al. (2022): First polarimetric evidence of the existence of the Kordylewski Dust Cloud at the L4 Lagrange point of the Earth–Moon system. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 518, 5236
- [24] in, t Zand J. (1992): *A Coded-Mask Imager As Monitor Of Galactic X-Ray Sources*, ISBN 90-393-0473-4, SRON
- [25] Reference Guide To The International Space Station (NASA, 2010, [nasa.gov](http://nasa.gov))
- [26] Kardashev N.S., Kovalev Y.Y., Kellermann K.I. (2012): RadioAstron: An Earth–Space Radio Interferometer with a 350,000 km Baseline. *URSI Radio Science Bulletin*, 343, 22
- [27] The original Spektr-RG satellite ([russianspaceweb.com](http://russianspaceweb.com))
- [28] Koronas-Foton ([russianspaceweb.com](http://russianspaceweb.com))
- [29] Russia's scientific satellites ([russianspaceweb.com](http://russianspaceweb.com))
- [30] Intergelío-Zond ([russianspaceweb.com](http://russianspaceweb.com))
- [31] Koronas Foton (Coronas Photon) (Gunter's Space Page, [space.skyrocket.de](http://space.skyrocket.de))
- [32] Koronasz-Foton: korai vég ([urvilag.hu](http://urvilag.hu))
- [33] Portree D.S.F (1995): *Mir Hardware Heritage* (NASA, Johnson Space Center Reference Series, [historycollection.jsc.nasa.gov](http://historycollection.jsc.nasa.gov))



# A SUMIMANT „Útitárs” program




Schuminszky Nándor,  
Vincze Miklós

Magyar Asztronautikai  
Társaság

2023. január 31-én a HUNOR program részéről Marton Ádám programmenedzser hivatalosan is tájékoztatta a SUMIMANT „Útitárs” program ötletgazdait a pályázatuk kedvező elbírálásáról, a döntési folyamat részleteiről. Bár egy oktatási-ismeretterjesztési (még inkább „bevonási”) jellegű tervről van szó, pályázatunknak – eszközefejlesztési-tudományos projektekhez hasonlóan – végig kellett mennie egy, az Európai Űrügynökség (ESA) pályázati rendszerével harmonizáló értékelési folyamaton. Ennek keretében tíz szakértő – köztük az EK (ELKH Energiatudományi Kutatóközpont), az ESA és a houstoni Axiom Space szakemberei – nemcsak pontozta, hanem írásban is értékelte a pályázatunkat. Az elsődleges szempontok közül is kiemelkedően vették figyelembe, hogy az „Útitárs” program végrehajtása jelent-e bármilyen biztonsági kockázatot az űrállomásra. Esetünkben nyilvánvalóan nem, mivel a neveket és fotókat tartalmazó SD-kártya semmiképpen nem kerül kapcsolatba az ISS számítógépes rendszerével.

A beérkezett pályamunkákat a zsűri – a független értékelések súlyozott egybevetését követően – a „nem támogatott”, „feltételekkel támogatott” és „támogatott” kategóriákba sorolta. A kapott pontok alapján a SUMIMANT „Útitárs” program az utóbbi kategóriába került.

A bizottság értékelte, hogy a technikailag viszonylag egyszerű megvalósíthatóság mellett jelentős „kulturális hasznot” hozhat. Az űrtevékenység iránt érdeklődő, lelkes fiatalok kicsit a második magyar űrhajós digitális útitársaivá válhatnak, ezzel is erősítve azt az üzenetet, hogy ez az űrrepülés nem

 CENTRE FOR Energy Research		 SPACE Research Department		 HUNOR		The copyright in this document is vested in Centre for Energy Research. This document may only be reproduced in whole or in part, or stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by means of electronic, mechanical, photocopying, or otherwise, either with the prior permission of Centre for Energy Research.	
<b>TITLE:</b>	HUNOR-X: Education and outreach <b>SUMIMANT Útitárs</b> Spaceflight 'participation' through personal involvement			<b>COMPANY / PROJECT ID:</b>	MANT SUMIMANT Útitárs		
<b>Rank:</b>	<b>62 %</b>	<b>Estimated Costs:</b>	<b>2 MHUF</b>		<b>HIGH / MEDIUM / LOW / VERY LOW</b>		
<b>Overall Score:</b>		<b>Integration Costs:</b>	<b>N/A, to be evaluated in A/B1 phase.</b>		<b>N/A</b>		
<b>Sub-Score: (Technical)</b>	<b>78 %</b>	<b>Alerts:</b>	<b>I. Scientific / Technological Interest</b>	<b>II. HUNOR Astronaut Benefit</b>	<b>III. Contractor Experiences and Heritage</b>	<b>IV. Development Risks</b>	<b>V. Cost Plan</b>
<b>Sub-Score: (Man. &amp; Cost)</b>	<b>74 %</b>	(N/A, all the 5 is alert in this proposal phase, to be evaluated in A/B1 phase.)	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>
<b>Sub-Score: (Operational)</b>	<b>85 %</b>	<b>Review Panel Implementation Recommendation:</b>	<b>RECOMMENDED / NOT RECOMMENDED / RECOMMENDED WITH ACTIONS</b>				
<b>Sub-Score: (Programmatic)</b>	<b>35 %</b>	<b>Objective:</b>	Take SD card by the astronaut with registered names/photos to ISS.				
<b>Sub-Score: (Safety &amp; Integr., Just for info)</b>	<b>45 %</b>	<b>Comments:</b>	- NASA had similar outreach program, cheap and might make sense to promote HUNOR program.				

1. ábra: Az „Útitárs” program pontozása

csupán a magyar tudomány és műszaki technika nagy lehetősége, hanem társadalmunk szélesebb rétegeinek is maradandó, közös élménye lehet.

## MIT JELENT A SUMIMANT?

A SUMIMANT (*Send Up My Image via MANT* – Küldd fel a képem a MANT-on keresztül) „Útitárs” program fő célja, hogy felkeltse és fenntartsa a közvélemény, elsősorban a természet- és műszaki tudományok iránt fogékony fiatalok érdeklődését a HUNOR űrrepülés iránt (HUNOR, *HUNgarian to ORbit*, Magyarat a Föld körüli pályára). Ennek leghatékonyabb módját a személyes „részvétel” élménye jelenti, azaz az „Útitárs” program révén – szimbolikus módon ugyan, de – maguk is a küldetés résztvevőinek érezhetik magukat.

A programterv szerint a második magyar űrhajós magával vinne az ISS-re, majd vissza is hozna a Földre egy kisméretű flash meghajtót (memóriakártyát vagy pendrive-ot), melyen a MANT által üzemeltetendő SUMIMANT „Útitárs” weboldalon keresztül feliratkozók neveit tartalmazó szövegfájl, illetve az általuk a rendszerbe feltöltött képek (jellemzően, de nem feltétlenül arcképek) kapnának helyet. Még egyszer kihangsúlyozzuk, hogy a meghajtó nem kerül semmilyen kapcsolatba az űrhajó vagy az űrállomás számítógépes rendszerével, így nem szükséges, hogy érvényesek legyenek rá az ezzel kapcsolatos számítástechnikai biztonsági protokollok. A lapka akár mindvégig egy reprezentatív tokba zárva, esetleg egy magyar lobogóba belevarrva is utazhat az űrállomásra és vissza a Földre.

## HASONLÓ KAMPÁNYOK A MÚLTBAN

A NASA az 1999-ben felbocsátott – balsikerű – Mars Polar Lander szonda küldetése előtt indított először hasonló, elsősorban gyermekeket célzó *Send your name to Mars* (Küldd el neved a Marsra) kampányt. Az interneten akkor feliratkozó mintegy egymillió „utas” nevét egy CD-ROM-ra írva helyezték el az űreszközön. Az igen népszerű kezdeményezést később sok hasonló követte: a 2021-ben Marsot ért Perseverence szilíciumlapkáján például már közel tizenegymillió név kapott helyet, de az új Orion űrhajó Artemis-1 nevű küldetésére is fel lehetett ilyen módon iratkozni. A 2014-es évtől kezdve – amikor az Orion űrhajó legelső, EFT-1 jelű tesztrepülésén utaztattak neveket – a NASA nem egyszerű emléklapokat, hanem a repülőjáratok beszállókártyáit imitáló stílusú „jegyeket” bocsátott és bocsát ki a jelentkezőknek.



2. ábra: Az Artemis-1 beszállókártyája

Az ilyen kampányok fontos eleme, hogy a jelentkezők egy letölthető, kinyomtatható, sorszámozott online emléklapot kapnak, mely tanúsítja, hogy nevük rákerült az űreszköze. Újabbán mindehhez egy adatbázis is tartozik: a résztvevők a sorszám ismeretében utólag is megtalálhatják és később is megtekinthetik, lementhetik emléklapjukat.

## TECHNIKAI MEGVALÓSÍTÁS

A SUMIMANT „Útitárs” program megvalósításának legfontosabb elemét egy önműködő – azaz folyamatos adminisztrátori felügyeletet nem igénylő – honlap jelentené, amely alkalmas lenne a nevek és képek NASA-kampányokhoz hasonló fogadására. A korábbiakhoz képest fontos újítás, hogy itt lehető-



3. ábra: Az „Útitárs” HUNOR beszállókártyák előzetes változata. Legfelül a fénykép nélküli verzió látható, ahol a képmező helyett egy QR-kód szerepel, amely ez esetben éppen a mant.hu címre irányít át. A középső a sima portréképes elrendezést, a legelső pedig az űrsisakos-képeretes változatot mutatja

ség nyílna kis méretű (egy megadott, néhány kB-os küszöbértéket át nem lépő) képek feltöltésére is a rendszerbe. Mind a képek, mind a nevek rákerülnének az űrutazáson részt vevő memóriakártyára. Fontos, hogy a rendszer üzemeltetőjének legyen módja moderálásra: oda nem illő képek, „nevek” eltávolítására is, annak ellenére, hogy a képeket a MANT nem közölné nyilvánosan, vagyis azok – pl. közösségimédia-felületeken történő – közlésére egyedül a felhasználónak lenne lehetősége.

A felhasználói felületen a jelentkező az e-mail-címének a megadása után beírhatja a nevét, illetve feltöltheti, beállíthatja a fényképét. A beállítás jelentheti például a portréképe körüli képkeret kiválasztását a felületen, mely lehet egy úrruhásak is. Három lehetőség közül lehet majd a végleges változatot kiválasztani, a MANT szakembereinek a bevonásával.

Ez természetesen csak egy választható funkció lenne, ahogy maga a képfeltöltés sem minősülne kötelező elemnek (ha valaki csak a nevét szeretné felküldeni, azt is megtehetné).

Az adatok megadása után a rendszer e-mailben küldené el a felhasználónak a közvetlen linket, amelyről később is elérheti a saját „HUNOR jegyét”. Adatvédelmi szempontból fontos feltétel, hogy a feliratkozáskor a felhasználónak el kell fogadnia az adatkezelési szabályzatot, melyben a MANT kötelezettséget vállal arra, hogy a képeket és adatokat nem adja ki harmadik félnek. Az e-mail-címe megadásával ugyanakkor a felhasználó hozzájárulhat ahhoz is, hogy a MANT a HUNOR űrrepüléssel vagy a társaság más eseményeivel, pályázataival kapcsolatos híradásokat küldjön a részére a jövőben.

Meggyőződésünk, hogy ez a közösségimédia-projekt jelentősen hozzájárulhatna a HUNOR küldetés iránti érdeklődés felkeltéséhez, s népszerűvé válása esetén egyúttal a MANT számára is számottevő reklámértékkel bírna.

A szerzőpáros javaslatot tesz arra is, hogy a SUMIMANT – mint *mission patch* – rákerüljön a második magyar űrhajós szakfanderére és fedélzeti úrruhájára. Ezeket a MANT legyártathatja, majd a későbbiekben árusíthatja a gyűjtők, az emléktárgyak iránt érdeklődők számára.



4. ábra: Az 1980-as szovjet-magyar űrrepülés emblémái

Az „Útitárs” program harmadik csomagjában a magyar nemzeti lobogó 10 példánya kapna helyet. (Ezeket ugyanott lehetne legyártatni, ahol a SUMIMANT emblémákat, illetve a komplett *mission patch*-eket). A 10 példány elosztásáról a MANT vezetősége dönt majd a protokollszabályok betartásával és figyelembe vételével.

# Úrtábor 2022 – Egy hét úrélmény

Nagy Zselyke

*A MANT már 1994 óta szervez úrtábort az érdeklődő fiatalok számára. A COVID-helyzet 2022-ben már szerencsére lehetővé tette a táborozók számára a személyes részvételt, habár az elmúlt két évben erre nem adódott alkalom.*

*Mi, diákok, izgatottan vártuk, hogy részesei lehessünk az egy hét úrélménynek, amelynek ebben az évben Székesfehérvár városa adott otthont.*

## **HOGYAN KEVEREDTEM ÉN AZ ÚRTÁBORBA?**

Teljesen a véletlen műve volt az egész. Tavaly ősszel, egy Facebook hirdetésben találkoztam a MANT által szervezett „Irány az űr!” űrkutatási versennyel. Az iskolában még két osztálytársam is érdeklődött a kozmosz iránt, így megkérdeztem őket, lenne-e kedvük csapatot alkotni és indulni a versenyen. Egy mentorra is szükségünk volt, így a lelkes fizikatanárunkra esett a választásunk, aki szívesen elvállalta ezt a feladatot. A verseny miatt nagy volt rajtunk a nyomás, szerettünk volna jó eredményt elérni. A döntőben a sok felkészülés meghozta az eredményét és második helyezést értünk el. Az egyik nyeregményünk az idei úrtáborban való részvétel volt, ráadásul ingyenesen! Különböző elfoglaltságok miatt a csapatból egyedül én tudtam csak eljönni a táborba, de úgy hiszem, nagyon jó döntést hoztam azzal, hogy belevágtam ebbe egyedül, mivel életem egyik legszuperebb hetét tölthettem el olyan diákok között, akiknek az enyémmel hasonló az érdeklődési köre.

## **MIRE SZÁMÍTOTAM ÉS MIT KAPTAM AZ ÚRTÁBORTÓL?**

Nem igazán tudtam, hogy mit várjak, hiszen ez nemcsak az első úrtáborom, hanem életem első tábora is volt. Sejtettem, hogy az előadások egytől egyig izgalmasak és érdekesek lesznek, de ahhoz nem fűztem sok reményt, hogy még az eddiginél is jobban felkelti az érdeklődésem az űrkutatás iránt. Ez utóbbiban pozitív csalódásként ért a tény, hogy még rengeteg dolog van, amit eddig nem ismertem a világűrrel kapcsolatban és legalább annyira lenyűgöző, mint amit eddig láthattam belőle. Az űripar egyike a legszerteágazóbb iparágaknak, így amikor azt hihetnénk, hogy mélyre ástunk benne, valójában még csak a felszínt kapargatjuk. Ez az érzés végig velem volt az összes programnál. Legfőképpen azokban az esetekben, amikor megismertem az űreszközök egy-egy újabb felhasználási területét, valamint hogy milyen sok helyen alkalmazzuk az űrkutatást a mindennapi életünkben, sokszor olyan esetekben is, amelyekben nem is gondolnánk, hogy jelen van.

Másrészről, mivel jövő évben felvételizek az egyetemre, ezért bíztam benne, ez az egy hét segíti fog nekem abban, hogy eldönthessem, megéri-e Magyarországon űrkutatással foglalkozni, van-e jövője itthon az űriparnak, vajon jól döntenék-e, ha az űrmérnöki szakirány mellett tenném le a voksom? Az előbb említett sokrétűség meggyőzött abban, hogy igen, határozottan megéri az űrtevékenységet választani.

A szakmai előadások annyira különbözőek és változatosak voltak, hogy bátran kijelenthetem, mindenki érdeklődési körét lefedték. Sokféle előadáson vettem már részt, de ezek messze felülmúlták azokat. Az előadók naprakészek voltak, pontosan tudták, miről beszélnek és szívesen fogadták a táborozók kérdéseit, amelyekre mindig pontos és hasznos választ tudtak adni. Az előadások után volt lehetőségünk beszélgetni velük, ahol további kérdéseket is feltehattünk nekik. Több előadó is ajándékkal készült nekünk, amit mindannyian meleg szívvvel fogadtunk.

A Székesfehérváron tett városzemplélő séta, valamint a Bory-várhoz tett látogatás is izgalmas és tartalmas programja volt a tábornak. Én ezeket élveztem az egyik legjobban, mivel nagyon szeretek kirándulni. Ezelőtt még sosem voltam ott, a város első látásra elvarázsolt. Én személy szerint nagyon örültem neki, hogy olyan programra is szántunk időt, amellyel kicsit elrugaskodtunk az úrkutatástól. Szerintem az ilyen időtöltésekre is szánunk kell időt, ha táborozunk.

A közösséget is fontosnak tartom megemlíteni, ha a táborra gondolok. Meglepődve tapasztaltam, hogy habár a visszatérő táborozók már ismerték egymást, ez nem jelentette azt, hogy azok, akik először vannak jelen, nehezebben tudnának beilleszkedni. Nem tudtam volna megmondani, hogy ki hányszor volt már úrtáborban. Az elején kételkedve fogadtam az idegen közeget, de hamar sikerült feloldódnom, amikor megismerkedtem a szobatársammal. Ő volt az első táborozó, akivel többet beszélgettem és nagyon pozitívan csalódtam. Egy igazán kedves, szerény lányt ismertem meg személyében. Akkor már tudtam, hogy a kezdeti aggodalmaim feleslegesek voltak és jól fogom érezni magam az előttem álló egy héten.

Az első estén már volt csapatfeladat is, így a közösség már el is kezdett összekovácsolódni. Döbbenet tapasztaltam, hogy mennyi energiát és odafigyelést fektetnek a táborozók a közös probléma megoldásába. Habár még alig ismertük egymást, könnyedén tudtunk együtt dolgozni, a pár év korkülönbség sem okozott gondot. Mindenki lenyűgözően okos volt és sokszor ámulatba ejtett egy-egy ember tudása egy adott úrkutatási témában. A hosszú, különböző programokkal teli nap után, esténként mindenki nagyon fáradt volt már, de mégis fennmaradtunk jó sokáig, hogy beszélgessünk, szórakozzunk. Emellett a kollégiumban eltöltött szabadidőben a csocsózás és a pingpongozás is kiváló időtöltésnek bizonyult, tele nevetéssel. Egy szuper kis csapat kovácsolódott belőlünk a tábor végére. Úgy érzem, életre szóló barátságokat kötöttem, amiért igazán hálás vagyok. Még csak pár napja ért véget a tábor, de már tervezzük a következő közös programot!

### **MELYIK PROGRAM ÉS PILLANAT VOLT SZÁMOMRA A LEGÉRDEKESEBB, VALAMINT LEGEMLÉKEZETESEBB A TÁBORBÓL?**

Az összes program nagyon tetszett, de ha egyet kellene kiemelnem, akkor a táborvezetőnk, dr. Bacsárdi László előadása rendkívül elnyerte tetszésem. Ez a „Húsz úrkutatási jóslat az előttünk álló évtizedre” címet viselte. Olyan érdekességek hangzottak el benne, amelyek lehetetlenné tették, hogy egy táborozó ne figyeljen oda rá. Az előadás ráébresztett, hogy az úripar és az úrkutatás mennyire nagy mértékben lesz jelen a jövőnkben.

Kiss Anna, akinek az ideje volt az első úrtáborba, a csillagvizsgálóban eltöltött időről így ír: „Számomra az összes előadás érdekes volt, talán a csillagvizsgálóba tett kirándulás emelkedett ki a legjobban. Ott



elvégeztünk egy érdekes kísérletet, majd meghallgattunk egy előadást a műholdak adattovábbításáról, ami véleményem szerint érdekfeszítő volt. Mindezek után még a Holdat is megvizsgálhattuk a létesítmény távcsövével, és tanulhattunk annak működéséről. Összességében az egész tábor érdekes volt, és ha lenne lehetőségem, szívesen mennék jövőre is.”

Verasztó Teó, visszatérő úrtáborozó így ír a kedvenc programjáról: „A kedvenc előadásom mindenképpen a csütörtök reggeli előadás volt, ahol a Bakonyi Csillagászati Egyesület adott elő. Nem csak az előadás témája miatt tartom a legjobbnak, hanem imádtam Ivanics Ferenc lelkesedését, energikus előadási formáját és egyszerűen lenyűgözött az, hogy mennyire imádja a munkáját és azt, amit csinál. Éppen ezért tudtam órákon át hallgatni, ahogy mesélt például a Ries-kráterről és tudtam elbeszélgetni vele az előadás után.”

Számomra egyik legemlékezetesebb és legszívmelengetőbb pillanat a táborból az előadók hivatalosan is úrtáborossá avatása volt. Az előadás előtt válaszolniuk kellett két kérdésünkre: Mi a kedvenc filmük? Na és a kedvenc könyvük? A válaszokat tábori pólóval jutalmaztuk, amilyennel már minden táborozó és táborvezető is rendelkezett. Ez a tárgyi ajándék egy jó emlék mindenki számára, hogy évek múltán is boldogan gondolhassunk vissza az eltöltött időre.

## **MIK VOLTAK AZOK A DOLGOK A TÁBORBAN, AMELYEK MIATT MÁSOK FIGYELMÉBE IS SZÍVESEN AJÁNLANÁM A MANT-OT ÉS AZ ŰRKUTATÁST/ŰRIPART/ŰRTEVÉKENYSÉGET? A TÖBBI ŰRTÁBOROZÓ HOGYAN VÉLEKEDIK AZ IDEI TÁBORRÓL?**

---

Mindenki, aki egy kicsit is érdeklődik a világűr iránt, el kellene jöjjön az úrtáborba vagy valamelyik űrtevékenységgel foglalkozó programra és garantálható, hogy ez a világ azonnal beszippantja. Ha valaki nem biztos a továbbtanulást illetően, számára is hasznos lehet a tábor, ezt tapasztalatból állíthatom. Ez a tábor szakmailag rendkívül magas szintet képvisel, és kiemelkedően jól van megszervezve. Mind a táborvezetők, mind az előadók örömmel töltenek időt a táborozókkal és látszik rajtuk, hogy szívesen fektetnek energiát abba, hogy a közös programok minőségiek lehessenek.

„Már a második úrtáborom, amely élőben zajlik, mindig rengeteget tanulok a szakmai előadásokon és köztük rengeteg tartós barátságot szerzek, azokkal az emberekkel, akikkel a jövőben együtt fogok dolgozni.” – Magyar Gábor, 18 éves, Noszvajról érkezett.

„Felejthetetlen élmény volt részt venni az egy hetes Úrtáborban Székesfehérváron. Idén adódott lehetőségem először eljutni a MANT által szervezett eseményre. Színvonalas előadásokon vehettem részt, számos űrpari cég képviselője, mérnök, csillagász és űrkutató szakemberek mutatták meg, hogy Magyarországon milyen múltra tekinthet vissza az űrkutatás, és mennyi lehetőség rejlik a jövőben a tudás és az innováció számára. Baráti hangulatban telt a hét a táborozók között is, kedves és összetartó csapat kovácsolódott, akik hasonló érdeklődési körrel jöttek a táborba, mint én magam. Nagyon örülök, hogy eltölthettem ezt az időt egy szuper társasággal, megbízható és támogató táborvezetőkkel és sok hasznos dolgot tanulhattam az űrkutatásról.” – Mészáros Tünde, 19 éves, Budapestről érkezett.

„Nem tudtam, mire számítsak majd, de abszolút pozitív csalódás ért. A táborozók kíváncsiak, befo-gadóak, és nagyon tetszett, hogy a programban mekkora hangsúlyt fektettek a környezetvédelemre, vagy a nemzetközi kapcsolatokra.” – Deák Dóra, 16 éves, Győről érkezett.

„Rengeteg hasznos és izgalmas előadást hallhattuk magyar úrtvékenységgel foglalkozó cégektől. Sok szó esett a műholdas földmegfigyelésről, az úrvállalkozásokról és rádiótechnikáról. Ezekon felül a 25 táborozó szét lett osztva csapatokba és az előadások után azon dolgoztak/tunk, hogy megoldást találjunk az űrszemét okozta problémákra.” – Árok Péter, 19 éves, Budapestről érkezett.

„Ez volt az első jelenléti (nem online) úrtáborom. A tábor nagyon jó volt. Sok érdekes előadáson vehet-tünk részt, amelyeken nem vehet részt bárki. Sok új dolgot tanultam a táborban. Az itt tanult dolgoknak még biztosan hasznát fogom venni a későbbiekben. Örülök, hogy létezik ez a tábor, és minden évben megszervezik.” – Kis Botond, 15 éves, Magyarkanizsáról érkezett, a mai Szerbia területéről.

Ha az idei táborra gondolok, ez a két szó jut eszembe: csodálatos és változatos. Egy csodálatos él-ményben volt részem, amit sosem fogok feledni. A programok sokszínűsége és változatossága pedig egy széles perspektívát tárt elém az űrrel kapcsolatban. A táborozók is hasonlóan sokszínűek voltak. Volt, aki határon túlról, volt, aki a fővárosból, volt, aki vidékről érkezett. Volt olyan táborozó is, akinek már az édesapja és a bátyja is úrtáborozó volt. Volt, aki rengeteg pályázaton részt vett már és volt olyan is, aki még nem merte kipróbálni magát. Annyira különbözőek voltunk, mégis egyformák, hisz összetartott minket egy lenyűgöző dolog: a világűr.

# A Magyar Asztronautikai Társaság 2022. évi tevékenységéről

## A MÁSODIK IRÁNY AZ ŰR! VERSENY DÖNTŐJE

Március 18-án tartottuk az immár második alkalommal kiírt Irány az űr! Kárpát-medencei középiskolai űrkutatói csapatverseny döntőjét. A szervezés idején előre nem látható járványhelyzet miatt, a biztonság kedvéért a tavalyihoz hasonlóan idén is virtuális formában, személyes jelenlét nélkül kellett sort keríteni a döntőre, amelyet a verseny Facebook-oldalán bárki élőben követhetett, sőt a felvétel utólag is megtekinthető.

A MANT a 2021/2022-es tanévben második alkalommal szervezte meg a Kárpát-medencei középiskolai űrkutatói csapatversenyt a Külgazdasági és Külügyminisztérium (KKM) támogatásával. A verseny iránt ezúttal még nagyobb volt az érdeklődés, 2021 őszén a tavalyinál másfélszer több, 150 csapat nevezett be. Az első három online forduló során egyre nehezebb és összetettebb feladatokat kellett megoldaniuk a versenyzőknek. Minden feladat az űrtevékenység valamely területéhez kapcsolódott, s több tudományág ismeretére volt szükség a jó szerepléshez: voltak fizikai, kémiai, biológiai témájú feladatok is. Végül öt csapat mérte össze tudását a döntőben, hogy elnyerjék a KKM által felajánlott jutalmak egyikét (utazás az ESA technológiai központjába, exkluzív látogatás magyar kutatóhelyeken, értékes tárggyeremények), illetve a Kárpát-medencei Tehetségkutató Alapítvány különdíjait.

A döntő zenés bemelegítéssel kezdődött, két „űrös” témájú dal felismerésével, majd minden csapat előadást tartott az Európai Űrügynökség (ESA) egy-egy kutatási programjáról. Új típusú feladatként képes párbajt vívtak a csapatok: két-két, a magyar űrtevékenységhez kapcsolódó képet küldtek be, amelyek egyikéről kellett egy kihívott csapatnak beszélnie. A kihívó csapat pontozta a teljesítményt, a zsűri pedig mindkét csapatot – az igazságosság jegyében. Jéger Csaba, az ESA magyar munkatársa jelentkezett be élőben Noordwijkből, aki gyors videóbemutatót tartott az ESTEC-ről, az ESA technológiai központjáról, ahová a nyertes csapat látogat majd. A szünet után képfelismerési feladat, majd egy 42 kérdésből álló képes totó következett.

A versenyzők fantasztikusan küzdöttek és mindenki kiváló teljesítményt nyújtott, az utolsó feladatig egy csapat sem szerzett behozhatatlan előnyt, így csak a legvégén dőlt el, hogy ki nyeri a versenyt.

A végső sorrend a következő lett:

1. *Kempelen Polaris* csapat, Kempelen Farkas Nyolcévfolyamos Gimnázium, Budapest
2. *Űrügéküregbenüvöltene*k csapat, Lovassy Gimnázium, Veszprém
3. *Dóczy Koalíció* csapat, Református Kollégium Dóczy Gimnáziuma, Debrecen
4. *HYPERTUMBERS* csapat, Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnázium, Budapest
5. *AstroGuys* csapat, Szent Benedek PG, Kiskunfélegyháza

## ÚRKORSZAK-ELŐADÁSOK

2022 első negyedében érdekes, különleges előadásokkal folytatódott a MANT szemináriumsorozata. A BME Neumann-termében személyes jelenléttel zajló eseményeket a Galileo Webcast jóvoltából élő internetes közvetítésben is lehetett élvezni, a felvételek pedig utólag is megtekinthetők.

Az űrhajósok, akik több mint 50 éve járnak a világűr, az átlagembernél jobb fizikai, szellemi és lelki állapotban kell, hogy legyenek, hiszen a feladatuk összetett, váratlan helyzetekkel szembesülhetnek és a munkakörülményeik rendkívüliek. Ezért nagyon fontos, hogy egészségi állapotuk és edzettségük kiváló legyen, így az orvosi vizsgálatok fontosak a megfelelő jelöltek kiválogatása során. Az elmúlt évtizedekben az űrhajózással kapcsolatban összegyűlt ismeretek és a technikai fejlődés alapján ezek a vizsgálatok is változtak, de mennyit? Február 9-én, az *Űrhajósjelöltek orvosi tesztjei régen és ma* című előadásában Grósz Andor nyugállományú orvos dandártábornok, a Szegedi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Repülő- és Űrorvosi Tanszék egyetemi tanára az évtizedekkel ezelőtti gyakorlatot (például az első magyar űrhajósjelöltek orvosi vizsgálatait) vetette össze a mai követelményekkel, amelyek szerint a következő magyar űrhajós kiválasztása folyik. A beszélgetés másik résztvevője, Hantz Péter erdélyi magyar biofizikus, aki az Európai Űrügynökség űrhajósjelölt-kiválasztására jelentkezett, az űrhajós-kiválasztás programban rejlő oktatási, népszerűsítő lehetőségekről beszélt.

Március 4-én a *Stációk az űrkorszak felé vezető úton* címmel tartott, a pályafutására visszatekintő előadásában az idén 80 éves Bárczy Pál professzor emeritus elmondta, hogyan lett deportáltból kohómérnök, hogyan lett belőle az anyagtudományok professzora, űrkutató, majd űripari vállalkozó. Beszélt az Interkozmosz-időkről, a kalandos NASA-bizniszről, majd az ESA tanulságairól. Megtudhattuk, milyen volt az élet egy vidéki magyar egyetemen. Végül elmondta, hogyan lett tanárból űrkutató, majd űrkutatóból űriparos, és hogyan lett az egyfős Admatisból mára 30 fős profi magáncég, a magyar űripar egyik vidéki élharcosa.

## H-SPACE 2022 NEMZETKÖZI ŰRKONFERENCIA

Hetedik alkalommal rendeztük meg a Műegyetemen a H-SPACE nemzetközi űrkonferenciát. A sorozatot 2015 óta szervezi a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Villamosmérnöki és Informatikai Kar (VIK) Egyesült Innovációs és Tudásközpontja (EIT), együttműködve a Magyar Asztronautikai Társasággal (MANT). Kezdetben évente, mindig februárban, az első magyar műhold, a Masat-1 felbocsátásának évfordulója környékén voltak a konferenciák. 2020-tól két évente történő megrendezésre tértünk át, ezért a mostani volt a hetedik alkalom. A legutóbbi ilyen konferenciára szerencsére közvetlenül az első COVID-19 lezárások előtt sikerült sort keríteni. A koronavírus-járvány azonban még a mostani, 2022-es rendezvényre is rányomta a bélyegét: az időpont a biztonság kedvéért áprilisra csúszott, a lebonyolításhoz pedig hibrid formát választottak a szervezők.



A H-SPACE 2022 konferencia első napján, április 7-én délután jelenléti előadásokkal kezdődött a program a BME informatika (I) épületének egyik földszinti nagyelőadójában. De azok a résztvevők is követhették az előadásokat, akik csak online tudtak csatlakozni. Másnap viszont két szekció teljes egészében a virtuális térbe költözött. Bár a hibrid lebonyolítás elvileg nagyobb érdeklődő közönség számára, akár utazás nélkül is lehetővé teszi a részvételt, az online forma azért nem nyújtja a személyes találkozások, beszélgetések, kapcsolatteremtés lehetőségét. A rendezvényre előzetesen összesen 130-an regisztráltak, részvételi díj nem volt.



A H-SPACE 2022 konferencia megnyitója. (Fotó: Oláh Attila / Photon / MANT)

A változatos szakmai program bevezetéseképp rövid köszöntőt mondott Ferencz Orsolya űrkutatásért felelős miniszteri biztos, Charaf Hassan, a házigazda BME VIK dékánja, és mindkét szervező nevében Kovács Kálmán, az EIT igazgatója és egyúttal a MANT elnöke. A meghívott előadások sorát Bartóki-Gönczy Balázs (Nemzeti Közszolgálati Egyetem, NKE) kezdte. A téma igen aktuális volt, az Oroszország által Ukrajna ellen folytatott háborúnak a nemzetközi űrtevékenységre gyakorolt szerteágazó hatásait foglalta össze. Utána Zábori Balázs (ELKH Energiatudományi Kutatóközpont) következett, aki a HUNOR magyar űrhajós program menedzsere. Nagy érdeklődéssel várt előadásában bemutatta a program céljait, összetett felépítését az űrhajóskiképzéstől kezdve a hazai űrkísérletek kiválasztásán át a program ismeretterjesztő jelentőségéig. Az ambiciózus program jól halad. A cél, hogy várhatóan 2024–2025 körül egy kiképzett magyar kutató űrhajós juthasson el a Nemzetközi Űrállomásra – az Axiom Space vállalattal kötött megállapodás alapján, a SpaceX Crew Dragon űrhajójával –, és ott végrehajtsa a számára kijelölt tudományos programot. A konferencia harmadik meghívott előadója a „szomszédból” érkezett. Michal Brichta (Szlovák Űriroda) áttekintést adott Szlovákia űrtevékenységének figyelemre méltó, dinamikus fejlődéséről. Ez nem független attól, hogy az országban megvan a kormányzati szándék az Európai Űrgyűjteményhez (ESA) való közeljövőbeli csatlakozásra, társult tagállamként.

A kávészünetet követően a H-SPACE 2022 csütörtöki programja összesen 8 szakmai előadással folytatódott. A résztvevők hallhattak a Műegyetemen készülő újabb zsebműholdról, az MRC-100-ról, amely egy 3 egységnyi méretű PocketQube. Szó volt a Qatar Oscar-100 (QO-100) geostacionárius rádióamatőr műholddal Győről végzett videós adatátviteli kísérletekről. Összefoglaló hangzott el egy meglehetősen új, és jelentős magyar részvétellel fejlődő területről, a világűrben zajló kémiai kutatásokról. A hallgatóság megtudhatta, hogy a magyarországi repülőterek környezetében is előfordulnak a műholdas helymeghatározó (GNSS) méréseket zavaró interferenciák, jórészt illegális jeladók használata miatt. Ez veszélyes helyzeteket is teremthet a repülőgépek leszállásakor. Előadás hangzott el Magyarország első átfogó műholdradar felszínmozgási adatbázisáról, amely Sentinel-1 mérések alapján, több mint 14 millió helyen, átlagosan 100 különböző időpontból származó, 2014 és 2021 között végzett mérésen alapul. Az ESA-nak a Jupiter jeges holdjainak vizsgálatára 2023 áprilisában indítandó JUICE űrszondájával három különböző előadás is foglalkozott, bemutatva a magyar kutatók és mérnökök részvételét is a programban. A konferencia teljes programja és előadásainak rövid kivonata a nyitónapra egy elektronikusan hozzáférhető kötet formájában, a MANT kiadásában meg is jelent.

A H-SPACE 2022 második (online) napjának délelőtti szekciójában folytatódtak a műszaki-tudományos előadások. A szóba került rendkívül változatos tématerületek közt szerepelt a GPS műholdas rádiójelek csillapodásának mérésével végzett kísérleti csapadékszóna-megfigyelés, a mesterséges intelligencia alkalmazása a műholdas távközlésben, kis műholdak ionhajtóművei, a készülő MRC-100 műholdra kerülő spektrummonitorozó berendezés, a Kárpátokban nemzetközi projekt keretében végzett műholdradar-interferometriás mozgásvizsgálat, kvantumalgoritmusok alkalmazása földmegfigyelési adatok feldolgozásában, az antarktisi kutatóbázison áttelelő személyzet videónaplóinak pszichológiai célú vizsgálata, a kommunikáció tartalmának elemzése, az űrnalóg környezetben a kognitív képességek változása.

A délutáni szekció az oktatásé és az ismeretterjesztésé volt. A program két meghívott előadással indult, mindkettő igen aktuális felsőoktatási vonatkozású témákról szólt. Parragh Bianka (NKE) bemutatta a nemrég 16 magyarországi egyetem részvételével megalakult UniSpace konzorcium felépítését és a már az idei év őszétől kezdve kínált kurzusok tématerületeit. Csurgai-Horváth László (BME) a Műegyetemen újonnan induló űrmérnök mesterképzésről mondott részleteket. A résztvevők megtudhatták, hogy már a nemrég lezárult, első meghirdetett felsőoktatási jelentkezési ciklusban 100-nál is többen adták be jelentkezésüket az űrmérnök szakra. A további előadásokban a konferencia résztvevői hallhattak a svédországi IRF SpaceLab tevékenységéről, az általuk külső felhasználóknak is nyújtott szolgáltatásokról, a sepsiszentgyörgyi Székely Mikó Kollégiumban folyó roverfejlesztésről, a kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium csillagászati és űrkutatási vonatkozású programjairól, s végül a Magyarok a Marson mérnöki versenyről a koronavírus-járvány árnyékában.

A H-SPACE konferenciáról minden információ – beleértve a részletes programot és az előadás-kivonatokat gyűjteményét – elérhető a [space.bme.hu](http://space.bme.hu) honlapon. A sorozat következő konferenciáját a tervek szerint 2024 elején tartjuk.

*(Forrás: Űrvilág, [urvilag.hu](http://urvilag.hu))*



## **A MAGYAR ŰRTEVÉKENYSÉG ÉVTIZEDEI – ALMÁR IVÁN 90 ÉVES**

Szinte hihetetlen, de Almár Iván, egyesületünk örökös tiszteletbeli elnöke 2022. április 21-én 90. születésnapját ünnepelte. De nem csak ő, hanem a hazai űrkutató közösség is, hiszen a MANT a Nemzeti Közszolgálati Egyetemmel (NKE), az ELKH Csillagászati és Földtudományi Kutatóközponttal (CSFK) és a Lechner Tudásközponttal közösen ünnepi rendezvényt tartott az NKE Ludovika főépületének dísztermében. Az eseményen megjelentek az ünnepelt tisztelői és kollégái, akikkel hosszú és eredményes szakmai pályafutása során együtt dolgozott.



*Az ünnepelt felvágja a születésnapjára készített tortát. (Fotó: Trupka Zoltán)*

A rendezvény kitűnő alkalom volt arra, hogy az előadók felidézzék a magyarországi űrtevékenység kezdetétől megtett utat. A történetnek pedig a legelejétől fogva a mai napig aktív részese, alakítója volt Almár Iván. A megjelenteket és az ünnepeltet először Ferencz Orsolya, az űr kutatásért felelős miniszteri biztos köszöntötte. Majd Bartóki-Gönczy Balázs, az NKE tanszékvezető egyetemi docense a házigazda nevében mondott üdvözlő beszédet. A megnyitót harmadikként Kovács Kálmán, a MANT tizedik elnöke zárta – az űr kutatók társadalmi szervezetének első elnöke nem más volt, mint az ünnepelt Almár Iván.

A megnyitót követően Bacsárdi László levezető elnök Both Elődöt, a MANT elnökségi tagját (előző elnökét) kérte fel *Az űrtevékenység fejlődése az elmúlt 90 évben* című előadása megtartására. Ha a cím láttán van, aki felkapja a fejét, mondván, hogy az első Szputnyik csak 1957-ben indult, akkor érdemes emlékezni arra, hogy (az 1932-ben egyébként még élt) Ciolkovszkij addigra már kidolgozta a több-

fokozatú hordozórakéták elvét, amellyel megalapozta az űrutazást. Amerikában Goddard pedig már javában kísérletezett a rakétaival. A rövid előadás szükségképpen csak kiragadott részleteket tudott felidézni az űrtevékenység múltjából, de a végén arra is jutott idő, hogy a jelen és a következő 90 év várható problémáiról is szó essen, például a Föld körüli pályákon egyre szaporodó űrszemétről.

A következő előadó Kenyeres Ambrus, a Lechner Tudásközpont penci Kozmikus Geodéziai Observatóriumának vezetője volt, aki szemelvényeket mutatott be az idén 50 éve alapított űrkutatási intézmény múltjából és jelenéből. Almár Iván volt az, aki az 1972-ben szervezni kezdett és 1976-ban megépült observatórium alapító igazgatója volt. Az ünnepelt szakmai pályafutásának másik meghatározó intézményéből, a mai nevén ELKH CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézetből Szabó Róbert igazgató érkezett egy előadással. Az intézetben művelt számos kutatási terület közül azoknak a fejlődését emelte ki, amelyek szorosan kapcsolódnak a már Almár Iván által is megkezdett kutatásokhoz. Az előadók sorát Arnócz István, a MANT főtitkára zárta, aki a társaság 66 évét, a generációk inspirálásában betöltött szerepét méltatta.

Az előadások közben egy-egy rövid archív filmbejátszás emlékeztette arra a hallgatóságot, hogy az elmúlt évtizedekben mennyit láthatta-hallhatta a széles nagyközönség ismeretterjesztőként is Almár Ivánt. Levélben köszöntötte továbbá az ünnepeltet a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia (IAA) főtitkára, Jean-Michel Contant. Almár Ivánt 1984-ban választották a szervezet rendes tagjai közé, 2018 óta tiszteleti tag. Videóüzenetet küldött Claudio Maccone, aki sokáig az IAA SETI állandó bizottságát vezette, és hosszú évtizedeken át együtt dolgozott Almár Ivánnal a Földön kívüli intelligencia kutatásában.

Az ünnepi alkalommal a MANT Elnöksége által odaítélt díjakat adott át Kovács Kálmán. Fonó Albert-emlékplakettet Horváth András űrkutató-csillagász kapott, Almár Iván pedig az egyesület legmagasabb kitüntetését, a Nagy Ernő-emlékplakettet vehette át.

A rendezvény szakmai programjának zárásaként pódiumbeszélgetést hallgathattak meg a résztvevők Almár Ivánnal. A beszélgetés moderátora Kovács Kálmán, a kérdezők Gesztesi Albert, Milánkovich Dorottya és Sik András voltak. Az ünnepelt készséggel kifejtette véleményét a felmerült témákról és emlékezett vissza pályafutása egy-egy érdekes mozzanatára. Csak az volt a kérése, hogy olyan kérdéseket kapjon, amilyeneket korábban még nem tettek fel neki – ezzel fel is adta a leckét beszélgetőpartnereinek. Az ünnepi esemény koccintással és a 90-es számmal díszített születésnapi torta felvágásával és elfogyasztásával zárult.

(Forrás: *Úrvilág, urvilag.hu*)

## **MI AZ ŰRKUTATÁSBAN – DIÁKPÁLYÁZATUNK ÉS RAJZPÁLYÁZATUNK DÍJÁTADÓJA**

A MANT diákpályázatát és rajzpályázatát 2021/2022-ben a *MI az űrkutatásban* címmel hirdettük meg 11–14 éves, valamint 15–18 éves diákok számára, egyénileg vagy csapatban. A kiírás szerint a „MI”-t lehetett többféleképpen is értelmezni, akár mint többes szám első személyű személyes névmás, vagy éppenséggel mesterséges intelligencia. A pályázati anyagok elkészítéséhez ezt a gondolatébresztő kérdést fogalmaztuk meg: mit gondolsz, milyen feladatokra lehet alkalmas a mesterséges intelligen-

cia az űrkutatásban? A pályázókat arra kértük, hogy engedjék szabadon a fantáziájukat, hisz maga a mesterséges intelligencia fogalma is a tudományos-fantasztikus irodalomban bukkant fel először.

A díjkiosztóra Budapesten, az Abacusan Stúdió helyiségében, 2022. április 23-án került sor. Az Abacusan munkatársai programozható robotokkal tartottak bemutatót. Ezután Both Előd, a zsűri elnöke játékos totóval tette próbára a megjelentek tudását. A feladat kiértékelése után következett az eredményhirdetés. A díjakat Kovács Kálmán, a MANT elnöke adta át. A díjazottak névsora:

### ***Diákpályázat, 11-14 éves csapat***

I. díj: Gál Róbert, Mannheim Gábor, Német Donát, Varga Dániel (Hunyadi János Német Nemzetiségi Általános Iskola, Dunaharaszti, felkészítő: Báthori István)

### ***Diákpályázat, 11-14 éves egyéni***

- I. díj: Bogár-Szabó Márta (Friedrich Schiller Gimnázium és Kollégium, Pilisvörösvár, felkészítő: Bogár-Szabó András)
- II. díj: Bukovszky Borbála (Kossányi József Alapiskola, Szentpéter, Szlovákia, felkészítő: Bukovszky Nóra)
- III. díj: Kis Botond (Jovan Jovanovic Zmaj Általános Iskola, Magyararkanizsa, Szerbia, felkészítő: Csányi Pál)

### ***Diákpályázat, 15-18 éves csapat***

- Különdíj: Bocor Gergely, Kiss Barnabás, Klement Tamás, Merics Vilmos (Leőwey Klára Gimnázium, Pécs, felkészítő: Simon Péter)
- I. díj: Joó Balázs, Rózsás Zoltán, Szabó Máté, Varga Bernát (Berzsenyi Dániel Evangélikus Gimnázium, Sopron, felkészítő: Lang Ágota)

### ***Diákpályázat, 15-18 éves egyéni***

- I. díj: Szegedi Bence Bálint (Piarista Gimnázium és Kollégium, Vác, felkészítő: dr. Hortoványi Judit, Szabó-Pál Eszter)
- II. díj: Nagy Alpár (Székely Mikó Kollégium, Sepsiszentgyörgy, Románia, felkészítő: Petó Mária)
- III. díj: Varga Leona Rebeka (Kölcsey Ferenc Gimnázium, Nyíregyháza, felkészítő: Kerekes Attila)

### ***Rajzpályázat, csapat***

- I. díj: Farkas Kira, Füredi Anna, Gárdonyi Béla, Nemes Linda (Hunyadi János Német Nemzetiségi Általános Iskola, Dunaharaszti, felkészítő: Nyári Ildikó)
- II. díj: Botos Gréta Amarilla, Sebestyén Nóra, Varga Ivett (Szokolay Sándor Alapfokú Művészeti Iskola, Békés, felkészítő: Dávidné Gyarmati Zsuzsanna)

### ***Rajzpályázat, egyéni***

- I. díj: Radics Flóra Zoé (Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnázium, Budapest)
- II. díj: Bottyán Lilla (Balassi Bálint Nyolcévfolyamos Gimnázium, Budapest, felkészítő: Komáromi Annamária)

- III. díj: Kubovics Izolda (Szokolay Sándor Alapfokú Művészeti Iskola, Békés, felkészítő: Dávidné Gyarmati Zsuzsanna)  
Lévai Csenge Roxána (Szokolay Sándor Alapfokú Művészeti Iskola, Békés, felkészítő: Dávidné Gyarmati Zsuzsanna)  
Nyeste Boglár Kitti (Szokolay Sándor Alapfokú Művészeti Iskola, Békés, felkészítő: Dávidné Gyarmati Zsuzsanna)

## **EURÓPAI CANSAT VERSENY BOLOGNÁBAN**

Az Európai Űrügynökség (ESA) minden évben meghirdeti európai diákcsoportok számára a CanSat versenyt. (A CanSat egy henger alakú üdítő fémdobozba épített, az igazi műholdak részegységeit tartalmazó, azokat szimuláló szerkezet. Ugyan nem jut el a világűrbe, de rakétával felbocsátva több kilométeres magasságig repülhet a levegőben, majd visszatér a földre, s eközben méréseket végez.) Idén minden eddiginél nagyobb számú, 25 csapat versenyzett a június 20–25. között megrendezett döntőben, amelynek helyszíne az olaszországi Bologna mellett található Castel San Pietro Terme volt. A csapatok az ESA 21 tagállamából és társult tagországából érkeztek.



*A 2022. évi európai CanSat verseny résztvevőinek csoportképe. (Fotó: ESA)*

Magyarországot ebben az évben a Vitacansat csapat (Árok Péter, Ferenczi Levente, Kazatsay Vilmos, Magyar Gábor, Szabó Gergő és Szür Abigél) képviselte. Szakmai mentoraik Milánkovich Dorottya (C3S Kft.) és Pál András (ELKH CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet), kísérőik az európai döntőben a MANT részéről Székely Anna Krisztina és Veress Zalán voltak.

Annak ellenére, hogy a másodlagos küldetés eszközeit ki kellett hagyniuk a végső CanSatból, a csapatok a lehető legtöbbet kihozták versenyből. Nagyon keményen dolgoztak már a kiutazás előtti napokban is és végig a versenyen, igazi csapattá váltak. Sokszor az éjszaka közepéig dolgoztak, programot írtak, prezentációt készítettek és azt begyakorolták, forrasztottak, ötleteltek. A munkájuk szakmailag is kiváló volt, többen jöttek konzultálni velük a hét során. A döntőben rengeteg lehetőségük volt ismerkedni másokkal, amit ki is használtak. Nagyon lelkesen érkeztek haza. A július elején kezdődő székesfehérvári Űrtáborban, ahol a csapat nagy része ott volt, igyekeztek megfertőzni a többieket is ezzel a lelkesedéssel.

## **MANT ŰRTÁBOR 2022, SZÉKESFEHÉRVÁR**

A MANT, hazánk legrégebbi űrkutatással foglalkozó egyesülete 1994 óta szervezi meg az érdeklődő fiatalok számára nyári Űrtáborát, változó helyszíneken. A táborokon résztvevő diákok közül sokan műszaki, illetve természettudományos pályán tanultak tovább, néhányukból pedig azóta már űrkutató szakember lett. Az előző két évben a járványhelyzet miatt a virtuális térbe költözött az Űrtábor, de idén az űr iránt érdeklődő fiataloknak – köztük a MANT diákok számára szervezett előző évi pályázatain indulóknak – újra volt lehetőségük személyesen is találkozni.

Az életre szóló élmények és barátságok kialakulása mellett a diákok a hét során elismert hazai űrszakemberektől hallgathattak exkluzív előadásokat. A tábor vendéglátója az Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar volt. Az ünnepélyes megnyitón, július 4-én köszöntötte a résztvevőket Cser-Palkovics András, Székesfehérvár polgármestere és Molnár András, az Óbudai Egyetem rektorhelyettese.



*A székesfehérvári űrtábor résztvevőinek csoportképe. (Fotó: Trupka Zoltán)*

A hét programjában olyan érdekességek szerepeltek, mint az első kéműholdak vagy az amerikai Artemis holdprogram bemutatása. A diákok első kézből kaptak betekintést a hazai űripar egy-egy szereplőjének tevékenységébe. Szóba került a magyar űrhajózás és a diákok hasznos tippeket kaptak kezdő űrhajósok számára. Az izgalmasnak ígérkező szakmai bemutatók sorában volt robotlabor-látogatás és pilóta nélküli repülőgép (UAV) reptetése is. A hét sűrű programjába belefért még az űrfelvételről kezdve az űrtávközlésen át az extrémofil élőlényekig egy sor változatos téma, és a résztvevők az űrkutatás előttünk álló évtizedére vonatkozó jóslatokról is hallhattak egy előadást. Mindeközben maguk is dolgoztak a heti csapatmunkájukon, amelyek eredményéről a tábor vége felé be is számoltak egymásnak.



Az ország minden tájáról, sőt határainkon túlról is érkező táborlakók szabadidejükben természetesen megismerhették a környéket, élvezhették a nyár pillanatait. A tábor szakmai partnerei a Bányai Csillagászati Egyesület, a C3S Kft., a Külgazdasági és Külügyminisztérium, a Nők a Tudományban Egyesület, az Óbudai Egyetem, a Remred Kft. és az Űrvilág űrkutatási hírportál voltak. Az űrtábor fő támogatója a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság volt.

## **ŰRKUTATÁS NAPJA 2022**

A Nemzetközi Világűrhez kapcsolódóan, október 12-én tartotta meg a MANT az Űrkutatás Napját. Az egynapos rendezvény az egyik legrangosabb hagyományos hazai űrkutatási szakmai fórum és ismeretterjesztő esemény, melynek fő támogatója idén a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság (NMHH) volt. Az Űrkutatás Napja találkozási lehetőséget nyújt azoknak a szakembereknek – felsőoktatási intézmények, kutatóintézetek, űripari vállalkozások, tudományos testületek, ismeretterjesztő szervezetek, szakfolyóiratok munkatársainak –, akik a hazai űrkutatásban vagy annak népszerűsítésén dolgoznak. Az NMHH Ostrom utcai székházában megtartott rendezvényen bemutatták az elmúlt év űrkutatással, űrtevékenységgel kapcsolatos fontosabb eseményeit.

A rendezvényt Ferencz Orsolya, űrkutatásért felelős miniszteri biztos nyitotta meg. Beszédében összefoglalta az elmúlt időszak legfontosabb eredményeit, valamint beszélt a magyar űrkutatás és űripar jövőjéről is. Szó volt az újonnan induló felsőoktatási képzésekről, az Artemis-programról – ez egy amerikai űrprogram, amelynek célja az „első nő és a következő férfi” eljuttatása a Holdra 2024-ig –, valamint a következő magyar űrhajós kiválasztásának jelenleg is tartó folyamatáról.

Kovács Kálmán, a MANT elnöke röviden beszámolt az egyesület elmúlt egy éves tevékenységéről. „A sikeresen lezárt projektek mellett, mint amilyen a Magyarország és a világűr című album kiadása, vagy a második Irány az űr! verseny volt, az idén annak is örülhettünk, hogy végre újból személyes jelenléttel tarthattuk meg az Űrtábort” – tette hozzá a MANT elnöke.

A program két részből állt, ezek az *Égen-Földön*, valamint az *Új lehetőségek* címet kapták. Előbbiben, elsőként Frey Sándor, az Űrvilág hírportál főszerkesztője, a MANT alelnöke, a Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont tudományos főmunkatársa mutatta be az elmúlt egy év űrtevékenységét a világban. Őt Vári Péter, az NMHH főigazgató-helyettese követte, aki *A végtelen is véges – Korlátok és lehetőségek az űrtávközlésben* címmel az űrtevékenység egyik legfontosabb, kommunikációs oldalát mutatta be. Olyan fogalmakról is szót ejtett, mint az űr-spektrumgazdálkodás, melynek jelenét és jövőjét is felvázolta. A régóta várt, újra embert a Holdra juttatni célzó Artemis-program indulásáról és az abban végzett munkájukról Hirn Attila, az Energiatudományi Kutatóközpont Űrkutatási Laboratóriumának vezetője számolt be. Az ő munkacsoportjuk készítette az – Artemis-program legelső küldetése keretében Hold körüli útra induló – Orion űrhajóban utazó két fantomban elhelyezett dózismérőket, amelyekkel az emberi szerveket érő sugárterhelést mérik majd.

A szünet után következő *Új lehetőségek* rész a következő magyar űrhajósra lett kihegyezve. Hogy ki lesz Farkas Bertalan utódja, az még kérdéses, de a kiválasztás már a harmadik körnél jár. A hihetlenül izgalmas és feszített folyamatról, az űrhajósjelöltekkel szemben támasztott egészségügyi,





Az 2022. évi Űrkutatás Napja közönsége az NMHH székházában. (Fotó: Trupka Zoltán)

mentális és pszichés elvárásokról beszélt a kiválasztó bizottság egyik tagja, *Űrhajós kerestetik* címmel. Dr. Remes Péter, a Farkas Bertalan egészségügyi felkészítést végző orvoscsapat vezetője ismertette az első magyar űrhajós idején alkalmazott módszereket. A jelenlegi kiválasztás folyamatáról Magyar Gábor távollétében az előadást Hirn Attila tartotta meg.

Ám nemcsak űrhajósok, de a pályaválasztás előtt álló fiatalok is új lehetőségek közül válogathatnak, hiszen új űrképzések indultak az ország 17 egyetemén, négy tudományterületen. Ezeket mutatta be a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) docense, egyben a MANT alelnöke, Bacsárdi László. Arra pedig, hogy miért kell hazánkban a világűrjoggal és -politikával foglalkozni, hogy fontos-e ez, érint-e ez bennünket itt és most, Bartóki-Gönczy Balázs, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE) docense adott részletes választ.

Az Űrkutatás Napján hirdettük ki a már három évtizede minden évben megszervezett MANT diákpályázat és rajzpályázat új témáját is: *Tervezd meg a következő magyar űrhajós programját!*

Akik személyesen nem tudtak eljönni az NMHH székházába, azok a Galileo Webcast jóvoltából élő internetes közvetítésben követhették az Űrkutatás Napja eseményeit. Az előadásokról készült felvétel utólag is megtekinthető.

## **MANT WORKSHOPOK - ÚJ SZAKMAI RENDEZVÉNYSOROZAT**

A MANT új rendezvénysorozata a tudománykommunikáción túl a szakmai közönség felé is nyitni szeretne. Célunk, hogy a hazai űrkutatás, űrtevékenység aktív résztvevői számára érdekes és fontos technikai képzéseket és rendezvényeket tartsunk, aktuális tervezési, engedélyeztetési kérdéseket megvizsgálva. Az átadott tudásanyag gazdasági értéket képvisel. A workshopok sorozata 2022 végén két rendezvénnyel indult el. A máris sok érdeklődőt vonzó események támogatója a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság (NMHH) volt. A rendezvények sorát terveink szerint 2023-ban folytatjuk, elsőként egy ESA pályázati workshoppal.



A *Műholdas rádiófrekvencia-igénylés* workshop (Downlink workshop) időpontja 2022. november 18., helyszíne a Zipernowsky Ház (Budapest, Bartók Béla út 33.) volt. Az űrkutatás látványos része a műholdak és űrszondák építése, pályára juttatása. Ritkán kerül szóba az űreszközökkel fenntartott adatkapcsolat kérdése, holott enélkül a legtöbb esetben nincs is értelme a küldetésnek. Az űreszközökkel való rádiófrekvenciás kapcsolattartás nem csak technikai kérdés (link budget), hanem bejelentésköteles tevékenység. A rádiófrekvencia engedélyeztetése kihat a tervezési lépésekre is. Milyen kérdéseket kell átgondolni a bejelentéskor? Ki jelentheti be a műholdat? Miért kell rádiófrekvenciát bejelenteni? Milyen költségei vannak a frekvenciaigénylések? Milyen hosszú a frekvenciaigénylés folyamata? Ezekre és sok minden másra kaptak választ a résztvevők a MANT első technikai workshopján, első kézből, az NMHH szakembereitől (Daczi Diána, Csudai András, Vörös-Torma Csaba).

*Mit kell tudni a hasznos teherről?* (Payload workshop) – az időpont 2022. december 9., a helyszín a Demola (Budapest, Szent Gellért tér 3.) volt. Varázslatos dolog egy űreszközt megépíteni, felbocsátani, majd pedig fogadni az első adatcsomagokat. De a műholdakat ma már nem pusztán önmagukért, a technológiai bravúrért építjük. A hasznos teher a műholdnak azon része, ahol megvalósul az a tudományos vagy üzleti szolgáltatás, amely társadalmi hasznot hoz. Legyen az telekommunikáció, földmegfigyelési kamerarendszer, vagy egyéb tudományos és kutató műszeregyüttes. Mindegyiknél a tervezés első lépése, hogy a megrendelő végiggondolja, milyen technikai paraméterekre lesz szüksége, hogy kísérletét végre tudja hajtani. A workshop fókuszában a hasznos teher állt. Több aspektusból vizsgáltuk a hasznos terheket érintő kérdéseket. Több kutatóintézetben már reális lehetőség, hogy

egy kísérletet Föld körüli pályán hajtsanak végre. Legyen szó kémiai, fizikai vagy biológiai kísérletről, lehet relevanciája azt a világűrben elvégezni. De mi kell ahhoz, hogy ezt egy műholdon végre lehessen hajtani? Mekkora tér áll a kísérlet rendelkezésére? Hogyan kommunikálunk a kísérlettel? Milyen „hideg” lesz a munkatérben Visszakapom-e a kísérletem? Mennyi időbe és pénzbe kerül egy kísérlet pályára állítása? Léteznek egységes műholdplatformok? Ezekre és más kérdésekre kaptak választ a résztvevők. Az előadók Arnócz István (MANT), Pál András (ELKH Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont), Széll Alexandra (C3S Kft.), Benedek András (ELKH Természettudományi Kutatóközpont) és Csudai András (NMHH) voltak.

\* \* \* \* \*



A MANT önkéntesei önálló standon várták az űrtevékenység iránt érdeklődőket a Fölgömb Fesztiválon, a budapesti Millenáris D-csarnokában, 2022. október 16-án. (Fotó: Trupka Zoltán)

# Tartalom

<b>Előszó</b> . . . . .	<b>3</b>
Szabó Julianna, Strádi Andrea, Hirn Attila <b>Hosszú távú dózistérképezés a Nemzetközi Űrállomáson – egy teljes napciklus eredményei</b> . . . . .	<b>5</b>
Pál András <b>Az első magyar vezetésű asztrofizikai műholdkísérlet, a GRBA<math>\alpha</math> első 656 napja</b> . . . . .	<b>11</b>
Futó Péter <b>A Naphoz hasonló csillagok elemgyakoriságai és a planetáris kémia</b> . . . . .	<b>19</b>
Pataki Péter <b>A Hold csak egy érintésnyire van</b> . . . . .	<b>26</b>
Varga Krisztián <b>Űrcsillagászat keleten (1. rész) – a Szovjetunió és Oroszország</b> . . . . .	<b>33</b>
Schuminszky Nándor, Vincze Miklós <b>A SUMIMANT „Útitárs” program</b> . . . . .	<b>48</b>
Nagy Zselyke <b>Űrtábor 2022 – Egy hét úrélmény</b> . . . . .	<b>52</b>
<b>A Magyar Asztronautikai Társaság 2021. évi tevékenységéről</b> . . . . .	<b>56</b>