

Lányi Aladár, Balajti István

## Magyar sikerek az űrkutatásban

### A Tungsram Hold-radar-mérésektől napjainkig

*Minél hatékonyabb részvételünk a világűrrel kapcsolatos gazdasági tevékenységekben a jelen és a közeljövő feladata. A szomszédunkban dúló háború ismét felértékeli a katonai alkalmazásokon alapuló tudományos eredmények hatékony kihasználását. A második világháború alatti magyar rádióelektronika, például rádiócsőgyártás és ezek alkalmazásai, a különböző típusú rádiók, elektromos készülékek és radarok: a SAS, Borbála, Bagoly és Turul kifejlesztése és alkalmazásba vétele a Haditechnikai Intézet (HTI) harcászati-műszaki követelményei alapján készültek. Minden műszaki eredményünk alapja a világszínvonal feletti középiskolai és egyetemi oktatásunk szellemi potenciálja, amelyet az 1920-as években Klebelsberg Kunó alapozott meg. A mérnöki kreativitást, úgy mint 80 évvel ezelőtt, nagymértékben determinálja a magyar nyelvi környezet és a tématerülettel kapcsolatban elért történelmi eredményeink. Ezek értékelésével feltárható és valószínűsíthető elődjeink ipari és műszaki háttere, milyen irányokban voltak eredményesek, és ezt a nemzetközi környezet hogyan fogadta. Mivel a Bay Zoltán vezette Tungsram Hold-radar-mérések mérőföldkövet jelentenek ebben a folyamatban, áttekintjük az akkori és a közelmúlt sikereinek űrkutatással kapcsolatos részeit, kiemelve a napjainknak szóló üzeneteket.*

**Kulcsszavak:** Bay Zoltán, Tungsram, Hold-radar, űrkutatás, műholdak, magyar űrhajósok

### 1. Bevezetés

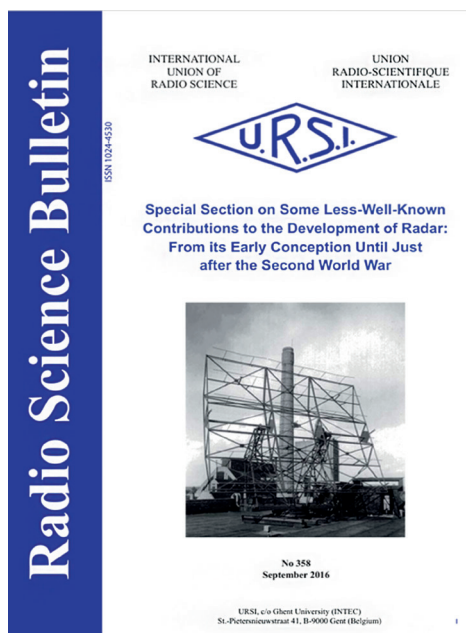
A szerzők több mint 45 éve foglalkoznak a legmodernebb haditechnikai eszközök, K + F + I-feladatok és -projektek kockázatfelmérésével, vezetésével, valamint az elmúlt 20 évben a szenzorok *in situ* performanciavizsgálatainak kidolgozásával és végrehajtásával. Ez a műszaki és tudományos háttér és érdeklődési kör inspirálta a tanulmány kidolgozását. Napjainkban már tény, hogy a Tungsram Hold-radar-méréseknek a magyar műszaki színvonal elismerésén túl komoly társadalomélénkítő jelentősége volt a második világháború utáni időkből.

Napjainkban paradigmaváltás figyelhető meg a műszaki tudományok területén, mivel a környezetünket figyelő, értékelő természetes érzékszerveink lehetőségei a teljes érzékelési spektrumban, beleértve a teljes elektromágneses tartományt, nagyságrendekkel kiteljesedik. A beérkező nagy mennyiségű adathalmazok kiértékelését és a döntéshozatalt mesterséges intelligencia (MI) „gépi tanulás” és „mélytanulás” elven üzemelő algoritmusok segítik. A döntés végrehajtásához szükséges komplex és összehangolt fizikai folyamatok hatékony végrehajtása szintén megoldhatatlan ezek alkalmazása nélkül. A 80 éve végrehajtott mérések jelentősége éppen abban áll, hogy rámutat az időközben bekövetkezett műszaki fejlődés és társadalmi

elvárások közötti összefüggésekre. Tény, hogy az akkori és a mai mérnökök, tudósok szellemi színvonala, kognitív képességei hasonlóak, így csak a társadalmi változásokban és a műszaki technológiák fejlődésében beállt változásokat kell áttekintenünk. A magyar társadalom számára, beleértve az oktatást, ki kell emelnünk a magyar nyelvi környezetnek a mérnöki gondolkodásra gyakorolt hatását, amely eltér minden más európai nyelvtől, ezért, különösen nemzetközi szinten, jelentős „értvényesülést” befolyásoló tényező. Ismert, hogy a magyar nyelvi környezet átfogó jellege, és a „felülről lefelé” építkezési struktúra miatt, ellentétben például az olasz és a francia nyelvvel, amelyek a legkisebb egységből indulnak ki és felfelé bővülnek, olyan tulajdonságokat mutat, amelyek ösztönzik a műszaki gondolkodást. A gondolkozásmódban jelentkező különbségekre mutatnak rá például a *Brainstorming* és a *Configuration Control* mérnöki tevékenységekben jelentkező értelmezési különbségek.

Kleblsberg Kunó (1875–1932) kultuszminiszter alapvető hatással volt a magyarországi mérnöki képzés színvonalára, amikor az 1920-as években rendkívül magas szintű oktatási követelményeket írt elő és hajtattott végre. Víziója túlmutatott az elit képzésén, célja az egész nemzet oktatása és az oktatási rendszer fejlesztése volt. Ebben az időszakban lett alapvető matematikai követelmény a differenciál- és integrálszámítás tanítása a középiskolákban. Az oktatás magas színvonalának is köszönhető, hogy a magyar rádióelektronika, a rádiógyártás a világ élvonalába került [1], [2].

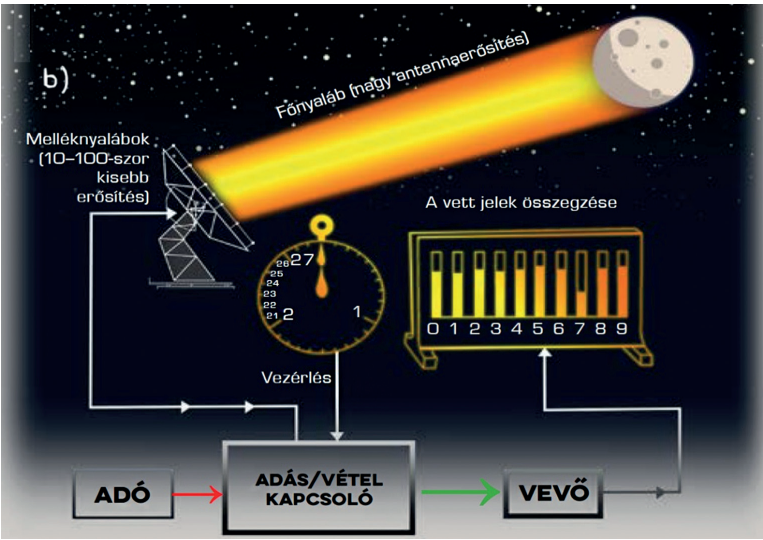
A társadalmi elvárások ismeretében megállapítható, hogy napjainkban is aktuális és nemzetközi szinten erősítésre váró lehetőség, egyben kötelességünk a különböző műszaki szakterületek ápolásában nevet szerzett tudósaink emlékének ápolása. Az első jelentősebb megemlékezés a Bay Zoltán vezette Tunggram Hold-radar-mérésekről a Haditechnikai Intézetben történt 2000-ben. Egy VHF-sávban üzemelő P-18 távolfelderítő radarral megismételték a méréseket [3]. Ezt követte a 70. évforduló alkalmából angol nyelven készített, a műszaki kihívásokat részletesen összefoglaló és értékelő tanulmány, amelyet a [4]-ben hivatkozott szakfolyóiratban publikáltak (1. ábra). Ennek kapcsán kiemelendő, hogy a magyar rádiótechnika sikeres fejlődéséhez jelentős mértékben hozzájárult a Királyi Magyar Haditechnikai Intézet (HTI), amelyet 1920-ban titokban hoztak létre [5], és amelynek létezésére csupán az általa kibocsátott feladatokból lehet következtetni. Az intézetben első lépésként az elektronikai laboratórium kezdte meg tevékenységét: feladatai közé tartozott a csapatok közötti kommunikáció kiépítése, az elméleti problémák és gyakorlati lehetőségek harmonizálása, valamint a vezetékes és vezeték nélküli kommunikációs rendszerek komponenseinek megtervezése és gyártásba állítása. A második világháborús radarok gyártásának előkészítése érdekében Jáky ezredes – aki ekkor még a HTI osztályvezetője, később pedig kormánybiztos volt – három fejlesztői csoportot hozott létre. Dr. Jáky József (1897–1945) vezetésével a HTI kidolgozta a magyar katonai radarok alkalmazási és műszaki követelményeit, amelyek alapján megszületett a Sas nagy hatótávolságú légtérelenőrző és felderítő radar, a Borbála tűzvezető radar, a Bagoly vadászirányító radar, valamint a Turul repülőgép-fedélzeti radar. A fejlesztések tudományos megalapozásáért felelős csoport Dr. Bay Zoltán professzor (1900–1992) vezetésével működött a Tunggram Rt.-nél. Bay Zoltán 1944 márciusában javaslatot tett a Hold-radar-mérések végrehajtására, amelyet Jáky – a radarügyek kormánybiztosaként – támogatott, és amelyet a német megszállás időszakában végre is hajtottak. Istvánffy Edvin Imre (1895–1967) a Standard vállalat főmérnökéként a magyar radargyártás műszaki felelőse lett.



1. ábra

*Magyar Tungsram Hold-radar képe a folyóirat címlapján [4]*

A háború utáni győztes államok Magyarországon tevékenykedő nemzetközi vizsgálóbizottsága kezdetben nem tartotta hihetőnek, hogy Bay Zoltán negyven mérnök és tudós közreműködésével 1944 nyarán és kora őszén a Pilisben Hold-radar-méréseket folytathatott. Ennek oka az volt, hogy a háború végső szakaszában sehol a világon nem akadt példa hasonló kísérletre, így Magyarország esetében sem tűnt valószínűnek, hogy sürgető katonai fejlesztések helyett ilyen jellegű kutatásokat folytassanak, különösen a szakképzett mérnökök hiányának időszakában. Külön figyelemre méltó, hogy Bay Zoltán csapata ekkor még nem ért el áttörést a Holdról visszaverődő jelek „visszhangok” detektálásában. Ugyanakkor a későbbi mérések szempontjából olyan meghatározó jelentőségű elméleti és gyakorlati megállapításokat dolgoztak ki, amelyek jelentősen lerövidítették a későbbi megvalósítás időigényét. Komoly műszaki kihívást jelentett a Hold közel 400 000 km-es távolsága, mivel a kisugárzott mikrohullámú jelek teljesítménye – a radaregyenlet már akkor is ismert törvényszerűségei szerint – a távolság negyedik hatványával arányosan csökken [6]. Ezt a távolságot az elektromágneses hullámok (EMH) megközelítőleg 2,5 s alatt teszik meg oda- és visszaút során. Mintegy 80 évvel ezelőtt még csupán feltételezés volt, hogy a Földről kisugárzott mikrohullámú jelek kijutnak a világűrbe, majd a radarimpulzusok visszaverődnek a Hold felszínéről, és a rendkívül legyengült visszhangjelek ismét eléri a földi vevőantennát. A 2. ábra a Tungsram Hold-radar működési elvét szemlélteti. A radartechnológiában jól ismert alrendszerek mellett kiemelkedő a hidrogén-kulométer, amely a világ első radarjelösszegző (kumuláló) berendezése volt, és amelyet a Hold távolságának kimutatására alkalmaztak.



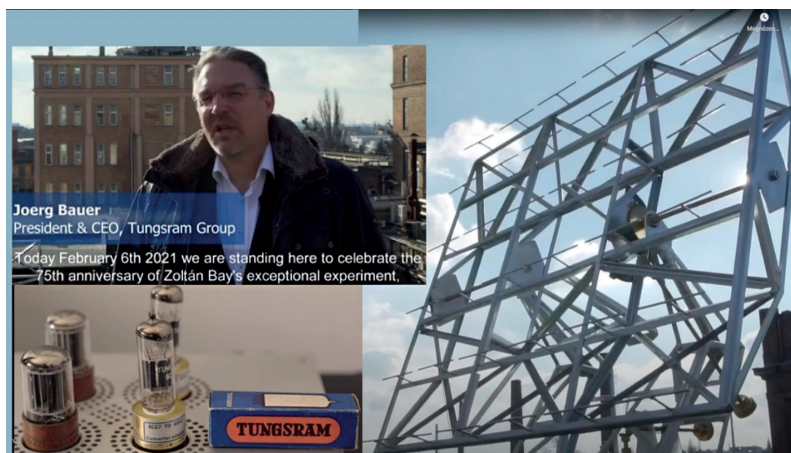
2. ábra  
A Bay-Tungstam Hold-radar működési elve [6]

A történelmi hűség megköveteli annak megemlítését, hogy a második világháborúból győztesként kikerült Egyesült Államok radarmérnökei hasonló munkahipotézis alapján kezdték meg kutatásaikat, és a Diana-projekt keretében 1946. január 10-én radarjel-visszaverődéseket detektáltak a Hold felszínéről [7]. Szintén figyelemre méltó, a Hold-radar-visszhang detektálásához kapcsolódó esemény, hogy az első Föld-Hold-Föld (EME) visszaverődéseket valószínűleg a német, igen nagy hatótávolságú Würzmann radar észlelte 564 MHz-es frekvencián 1944 őszén. Számukra ez feltehetően csupán ritkán jelentkező, a céltárgyak detektálását zavaró interferenciajelenséggként mutatkozott meg [8]. Az 1. táblázat összefoglalja azon radarberendezések főbb jellemzőit, amelyek a Hold felszínéről visszaverődött elektromágneses hullámok detektálásával megalapozták a radarcsillagászat kialakulását.

1. táblázat  
Az első, a Hold felszínéről visszaverődést detektáló radarok főbb paraméterei [a szerzők]

|                        | Hold-radar<br>USA                         | Hold-radar<br>Magyar          | Hold-radar<br>HTI/2000      | Würzmann<br>Németország       | Megjegyzés                            |
|------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Üzemi<br>frekvencia    | 111 MHz                                   | 121 MHz                       | 155 MHz                     | 564 MHz                       | A HTI megemlékező<br>mérések          |
| Antennatípus           | 8 × 8 dipól                               | 6 × 6 dipól                   | 2 × 8 dipól<br>Yagi antenna | 8 × 10 dipól<br>fázis antenna | Félhullámú szim-<br>metrikus táplálás |
| Adóteljesít-<br>mény   | 50 kW/250 μs                              | 10 kW/60 μs                   | 200 kW/6 μs                 | 120 kW/1,5 μs                 | Impulzus                              |
| Eredmény-<br>indikáció | Távolságmérés<br>A-csővön-hang-<br>jelzés | Kémiai kijelzés-<br>kulométer | Digitális kijelző           | A-szkóp kijelzés              | Hold-távolság                         |
| „Alap” radar           | SCR-271                                   | SAS                           | P-18 M                      | DMG4k „Michael”               | Légtérelenőrző                        |

Az 1946. február 6-i események 75. évfordulójáról a Tungsram elnöke és vezérigazgatója, Joerg Bauer is megemlékezett [9]. A 3. ábrán látható montázs ezt az eseményt örökíti meg, bemutatva az eredeti radarantenna Tungsram által készített replikáját. Ebből az alkalomból készült el az a tanulmány is, amely áttekinti a Tungsram Hold-radar-méréseit, valamint a magyar űrtevékenység főbb szereplőit, projektjeit, sikereit és eredményeit a kezdetektől napjainkig [10].



3. ábra

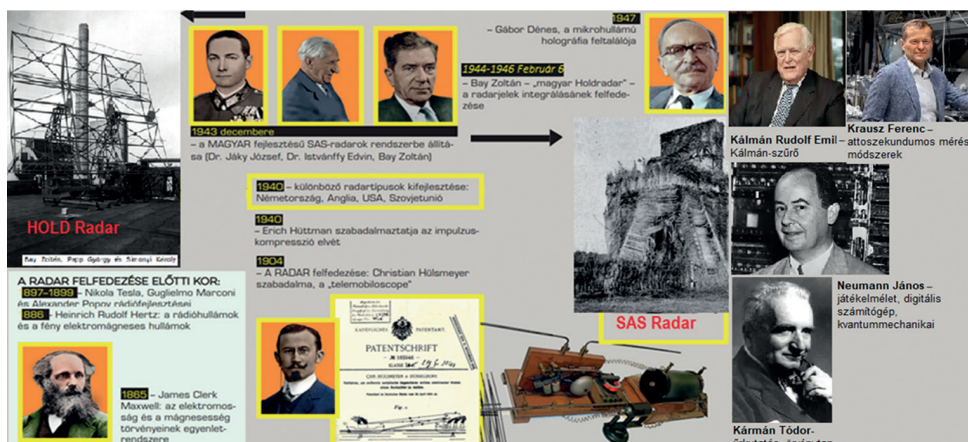
*Tungsram rádiócsövek és a rekonstruált Hold-radar-antenna (a szerzők [10] felhasználásával)*

A 4. ábra a radartechnológia fejlődéséhez jelentősen hozzájáruló magyar mérnökök és tudósok legismertebbjeire emlékezik. Számunkra ez fontos, mivel napjainkban az ötven év alatti tudósok bár használják eredményeiket, nem ismerik azok eredetét. Az említetteken kívül ki kell emelni az alábbi magyar tudósokat is.

Gábor Dénes (1900–1971): *mikrohullámú holográfia*, amely a német egyetemeken szerzett vákuumtechnikai és elektronoptikai ismeretein alapult, és a British Thomson-Houston (BTH) vállalat kutatólaboratóriumában az elektronmikroszkópok fejlesztése során teljessé vált ki. 1947-ben támadt az az úttörő ötlete, hogy egy koherens háttérhullámot (referenciahullámot) használjon az objektumról érkező fénycsugarak térhatású, 3D-értékelésére [11].

Kármán Tódor (1881–1963): *örvénytan, aerodinamika*, az USA első szuperszonikus szélcsatornájának létrehozója. Áramlástechnikai kutatásának eredményei alapozták meg a nagy sebességű szuperszonikus repülőgépek és a jobb hatásfokkal működő rakétahajtóművek megépítését. Róla nevezték el az űr és a légkör határát jelentő elméleti magasság vonalát Kármán-vonalnak (földfelszín feletti 60 mérföld, körülbelül 100 km magasság). Kármán azért választotta ezt a határvonalat, mert ebben a magasságban az elméleti aerodinamikai felhajtóerő létrejöttéhez szükséges sebesség megegyezik a keringési sebességgel [12].

Kálmán Rudolf Emil (1930–2016): *Kálmán-szűrő*. Fő kutatási területe a folyamatirányítás- és szabályozásteória, az operációkutatás, azaz a műszaki műveletek vezérléséért, ellenőrzéséért és szabályozásáért felelős irányítórendszerek matematikai szempontú algoritmizálása, matematikai módszerek alkalmazása a sztochasztikus rendszerek elemzésében és fejlesztésében [13].



4. ábra

*A radar technológia fejlesztésében részt vevő magyar tudósok [a szerzők]*

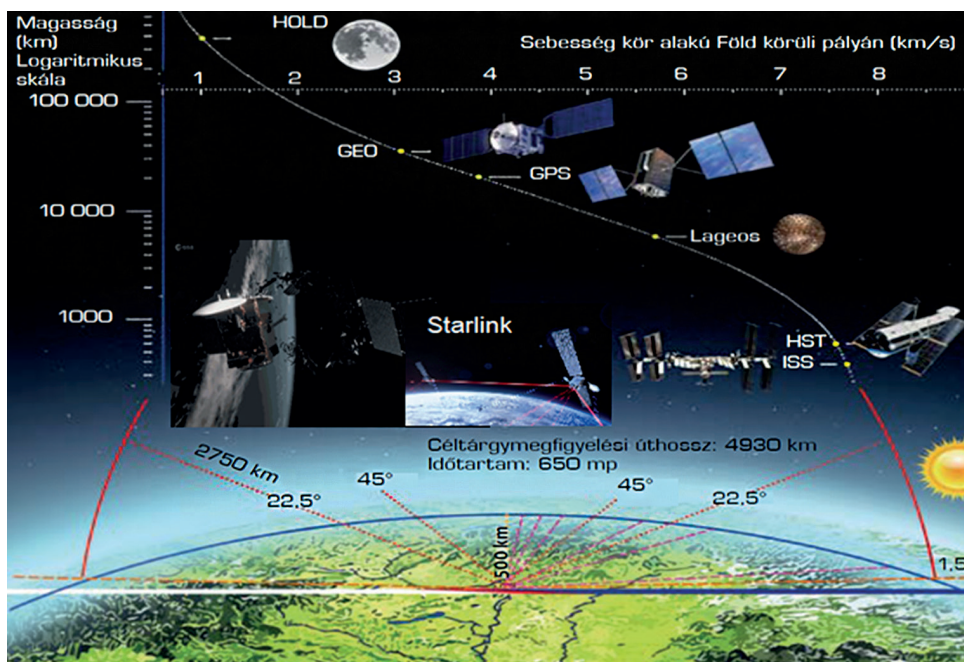
Neumann János (1903–1957) matematikus, fizikus, a digitális számítógép-architektúra megalkotója. Kidolgozta a számítógépek működésének alapjául szolgáló programozási és szervezési elveket, valamint megalkotta a gépi kódú utasításrendszer koncepcióját. Nevéhez fűződik a tárolt program elvén működő számítógép-architektúra kialakítása, amely ma is a számítógépek működésének alapját képezi [14].

Munkássága a játékelmélet megalapozására is kiterjedt, amely a gazdaságtudományban és a haditechnikai döntéshozatalban egyaránt meghatározó jelentőségű. Az első elektronikus számítógépeket többek között a ballisztikus lövedékek röppályájának számítására alkalmazták, ami közvetlen kapcsolatot teremtett a haditechnikai fejlesztésekkel.

A mai számítógépek működési elvei alapvetően a Neumann János által lefektetett architektúrális és programozási koncepciókon nyugszanak.

Krausz Ferenc (1962–): *attoszekundumos mérési módszerek*. A csapata által bemutatott femtoszekundumos impulzusok hullámformájának szabályozása és az így kapott reprodukálható attoszekundumos impulzusok lehetővé teszik az attoszekundumos mérés technika megalapozását, amely ma a kísérleti attoszekundumos fizika technológiai alapjául szolgál. A mérnöki tudományok területén legalább két nagyságrenddel tovább növeli a koherens jelfeldolgozás, az interferometria, a mikrohullámú holográfia és polarimetria elvén megvalósítható mérések pontosságát [15].

Az 5. ábra a Kárpát-medence feletti világűrben található eszközöket, berendezéseket helyzetét mutatja egészen a Holdig. Szemlélteti a Budapest központból megfigyelhető fontosabb űreszközök áthaladási szögeit, idejét, az alacsony műholdpályák néhány jellemzőjét. Érdekes megfigyelni az alacsony műholdpályán egyre növekvő űrszemét mennyiségét, mivel napjainkban már több mint 40 000, 10 cm-nél nagyobb darab veszélyezteti az emberiség gazdasági és tudományos tevékenységeit, például a napjainkban gyorsan kiépülő műholdas Starlink-rendszert. Tény, hogy jelenleg a világűr gazdasági jelentősége gyorsan nő, és elérte, vagy néhány éven belül eléri, a Hold felszínén található tudományos és ipari méretű bányászati lehetőségek gazdaságos kiaknázási szintjét. Ezek tudományos, ipari és katonai jelentősége a magyar szellemi kapacitások kihasználhatósága szempontjából jelentős értéket képvisel.



5. ábra

Rádiótechnológiai eszközök, radarok a Kárpát-medence feletti világűrben [a szerzők]

## 2. Részvételünk a német rakétakutatásban

A magyar tudósok részvétele az űrkutatásban már a Szputnyikok 1957-es fellövése előtt megkezdődött. Fontosnak tartjuk felhívni a figyelmet egy kevésbé ismert tényre: a német rakétakutatás – amely a háborús felkészülés során rakétafegyver-kísérletek formájában bontakozott ki – eredményeként az első, ember alkotta eszköz (rakétarendszer), amely elérte a világűr határát, a Wernher von Braun (1912–1977) által fejlesztett V-2 harci rakéta volt. A német tüzérség által 1944–45-ben bevetett több mint 3000 db V-2 rakéta jellemzően ballisztikus pályán repült, és röppályája során rendszerint 80–88 km közötti csúcsmagasságot ért el. A V-2 rakéta tervezése során felhasználták Borbély Samu magyar mérnök-matematikusi tudományos munkáinak eredményeit [16].

### 2.1. Borbély Samu munkássága

Borbély Samu (1907–1984) a Berlin-Charlottenburgi Műszaki Egyetem Általános Tudományok Karán 1933-ban szerzett mérnök-matematikusi oklevelet, majd 1938-ban ugyanott, Rothe professzor irányításával, mérnök-doktori (Dr.-Ing.) tudományos címet. 1933 és 1941 között a berlini Repüléselméleti Intézet tudományos munkatársaként tevékenykedett. Itt végzett kutatásai eredményeként jelent meg „Bombapályák pontballisztikai közelítő meghatározása”

című tanulmánya. Szintén ebben az időben végzett aerodinamikai kutatásai alapján a turbina- és szivattyúlapátok lapátprofiljait komplexfüggvénytani transzformációs modellezéssel tervezte és méretezte. Az előbb említett ballisztikai tanulmány eredményeit felhasználva végezték a német mérnökök a V-2 rakéta testének olyan geometriai kialakítását, amely szuperszonikus sebességtartományban is stabil repülést tett lehetővé. 1941-ben Borbély Samu személyesen tervezte meg a V-2 rakétában alkalmazott gőzturbinát és az általa hajtott üzemanyag- és folyékonyoxigén-szivattyút, beleértve azok lapátprofiljainak kialakítását [16].



6. ábra  
Dr. Borbély Samu a munkaasztalánál [17]

## 2.2. Űrkutatás Rákosligeten

Kevesen gondolnák, hogy Rákosliget a világűr kutatásának kezdeti időszakában meghatározó szerepet játszott Horváth Tibor tevékenysége révén, aki Bay Zoltán munkatársaként részt vett a Hold-radar-kísérletben. Horváth Tibort a Bay Zoltán vezette sikeres Hold-radar-kísérlet ösztönözte arra, hogy a jelentős technikai és anyagi nehézségek ellenére saját kertjében építse meg Magyarország „első műhold- és űrrakéta-követő állomását”. Az állomás a TIT Asztronautikai Bizottság (AB) keretében működött, amelynek Horváth Tibor alapító tagja volt. 1956-ban megindult az űrhajózási ismeretterjesztés, és Rákosligeten létrejött az első magyar műhold- és űrrakéta-követő állomás [17].

A Szputnyik-1 fellövése után Horváth Tibor és amatőr rádiós csapata észlelni tudta a műhold jellegzetes *bip-bip* rádiójeleit. A vett rádiójeleket Horvai Ferenc mérnök által az NSZK-ból hazahozott magnetofonnal rögzítették. A rákosligeti felvételt a Magyar Rádió több alkalommal is sugározta. A rákosligeti műholdkövető rádióállomás antennáját Lányi Aladár, e cikk társszerzője, személyesen is látta rákosligeti sétái során. Többször megfigyelték a Horváth Tibor kertjében felállított, 18 m magas, forgatható és irányítható antennát. A rádióállomás nemcsak a Szputnyik-1, -2 és -3 egyszerű jeleit vette, hanem a Luna holdszondasorozat és az összes ezt követő szovjet műholdak telemetriai és kommunikációs adatait is. A rögzített adatokat és felvételeket további feldolgozás céljából továbbították az illetékes szakemberek részére [17].



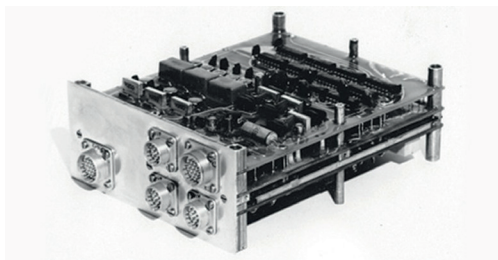
7. ábra

*Szputnyik-figyelő antenna felállítása Rákosligen Horváth Tibor kertjében [17]*

### 3. Az Interkozmosz magyar eredményei

#### 3.1. Magyar fejlesztésű és gyártású eszközök

1967-ben jött létre a szocialista országok űrtevékenységét összehangoló Interkozmosz szervezet. Magyarország alapító tagként vett részt, hazánkat Kónya Albert (1917–1988), a Budapesti Műszaki Egyetem (BME) fizikaprofesszora képviselte. Az első egyeztetések során Magyarország vállalta, hogy az Interkozmosz program keretében indított kutatórakéták fedélzeti rendszereihez saját fejlesztésű eszközöket készít. A kezdeti fejlesztések a rakéták műszerrendszereinek tápegységeire, valamint egyes fedélzeti megfigyelőrendszerek érzékelőire irányultak. A szükséges szakmai és kutatói háttérrel a Központi Fizikai Kutatóintézet (KFKI) kutatóintézeteti biztosították. A KFKI Reaktor főosztály Mérésautomatizálási osztályán belül létrehozták az Űrelektronikai csoportot, amely a fejlesztési feladatok koordinálását és végrehajtását végezte. Beszerezték az űreszközök, műszerek bevizsgálására alkalmas klímakamrát és rázópadot is. A kozmikus eszközök vizsgálati követelményeit a szovjet fél biztosította az általuk alkalmazott szabványok – például a Moroz előírási rendszer – átadásával. Az első magyar fejlesztésű berendezések a Vertikál nevű kutatórakéták fedélzetén jelentek meg. Ezek a rakéták nem álltak Föld körüli keringési pályára, hanem ballisztikus röppályán érték el a kozmikus magasságot, majd külön fékezőrendszer alkalmazása nélkül visszatértek a légkörbe, illetve a Föld felszínére. A későbbiekben az Interkozmosz program keretében indított kutatóeszközök esetében a magyar fejlesztésű és gyártású berendezéseket már orbitális pályán keringő műholdakra építették. Első alkalommal az 1972. április 4-én felbocsátott Interkozmosz-6 műhold fedélzetén működött magyar fejlesztésű és gyártású berendezés, egy mikrometeorit-gyűjtő és -elemző rendszer. 1974. október 31-én, helyi idő szerint 13 órakor indították űtnak az Interkozmosz-12 műholdat, amelyen a K-1-3 jelű elektronikai egység szintén magyar tervezésű és gyártású volt [18].



8. ábra

*A mikrometeorit-detektor K-1-3 jelű magyar elektronikájának szerkezete [MTA AEKI]*

Az Apáthy István (1945–) vezette Űrelektronikai csoport az 1977-ben felbocsátott Prognóz–7 műhold komplex plazmadetektorához az adatok előzetes kiértékelését végző elektronikai egység megtervezésével és elkészítésével járult hozzá. Ez volt az első olyan berendezés az Interkozmosz program történetében, amelyben mikroprocesszort alkalmaztak az elsődleges, fedélzeti adatfeldolgozás céljára. A KFKI kezdeményezésére Magyarország részt vállalt egy széles körű nemzetközi űrprogramban is, amelynek célja a Halley-üstökös 1986. évi visszatérésének megfigyelése volt űrszondák alkalmazásával. A Halley-üstököshöz a földközelsége idején indított szovjet Vega-szondák fedélzetén számos magyar fejlesztésű berendezés kapott helyet, többek között az űreszköz kameráját pozicionáló elektronika, egy adatgyűjtő berendezés, valamint több sugárzást mérő detektor. A KFKI és a BME együttműködésében született Vega-műszerek határidőre elkészültek, és a bolygóközi térben is sikeresen működtek. Magyarország ezzel az első kelet-európai országgá vált, amelynek műszerei bolygóközi küldetés keretében jutottak el az űrbe [18].

A sikeres programok eredményeként a magyar űrkutatókat több bolygóközi szonda – például a Fobosz-program – fedélzeti berendezéseinek kidolgozásába és megvalósításába is meghívták. A sokoldalú nemzetközi műszercomagon belül elsősorban a plazmakörnyezet vizsgálatára szolgáló magyar fejlesztésű berendezések kerültek pályára. A legjelentősebb magyar hozzájárulás a Fobosz leszállóegység nagy megbízhatóságú és hibatűrő fedélzeti számítógépe volt. Ez a berendezés azonban az űrszondával való kapcsolat idő előtti megszakadása miatt nem tudta teljeskörűen végrehajtani feladatát. A KFKI részvételével készült két fedélzeti részecskedetektor, amely számos jelentős, új tudományos eredményt szolgáltatott a Mars környezetéről. A megszerzett tapasztalatok a későbbi missziók során hasznosultak, és megalapozták a hazai űrkutatás tudományos és ipari tevékenységének további kibontakozását [18].

A magyar űrkutatás talán legsikeresebb eszköze a Pille dózismérő, amelynek története az 1970-es évek végére nyúlik vissza. A KFKI mérnökei Farkas Bertalan (1949–) űrrepülésére készítették el a Pille első változatát. Az eszközt az első magyar űrhajós 1980 májusában, a Szaljut-6 űrállomás fedélzetén használta. A berendezés jelentősége abban rejlett, hogy korábban az űrhajósok szervezetét érő sugárdózist csak a Földre való visszatérést követően lehetett meghatározni. A korábbi adatkinyerő eszközök mérete és tömege nem tették lehetővé használatukat az űrben. A kis méretű, kis energiaigényű és mindössze 1 kg tömegű Pille ezzel szemben lehetővé tette a sugárdózis helyszíni, az űrrepülés alatti ismételt mérését is. A műszert később a Szaljut-7, majd a Mir űrállomás fedélzetén is alkalmazták. Az 1990-es évek elején a Pille továbbfejlesztett változata is elkészült, amely már mikroprocesszoros kivitelben került fel a Mir űrállomásra [18].



9. ábra  
Pille dózismérő rendszer [MTA AEKI]

Az Apáthy István vezette fejlesztőcsoport által továbbfejlesztett Pille dózismérőt 2001-ben amerikai közreműködéssel juttatták fel a Nemzetközi Űrállomásra (ISS) tudományos kutatási célokra. A berendezést az egyik űrturista, a magyar származású Charles Simonyi is használta küldetése során. A Pille dózismérőt az ISS fedélzetén – elsősorban az orosz szektorban – megbízhatósága miatt mind a mai napig alkalmazzák [19].

A Balaton nevű műszert a munkavégző képesség mérésére Remes Péter (1941–) repülőorvos elméleti kutatásai alapján fejlesztette ki a Medicor. A műszert „Balaton № 3. Medicor Budapest” feliratú bőrtokban, majd fehér alumíniumdobozba csomagolva juttatták fel a Szaljut-6 űrállomás fedélzetére. Később a Szaljut-7 űrállomáson is alkalmazták. A fedélzeti kísérletet elsőként Valerij Nyikolajevics Kubaszov (1935–2014) hajtotta végre. Kubaszov a könyvében így írja le a berendezést: „Külsőre egy hordozható számológéphez hasonlított, melynek kijelzőjén számok és betűk jelentek meg. Ezekre kellett reagálnunk a megfelelő gombok lenyomásával. Sokféle programot teljesítettünk az egyszerűbb feladatoktól a bonyolultabbakig. Ezenkívül fülhallgatón keresztül a műszer morzehangokhoz hasonló rövid és hosszú jeleket sugárzott, amelyeket össze kellett számolnunk.” A Balaton alkalmazásának nem csupán a kozmonauták körében volt jelentősége, alkalmazták a pilóták fáradtságának ellenőrzésében, valamint a közlekedés számos területén, ahol a diszpécserok, operátorok és irányítópultoknál dolgozók csökkent munkaképessége potenciálisan veszélyhelyzeteket idézhet elő. Mindez azért lehetséges, mert a berendezés rövid idő alatt képes a pszichomotoros paraméterek és a munkavégző képesség objektív értékelésére. A Balaton műszer további sajátossága, hogy az űrhajósok feladatvégzése során kifejtett mentális és fizikai terhelés mértékéről is információt szolgáltatott [20].



10. ábra  
A Balaton műszer és használata a Szaljut-6 fedélzetén [20]

A Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézetében Roósz András (1945–) akadémikus vezetésével fejlesztett űrkohó egy mikrogravitációs körülmények között működő, univerzális, sokzónás kristályosító berendezés volt [21]. A kristályosító kemencét 1995-ben a NASA Marshall űrközpontjában is eredményesen tesztelték, később további 3 példányt rendeltek belőle. Fancsali József a Nehézipari Műszaki Egyetem (NME) gépészeti főkonstruktöre szintén jelentős szerepet vállalt az „űrkohó” fejlesztésében. Magyarai Béla (1949–2018) kiképzett magyar űrhajós a Miskolci NME-n készítette doktori disszertációját, amelyben a Szaljut-6 űrállomás fedélzetén működő SPLAV és KRISTAL űrkohók kísérleti eredményeinek feldolgozását végezte el [22]. A fejlesztésekben részt vevő kutatók és űrhajósok munkája nemzetközi szinten is visszhangot keltett, hozzájárulva az ország nemzetközi tudományos kapcsolatainak erősítéséhez.



11. ábra

NME mikrogravitációs környezethez tervezett UMC<sup>1</sup>-típusú űrkemencéje [22]

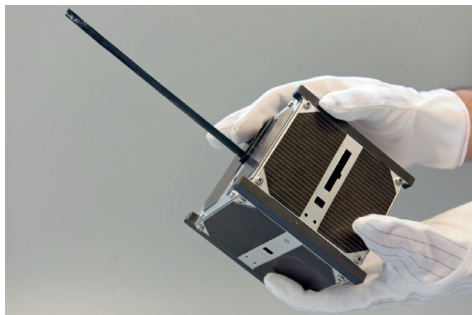
### 3.2. Magyar fejlesztésű és gyártású műholdak

A Masat-1 MO-72 (a „magyar” és a „satellite” szavak összevonásából származik) az első teljes egészében magyar fejlesztésű és építésű CubeSat műhold. A mintegy 1 kg tömegű, 10 cm élhosszúságú, kocka alakú, CubeSat-szabványú műholdat a BME hallgatói fejlesztették. A műholdat magyar idő szerint 2012. február 13-án 11 órakor indították útnak, több más műhold társaságában, az Európai Űrügynökség (ESA<sup>2</sup>) Vega hordozórakétájának első küldetésén. A felbocsátás a Francia Guyanában található Guyana Űrközpontból történt. A műholdon helyet kapott egy VGA-felbontású kamera, amelyet a 10 cm-es élhosszúságú kockába integráltak. Az 1 kg tömegű rendszernek ki kellett bírnia a felbocsátáskori mechanikai terhelést, valamint a világűr szélsőséges környezeti körülményeit (széles hőmérsékleti tartomány, vákuum). A műhold mintegy 2000 km magasságú pályán legalább 3 héten át képes volt működni, és folyamatos kapcsolatot tartott fenn a földi vezérlőállomással. A végső integráció során lehetőség nyílt egy kis tömegű kamera elhelyezésére is, így került a fedélzetre

<sup>1</sup> Universal Multizone Crystallizator.

<sup>2</sup> European Space Agency.

a VGA-érzékelő. Az első felvételek nem sikerültek, de miután a műhold teljesítette alapfeladatait és átvészelte a 2012. március eleji napvihart, az üzemeltető csapat kijavította a hibákat, és elkészítette az első sikeres felvételeket a Földről. A BME 2015. január 8-án jelentette be, hogy a folyamatosan csökkenő pályamagasságú Masat-1 várhatóan január 10-én belép a légkörbe, és megsemmisül. A műhold több mint 10 ezer Föld körüli keringést teljesített, és összesen 1061 napon keresztül működött. A projekt vezetője Gschwindt András (1941–) volt. A fejlesztőcsapat tagjai: Horváth Gyula, Szombathy Csaba, Kovács Zoltán, Marosy Gábor, Bükkfejes András, Czifra Dávid, Dudás Levente, Glisics Sándor, Hödl Emil, Knipfer Balázs, Mezei Tibor, Szimler András, Temesvölgyi Tamás, Vancsik János, Varga Lajos és Várhegyi Zsolt [23].



12. ábra

A MASAT-1 az első magyar CubeSat műhold [23]

A SMOG műholdból két repülőképés példány készült. Az elsőt eredetileg 2017-ben indították volna SMOG–1 jelzéssel, de a start többször csúszott, ezért a készítők újabb indítási lehetőséget kerestek a második példány számára. A SMOG-P (a „P” a *precursor*, azaz előfutár kifejezésre utal) magyar pikoműhold a SMOG műholdsorozat első tagja. A második magyar műhold és egyúttal a világ első működő 1PQ (*PocketQube*), azaz  $5 \times 5 \times 5$  cm méretű műholdja, amelyet a BME Villamosmérnöki Karán fejlesztettek és építettek. A műhold fő feladata a földfelszíni digitális műsorszóró adók világűrbe kisugárzott jeleinek mérésével az elektromágneses szennyezettség – közismert nevén elektroszmozg – vizsgálata volt. A SMOG-P-t 2019. december 6-án állították Föld körüli pályára az új-zélandi Māhia-félszigetről a Rocket Lab Electron típusú hordozórakétájával. A SMOG-P-vel együtt indították a 2PQ ( $5 \times 5 \times 10$  cm) méretű, magyar magáncégek által fejlesztett ATL–1 műholdat is. Kategóriájában világelsőként működőképesnek bizonyult. A műhold alacsony Föld körüli pályán keringett. Az ellipszis pálya apogeuma 405 km, perigeuma 353 km volt, a pályaelhajlás  $97^\circ$ . A műhold keringési ideje 92 perc volt. A SMOG-P tervezett élettartama három hónap volt, azonban ezt jelentősen túlteljesítve mintegy nyolc hónapon keresztül működött. 2020. szeptember 28-án, pályafutása végén, működő űreszközként lépett be a Föld légkörébe, ahol megsemmisült, és ezzel sikeresen teljesítette küldetését. Mérési eredményei alapján elkészült az első publikus, a Föld digitális földfelszíni TV-sávú elektromágneses szennyezettségét ábrázoló térképe. A SMOG-1-et 2021. március 24-én sikeresen pályára állította egy orosz hordozórakéta. Ez lett Magyarország negyedik működésre alkalmas műholdja. Ugyanez a hordozórakéta állította pályára a GRB-Alfa nevű mikroműholdat, amely már több mint 1797 napja üzemel, nagy számú gamma-kitörést detektált, és jelentős magyar fejlesztések alapjául szolgált.

A világegyetem távoli részein lezajló gigantikus katasztrófák során keletkező gamma-kitörések észlelésére fejlesztettek magyar-szlovák és japán együttműködéssel 2 mikroműholdat, a GRB-Alfát és GRB-Beta CubeSatokat. A GRB-Alfa 1U nagyságú, a GRB-Beta 2U nagyságú egységnek lett tervezve. A gamma-sugarak észlelésére kifejlesztett szcintillációs detektor és a mikroműhold több fedélzeti egysége is magyar fejlesztés. A GRB-Beta műholdat az új, Ariane-6 típusú ESA hordozórakéta kísérleti indítása során bocsátották fel. 2024. július 9-én sikeresen bejelentkezett, és a tervek szerinti módon küldi a mérései eredményeit. Ezzel Magyarország jelentős tapasztalatot szerzett, és bizonyított az eredményesen működő CubeSat és PocketQube nagyságú mikroműholdak tervezése, gyártása és üzemeltetése vonatkozásában. Sajnos ez messze elmarad a világ élenjáró műegyetemei közötti listákon, ahol napjainkban már 12–20 db CubeSat indítása is gyakran előfordul.

Magyar kutatók részt vesznek a legújabb, a Föld kozmikus biztonságát elősegítő, ESA által szervezett Hera-misszióban is. A Hera-küldetés 2024. október 7-én indult, és 3 kutató űreszközt – 1 nagyobb és 2 CubeSat egységet – szállít a Didymos-Dimorphos ikerkisbolygó felé. A 2026-ra tervezett megérkezésük után az űrszondák közelről fogják tanulmányozni a Didymos-Dimorphos ikerkisbolygók viselkedését. A főszondába épített, hat optikai kamerából álló képalkotó rendszert, „szemet”, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem MOGI tanszékének kutatói kalibrálták, és az űrszondáról visszaküldött képek utófeldolgozását is ők végzik. Ezáltal nagyobb pontosságú adatok állnak rendelkezésre a tudományos elemzésekhez. Ábrahám György professzor már az 1980-as években részt vett a NASA Vega-programjának kameratesztelésében. Kovács Gábor tudományos munkatárs és Nagy Vince Balázs egyetemi docens 2006-tól kapcsolódott be a NASA sikeres Dawn küldetésébe. A Hera-projektben a kalibrációs feladatokat Kovács Gábor és Nagy Balázs Vince végezték, mind tudományos, mind mérnöki szempontból, míg a tanszék adjunktusa, Pizág Bertalan a földi egységek kalibrálásában vett részt. A projekt több részfeladata hallgatók bevonásával valósult meg. 2025. november 28-án felbocsátották a HUNITY műholdat, amelynek weboldala a 13. ábrán látható. Érdekessége, hogy a BME munkatársai mellett 6 szakközépiskola diákjai is részt vettek a műhold megépítésében és a különböző feladatok megoldásában [23].



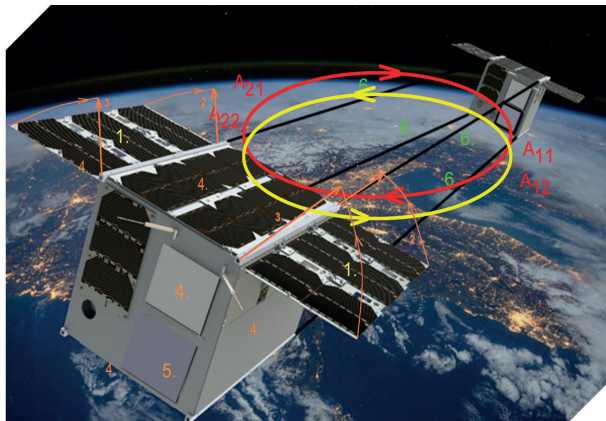
13. ábra

A HUNITY műhold weboldala [23]

A 14. ábrán bemutatott Gauss-féle monostatikus CubeSat-konceptió előnyei elsősorban az interferometrikus mérési elrendezésből adódnak, amely kiemelkedő mérési pontosságot, nagy felbontóképességet, valamint a mesterségesintelligencia-alapú adatfeldolgozás hatékony alkalmazhatóságát teszi lehetővé. A javaslat a közeljövő űrtechnológiai kihívásaira való felkészülést szolgálja, különös tekintettel a *Line-of-Sight* (LOS) pályák mérési kapacitásának

kiterjesztésére. Az olcsón megvalósítható, merev kapcsolatban lévő CubeSat-rendszerstruktúrák lehetőséget kínálnak komplex űrhelyzet-felismerési (SSA<sup>3</sup>) feladatok végrehajtására. A rendszer főbb alrendszerei a következők:

- analóg alrendszerek: bemeneti fokozatok, kvázimonosztatikus mérési elrendezés, A11–A22 jelű kalibrációs hurkok;
- digitális alrendszerek: direkt digitális szintézer (DDS); gyors Fourier-transzformáció (FFT) alapuló jelfeldolgozási módszerek; „állapotgép” Markov-láncok alkalmazásával;
- kommunikációs alrendszer (adatátvitel): fő kapcsolat Starlink hálózaton keresztül, tartalék VHF- és UHF-sávú rádiókapcsolat.



14. ábra  
Gauss monostatikus CubeSat javaslat [24]

### 3.3. Magyar űrhajósok

A szocialista országok űrkutatási együttműködését szabályozó Interkozmosz-megállapodás biztosította a lehetőséget arra, hogy a részt vevő államok kiválasztott űrhajósai a szovjet űrállomások fedélzetére repülhessenek. Magyarország hetedik nemzetként kapott felkérést az űrrepülésben való részvételre, és 1977-ben megkezdődött a meghatározott feltételeknek megfelelő űrrepülőjelöltek kiválasztása.

A magyar űrhajósjelöltek kiválasztása a vadászpilóták közül Kecskeméten, a Repülőorvosi Vizsgáló és Kutatóintézetben (ROVKI) kezdődött. A vizsgálatok eredményeképpen négy pilóta közül kettőn, Farkas Bertalan és Magyarai Béla, a Gagarin Űrhajóskiképző Központban szovjet kollégáikkal közösen végezték el, 1978 és 1980 között, a kiképzést. Farkas Bertalan űrhajóstársa és parancsnoka Valerij Kubaszov, Magyarai Béláé Vlagyimir Dzsanibekov volt. Mindkét magyar kiváló eredménnyel teljesítette a kiképzést. A végső döntés alapján a magyar szervezők Farkas Bertalant jelölték az űrrepülésre, míg Magyarai Béla tartalék űrhajósként végig készen állt a helyettesítésére. Farkas Bertalan és Valerij Kubaszov 1980. május 26-án, moszkvai idő szerint 21 óra 20 perckor (magyar idő szerint 20 óra 20 perckor) indult a világűrbe a Szozuz-36

<sup>3</sup> Space Situational Awareness.

űrhajó fedélzetén. Az űrhajó május 28-án kapcsolódott össze a Szaljut-6 űrállomással, ahol Leonyid Popov és Valerij Rjumin szovjet űrhajósok fogadták őket. Farkas Bertalan az űrrepülés során több tudományos kísérletet végzett a magyar gyártású orvosi biológiai műszerekkel. Magyar gyártású konzervekkel vendégelte meg orosz űrhajós társait. Az űrkonzerveket a Globus konzervgyár készítette, és az új ízek nagy sikert arattak a többi űrhajósnál.



15. ábra

*Magyar gyártású, magyar ízvilágú Globus űrkonzervek kalocsai mintás dobozban [20]*

Charles Simonyi (születési nevén Simonyi Károly) (1948–) szoftverfejlesztő, az Excel kidolgozója, a szándékorientált programozás (IP<sup>4</sup>) kutatója. Édesapja, Simonyi Károly, Akadémiai Aranyérmes, Kossuth-díjas fizikus, aki részt vett az 1946-os Bay Zoltán-féle Hold-radar-kísérletben. Charles Simonyi kettős – amerikai és magyar – állampolgár. Második magyarként ő volt a Nemzetközi Űrállomás ötödik és hetedik űrturista látogatója. Egyetlen űrturista, aki kétszer volt az ISS fedélzetén a világűrben, és ott érdemi kutatótevékenységeket is folytatott [25].



16. ábra

*Simonyi Károly (Charles Simonyi) [25]*

<sup>4</sup> Intentional Programming.

42 év után az Európai Űrügynökség jóvoltából, a NASA és Magyarország közötti megállapodás alapján, lehetőség nyílt arra, hogy Magyarország ismét űrhajóst küldjön az Axiom Space magánipari program keretében a Nemzetközi Űrállomásra. A 240 jelentkező közül kiválasztott 4 jelölt (Cserényi Gyula 33 éves erőáramú villamosmérnök; Kapu Tibor 31 éves űripari fejlesztőmérnök; Schlégl Ádám 33 éves klinikai ortopédsebész és Szakály András 40 éves repülőipari tervezőmérnök) közül végül is Kapu Tibor lett az, akit Magyarország a világűrbe küldött, míg a tartalék űrhajós Cserényi Gyula volt.



17. ábra

*Schlégl Ádám, Cserényi Gyula, Kapu Tibor és Szakály András (balról jobbra) űrhajósjelöltek [26]*

Kapu Tibor űrutazására 2025. június 25-én került sor az Axiom Mission 4 (Ax-4) küldetés keretében. Az űrben töltött ideje 20 nap, 2 óra és 59 perc volt. A Grace nevű űrhajó 2025. július 15-én tért vissza a Földre. Kapu Tibor az ISS fedélzetén több mint 25 tudományos kísérletet végzett el. A fiatalabb generáció számára talán leglátványosabb kísérlete egy nagy méretű vízgömb létrehozása volt mikrogravitációs környezetben, valamint a gömb felszínén kialakuló folyadékáramlás videófelvétele és elemzése. További vizsgálatokat végzett az emberi mikrobiom kutatása, a növénytermesztés mikrogravitációs körülmények között, a DNS-károsodás helyreállításának mechanizmusai, valamint a nanotechnológiai alapú orvosi anyagok tesztelése területén. A kísérletek tudományos értékelése további elemzési és feldolgozási feladatokat jelent az érintett szakemberek számára [26].

## 4. Összefoglalás

A tanulmány röviden összefoglalta a Bay Zoltán által vezetett Tungsram Hold-radar-mérések és napjaink űrkutatása közötti út főbb eredményeit. A magyar mérnökök és a műszaki tudományokat ápoló akkori és napjainkban is elhivatott szakemberek komoly, világviszonylatban is elismert eredmények elérésére képesek. Tény, hogy Magyarország 2025-ben űrhajóst küldött az ISS-re, rekordszintű űrkutatási beruházásokat hajt végre, a nemzetközi űrkutatási

együttműködéseket folyamatosan bővíti, országos űrtudományi képzést indított, és több tucat magyar kísérlet jutott el az űrbe. A tanulmány ráirányítja a figyelmet az űrkutatással kapcsolatban megkerülhetetlen, hazai haditechnikai K + F + I és az ehhez szorosan kapcsolódó hadmérnökképzés jelentőségével [27] folyamatban lévő projektekre. A szerzők egyúttal felhívják a figyelmet arra, hogy a – néhány éve „eltűntként” vagy „titkosítottként” emlegett – Haditechnikai Intézet szakmai miliője és tapasztalati bázisa nélkül nem tartható fenn hatékony és gazdaságos hadiipar. Ezzel összefüggésben társadalmi igény is mutatkozik egy olyan, „titokzatos”, ugyanakkor valós megoldási lehetőségekkel rendelkező HTI iránt, amely képes e szerep újbóli betöltésére.

A Bay Zoltán vezetésével működő holdradaros mérnökcsapat sikere február 6-át a mérnöktársadalom számára minden évben emlékezetes nappá teszi.

Ezt az eseményt ünneplik a rádióamatőrök a Föld–Hold–Föld („EME”) összeköttetések létesítésével és a mért hullámterjedési jellemzők egyetemisták általi kiértékelésével [28]. A világűr kettős polgári és jelentősebben katonai alkalmazásai napjainkban kiemelik a mérnöki munka fontosságát, ezért javasoljuk, hogy nevezzük ki ezt a napot a hadmérnökök ünnepnapjává.

Erőfeszítéseinket pedig tovább kell fokozni úgy a hazai, mint a nemzetközi K + F + I kiszélesítésével, hiszen napjainkra az alacsony pályás műholdakkal kapcsolatos tudományos kutatások áttevődnek az ipari alkalmazási területekre. A helyzet komplexitását növeli a Holdon található ásványkincsekért kialakuló verseny, ahol a legmodernebb műszaki megoldások, ipari alkalmazások kidolgozására és tömegtermelésére van szükség. A területen veszélyként kell kezelni az „űrszemét” növekedését, ami egyszerre kihívás, és eltakarítása üzleti lehetőség az élenjáró technológiákat alkalmazó cégek számára.

## Felhasznált irodalom

- [1] E. Kollár, „Virtuális Rádiómúzeum.” Online: <https://www.radiomuseum.hu/index.html>
- [2] N. Wassits, *A Magyar Radar 1943–1946*. Békéscsaba, Typografika, 2011.
- [3] T. Prokob, T. Búza, „A Föld–Hold távolság megmérése. Az 1946-os Hold-reflexiók kísérlet megismétlése mai eszközökkel,” Haditechnikai Intézet. Online: <https://haditechnikaiintezet.hu/prokob-tibor-buza-tibor-fold-hold-tavolsag-megmerese>
- [4] I. Balajti, F. Hajdú, „Surprising Findings from the Hungarian Radar Developments in the Era of the Second World War,” *Radio Science Bulletin*, 358, pp. 82–108. 2016.
- [5] F. Hajdú, G. Sárhidai, *A Magyar Királyi Honvéd, Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig, 1920–2005*. HM Technológiai Hivatal, 2005.
- [6] I. Balajti, *A radar. Haditechnika Fiataloknak sorozat*. Budapest, Zrínyi, 2021.
- [7] „Project Diana Radar Reaches the Moon”. Online: <https://www.projectdiana-eme.com/>
- [8] W. Stepp, „The First Reception of EME Echo in 1944”. Online: <https://www.ok2kkw.com/eme1960/eme1960eng.htm>
- [9] P. Novoszáth, „75 éve végezte Bay Zoltán holdradarkísérletét – a magyar űrtevékenység kezdetei és jelene,” *Repüléstudományi Közlemények*, 33. évf. 3. sz. pp. 25–41. 2021. Online: <https://doi.org/10.32560/rk.2021.3.2>

- [10] J. Bauer, „The 75th Anniversary of Zoltán Bay's World Famous Moon Radar Experiment,” *YouTube*, 2021. február 4. Online: <https://www.youtube.com/watch?v=2Ffxz7m39EM>
- [11] „Gábor Dénes élete és munkássága,” Gábor Dénes-díjasok Klubja Egyesület. Online: <https://gabordenesklub.hu/gabor-denes-elete-es-munkassaga/>
- [12] „Kármán Tódor”, in *Magyar életrajzi lexikon*. Online: <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-magyar-eletrajzi-lexikon-7428D/k-760F2/karman-todor-7620B/>
- [13] V. Kučera, „Rudolf E. Kalman: Life and Works”, *IFAC-PapersOnLine*, 50. évf. 1. sz. pp. 631–636. 2017. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.070>
- [14] „Neumann János életrajza,” Neumann János Számítógéptudományi Társaság. Online: <https://njszt.hu/hu/page/neumann-janos-eletrajza>
- [15] „Krausz Ferenc”, *Wikipédia*. Online: [https://hu.wikipedia.org/wiki/Krausz\\_Ferenc](https://hu.wikipedia.org/wiki/Krausz_Ferenc)
- [16] „Borbély Samu”, *Akadémikusok A Magyar Tudományos Akadémia tagjai*. Online: <https://akademikus.mtak.hu/adatlap/borbely-samu/>
- [17] „Űrkutatás Rákosligeten”. Online: <https://rakosliget.hu/html/urkutatas.html>
- [18] I. Apáthy, „A magyar űrkutatás története 1992-ig.” Online: <http://hso.hu/page.php?page=287>
- [19] „Pille dózismérő. A legsikeresebb magyar űreszköz”, Atomenergetikai Múzeum. Online: [https://muzeum.atomeromu.hu/hu-HU/Muzeum/Meselo\\_mutargyak/Archiv/Pille](https://muzeum.atomeromu.hu/hu-HU/Muzeum/Meselo_mutargyak/Archiv/Pille)
- [20] S. György, „Egy magyar űr az űrből,” *Napi Történelmi Forrás*, 2017. június 3. Online: <https://ntf.hu/index.php/2017/06/03/egy-magyar-ur-az-urbol-37-eve-jart-farkas-bertalan-a-kozmoszban/>
- [21] „A NASA teszteli a miskolci űrkemencét,” *Világgazdaság*, 2000. október 12. Online: [https://www.vg.hu/vilaggazdasag-magyar-gazdasag/2000/10/a-nasa-teszteli-a-miskolci-urkemencet#google\\_vignette](https://www.vg.hu/vilaggazdasag-magyar-gazdasag/2000/10/a-nasa-teszteli-a-miskolci-urkemencet#google_vignette)
- [22] Magyar Természettudományi Múzeum. Online: [https://m.blog.hu/mt/mttmuzeum/image/2022/asvanytar/umc\\_mt\\_combo\\_at\\_admatis\\_lab.JPG](https://m.blog.hu/mt/mttmuzeum/image/2022/asvanytar/umc_mt_combo_at_admatis_lab.JPG)
- [23] HUNITY Műhold adatok. Online: <https://gnd.bme.hu/hunity>
- [24] L. Szilvássy, I. Balajti, „Assessments on Drone and Hypersonic Weapons Surveillance Challenges and their Solutions,” in *Integrated Air and Missile Defense Strategies*, A. Kawalec, W. Bużantowicz, M. Walenczykowska szerk., Boca Raton, CRC Press, 2026, pp. 73–102. Online: <https://doi.org/10.1201/9781003739234-8>
- [25] „Charles Simonyi”, *Wikipedia*. Online: [https://en.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Simonyi](https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Simonyi)
- [26] „Role of Future Hungarian Astronaut in Space Outlined,” *Hype&Hyper*, 2023. április 4. Online: <https://hypeandhyper.com/role-of-future-hungarian-astronaut-in-space-outlined/>
- [27] I. Balajti, „Gondolatok az Education 5.0 alapú hadmérnökképzés szükségessége és megvalósításának elvárásai témakörben: Hogyan képezzünk Ipar 5.0 környezetbe integrált Dobó Istvánokat és Bornemissza Gergelyeket?” in *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből IV*. Göcse I., Padányi J. szerk., Budapest, Ludovika, 2025. pp. 7–32. Online: [https://doi.org/10.36250/01323\\_01](https://doi.org/10.36250/01323_01)
- [28] Magyar Rádióamatőr Szövetség (MRASZ). Online: <https://mrasz.hu/>

**Hungarian Successes in Space Exploration**

*From the Tungsram Moon Radar Measurements to the Present Day*

*Getting us to participate as effectively as possible in space-related economic activities is a challenge for the present and the near future. The war raging in our neighbourhood once again highlights the scarcity of exploiting scientific results based on military applications. Hungarian radio electronics during the Second World War, e.g. radio tube production and their applications in the development and deployment of various types of radios, electronics, devices and radars such as the SAS, Borbala and Turul, were based on the military operational and technical requirements of the Military Institute of Technology (HTI). All our technical achievements are based on the intellectual potential of our world-class secondary and university education issued in 1920s by Kunó Klebelsberg. Today, as 80 years ago, our potential is largely determined by the Hungarian linguistic environment and our historical achievements in the field of engineering. By assessing these, we can explore and assess the industrial and technical background of our predecessors, the directions in which they were successful and how this was received in the international environment. Since the Tungsram Moon radar measurements led by Zoltán Bay represent a milestone in this process, the space-related aspects of the then and recent successes will be reviewed, highlighting the messages for today.*

**Keywords:** Zoltán Bay, Tungsram, Moon radar, space exploration, satellites, Hungarian astronauts

|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lányi Aladár<br>ny. mk. őrnagy<br>Magyar Repüléstörténeti Társaság<br>Magyar Hadtudományi Társaság Légierő<br>Szakosztály<br><a href="mailto:aladarlanyi@gmail.com">aladarlanyi@gmail.com</a><br><a href="https://orcid.org/0000-0003-3701-373x">orcid.org/0000-0003-3701-373x</a> | Aladár Lányi<br>ret. Eng. Major<br>Hungarian Aviation Historical Society<br>Hungarian Defence Forces Scientific Society<br>Air Force Department<br><a href="mailto:aladarlanyi@gmail.com">aladarlanyi@gmail.com</a><br><a href="https://orcid.org/0000-0003-3701-373x">orcid.org/0000-0003-3701-373x</a> |
| Balajti István<br>ny. mk. alezredes<br>Nemzeti Közszolgálati Egyetem<br>Katonai Műszaki Doktori Iskola<br><a href="mailto:balajti.istvan@uni-nke.hu">balajti.istvan@uni-nke.hu</a><br><a href="https://orcid.org/0000-0003-3566-2904">orcid.org/0000-0003-3566-2904</a>            | István Balajti<br>ret. Eng. Lt. Col.<br>Ludovika University of Public Service<br>Doctoral School of Military Engineering<br><a href="mailto:balajti.istvan@uni-nke.hu">balajti.istvan@uni-nke.hu</a><br><a href="https://orcid.org/0000-0003-3566-2904">orcid.org/0000-0003-3566-2904</a>                |