

# A TRITEL dózismérő rendszer az űrhajósok és a műholdak szolgálatában

**M**agyarország az űrhajósok dozimetriája – vagyis az őket a világűrben érő ionizáló sugárzás mennyiségének és minőségének mérése – terén több évtizedes múlttal rendelkezik. Az űrdozimetriai célú kutatások az 1960-as évek elején indultak el; az egykori Központi Fizikai Kutató Intézet (KFKI) munkatársai a szovjet űrhajósok számára fejlesztettek passzív dózismérő kiolvasó rendszert. Az igazi áttörést azonban az első magyar űrhajós, Farkas Bertalan repülése jelentette. A KFKI-ban erre az alkalomra fejlesztették ki a fedélzeti kiolvasóval rendelkező Pille termolumineszcens (TL) dózismérő rendszer első változatát, amely mind a mai napig egyedülálló a világon, és legutolsó változata 2003 óta a szolgálati dozimetriai rendszer része a Nemzetközi Űrállomás (ISS) orosz szegmensében. A KFKI Atomenergia Kutatóintézet (ma MTA Energiatudományi Kutatóközpont) űrdozimetriai kutatócsoportjában emellett rendszeresen végeztek űrdozimetriai célú méréseket nyomdetektoros rendszerekkel az ISS, valamint különböző visszatérő műholdak fedélzetén.

A fent említett passzív rendszerek előnye, hogy tápellátást csak kiolvasásuk, illetve kiértékelésük igényel, így az elektronikus vagy más néven aktív rendszerekhez képest sokkal olcsóbbak, valamint a repülés előtti minősítő és átadási tesztek jóval egyszerűbbek. Hátrányuk viszont, hogy jellemzően csak a küldetés idejére integrált mennyiségeket szolgáltatnak (küldetés során kapott teljes dózis). Ez alól egyedül a Pille jelent kivételt, mivel dózismérői a fedélzeten kiolvashatók.

Az űrhajósokat és a különféle űreszközöket az űrben folyamatosan érő sugárzás több komponensből (nagy részt protonokból, elektronokból, kisebb részt nehezebb töltött részecskékből) tevődik össze, jellemzői helyről helyre és időről időre jelentős mértékben változhatnak. Az űrállomásokon és egyéb űreszközökön a szerkezeti elemek sugárzásgyengítő és konverziós hatása miatt a másodlagos sugárzás aránya sem elhanyagolható. A primer sugárzás egy

része az űrállomás falában elnyelődik, eközben proton–neutron (p,n) és alfa–részecske–neutron ( $\alpha$ , n) magreakciók és spalláció révén neutronok is keletkeznek, amelyekhez a felső légkörben hasonló magreakciókkal keletkező, és onnan visszaszóródó (albedo) neutronok társulnak. Az űrállomáson és egyéb űreszközökön folyó dozimetriai mérések egyrészt a dózistérkép elkészítését – azaz a dózisteljesítmény helyfüggésének meghatározását – és a dózisteljesítmény időbeli változásának nyomon követését szolgálják, másrészt biztosítják az űrhajósok személyi dozimetriáját.

A világűrben a sugárzás biológiai hatását jellemző dózis-egyenértékének meghatározása szempontjából fontos a kozmikus sugárzást alkotó részecskék lineáris energiaátadási tényező (LET)-spektrumának, azaz az egységnyi úthosszon a testszövetnek átadott energia eloszlásának folyamatos, közel valós idejű nyomon követése. A világűrben a LET meghatározására jelenleg – a passzív szilárdtest nyomdetektorok mellett – testszövet-ekvivalens proporcionális számlálót és szilícium detektoros részecsketeleszköpot egyaránt használnak. Részecsketeleszkóp – a későbbiekben teleszkóp – alatt olyan, több detektorból álló detektorrendszert értünk, amelyben egy töltött részecskén koinkidencia- és/vagy antikoincidencia-kapcsolás segítségével több mérést is el lehet végezni.

A testszövet-ekvivalens proporcionális számláló előnye, hogy a tér minden irányából érkező töltött részecskék detektálására alkalmas, viszont nem képes a LET közvetlen meghatározására, csupán az érzékeny térfogatban leadott energia mérésére alkalmas. A testszövet-ekvivalens proporcionális számlálókhoz viszonyítva a teleszkópok óriási előnye a hosszú idejű stabilitás, valamint a kedvezőbb jel/zaj arány. Űrdozimetriai teleszkópokkal általában a detektor(ok) érzékeny térfogatában leadott energia mérhető, valamint meghatározható, hogy az adott részecske a teleszkóp geometriája által meghatározott térszögből érkezett-e. Félvezető detektoros rendszerek esetében leggyak-

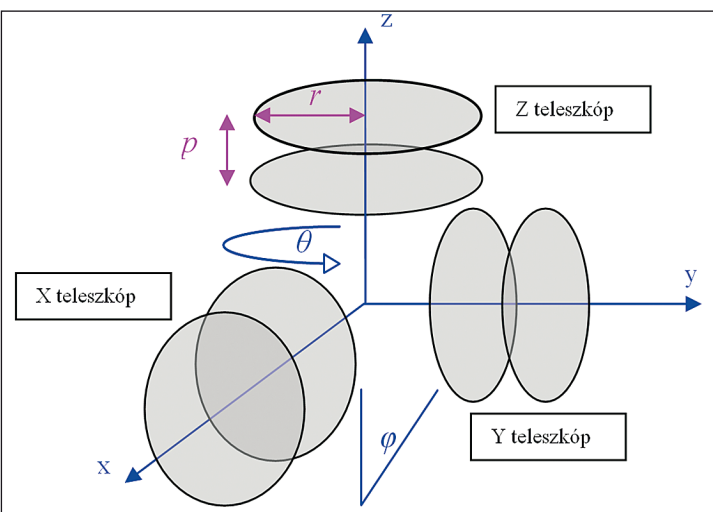
**ÖSSZEFOGLALÁS:** A hosszú idejű emberes űrrepülések (pl. tervezett Mars-expedíciók) során a legénység várható dózisa összemérhető az űrhajósokra vonatkozó élettartamdózis-korláttal; számukra az egyik legfontosabb kockázati tényező a hosszú idejű űrrepülések során őket érő kozmikus sugárzás. Az MTA KFKI AEKI (napjainkban MTA Energiatudományi Kutatóközpont, MTA EK) űrdozimetriai Kutatócsoportjában fejlesztett háromtengelyű szilícium detektoros űrdozimetriai célú teleszkóprendszer, a TRITEL, a tér minden irányában, közel izotróp érzékenységgel alkalmas az elnyelt dózis és a sugárzás minőségi jellemzőinek a mérésére. A cikk a TRITEL műszer felépítéséről és a fejlesztés motivációjáról nyújt áttekintést, valamint röviden összefoglalja az elmúlt évek főbb küldetéseit.

**KULCSSZAVAK:** sugárvédelem, űrdozimetria, Nemzetközi Űrállomás (ISS), szilícium detektoros dózismérő teleszkóp

**ABSTRACT:** During the future long-term manned space missions, such as a Mars-mission, the expected dose to the members of the crew will be comparable to the lifetime dose limits for astronauts. For them, cosmic radiation poses probably the most important long-term risk during such a mission. The three-dimensional silicon detector system, TRITEL, developed in the Space Dosimetry Research Group of MTA KFKI AEKI (predecessor of the Centre for Energy, Hungarian Academy of Sciences, MTA EK) is capable of measuring the absorbed dose and the quality of the radiation with almost uniform sensitivity in all directions. The present paper gives an overview of the TRITEL instrument with an outlook on the motivation of the development of the system, and a brief summary on the different missions the instrument was used in the past few years.

**KEY WORDS:** radiation protection, space dosimetry, International Space Station (ISS), silicon detector dosimetry telescope

\* Hirn Attila (PhD) MTA Energiatudományi Kutatóközpont Sugárvédelmi Laboratórium űrdozimetriai kutatócsoportjának vezetője, hirn.attila@energia.mta.hu. ORCID: 0000-0003-0136-9339



1. ábra. A TRITEL háromtengelyű teleszkóp elrendezése (MTA EK)

rabban a két azonos aktív sugarú és vastagságú szilícium detektorból álló teleszkóp elrendezést használják; ezen eszközök viszont csak a tér kitüntetett irányából érkező részecskék detektálására alkalmasak. A mindkét detektorban jelet adó részecskéket külön detektáljuk, vagyis az ún. kapuzott (koincidencia) és a kapuzatlan (teljes) leadott energia-spektrum egyaránt meghatározható. A kapuzott spektrumból a beérkező részecskék LET-spektrumát – azaz az egységnyi LET-re jutó részecskeszámot – állíthatjuk elő, a detektorokban elnyelt teljes energiameennyiség pedig a detektor anyagának dóziséval arányos. Ahhoz, hogy a testszövetre jellemző elnyelt dózist megkapjuk, szükség van az adatok testszövetre való átszámítására. Az átszámításhoz használt korrekciós tényező értéke függ a részecskék energiájától és LET értékétől is. Az így meghatározott LET-spektrum és az elnyelt dózis ismeretében a dózisegyenérték kiszámítható. A detektorok közti távolság növelésével a részecskék által a detektorban megtett úthossz bizonytalansága csökkenthető, azonban a teleszkóp érzékenysége is leromlik. Amennyiben a minél nagyobb határfok és a minél kisebb bizonytalanság követelményét is ki szeretnénk elégíteni, úgy a detektorok közötti távolság és a detektorsugar arányának optimális értékét kell meghatároznunk.

Az MTA EK Űrdozimetriai Kutatócsoportjában, a BL-Electronics Kft.-vel együttműködésben, az egytengelyű dozimetriai célú teleszkópok irányérzékenységének kiküszöbölésére fejlesztették ki a kozmikus sugárzás LET-eloszlásának időbeli és térbeli meghatározására alkalmas, a  $4\pi$  térszögben közel egyenletes érzékenységű, háromtengelyű TRITEL teleszkópot. Az eszköz három ortogonális tengelyének teleszkópjait két-két, egymással párhuzamosan elhelyezkedő, 300  $\mu\text{m}$  vastagságú és 222  $\text{mm}^2$  aktív felületű, átmenő típusú szilícium detektor alkotja. A detektorok távolsága ( $p$ ) közelítőleg megegyezik a detektorok sugarával ( $r$ ). A teleszkópokat alkotó detektorok szerepe kitüntetett; az egyik a mérő-, a másik az úgynevezett kapuzódetektor szerepét

1. táblázat. A TRITEL teleszkóp főbb geometriai paramétereit

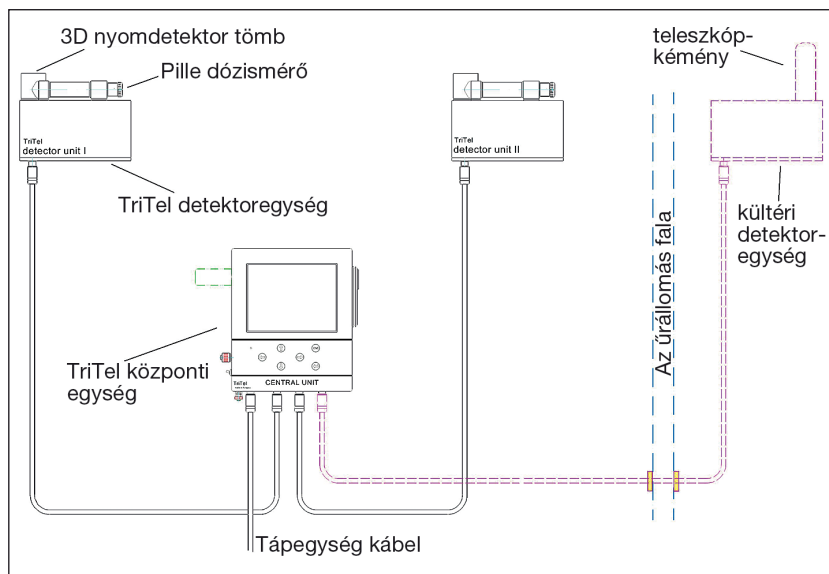
| Paraméter   | Értéke                     |
|---|----------------------------|
| Detektorok sugara ( $r$ )   | 8,4 mm                     |
| Detektorok érzékeny felülete ( $A$ )                                    | 222 $\text{mm}^2$          |
| Detektorok közti távolság ( $p$ )                                       | 8,9 mm                     |
| A detektorok közti távolság és a detektorok sugarának hányadosa ( $q$ ) | 1,06                       |
| Geometriai tényező, $G$ (egy teleszkóp, $4\pi$ térszögre)               | 5,1 $\text{cm}^2\text{sr}$ |
| Maximális beesési szög (egy detektorpár)                                | 62,1°                      |
| Minimális úthossz a detektorban (kiürített réteg vastagsága, $w$ )      | 300 $\mu\text{m}$          |
| Átlagos úthosszság a detektorban (izotróp tér esetében)                 | 361 $\mu\text{m}$          |
| Maximális úthosszság a detektorban                                      | 641 $\mu\text{m}$          |
| A maximális és minimális úthosszság aránya                              | 2,14                       |

tölti be. A rendszer főbb geometriai paramétereit az 1. táblázat foglalja össze.

A TRITEL rendszer fejlesztésekor – a fejlesztési idő csökkentése és a mérési eredmények későbbi összehasonlíthatósága érdekében – fontos szempont volt, hogy a különféle küldetésekre (a Nemzetközi Űrállomás különböző moduljaira vagy külső platformjára, illetve a műholdakra és az űrszondákra) tervezett változatok közötti eltérések a lehető legkisebb mértékűek legyenek. Ezért a teleszkópokat, valamint a hozzájuk tartozó jelfeldolgozó elektronikai egységeket a csak a Nemzetközi Űrállomás fedélzetén használt részegységektől, lényegében az ember-gép interfésztől (például grafikus adatmegjelenítő egység, cserélhető memóriaegység) mechanikailag külön választottuk. Az így megvalósult TRITEL rendszer felépítését a Nemzetközi Űrállomásra tervezett változatra vonatkozó sematikus ábra (2. ábra) mutatja be.

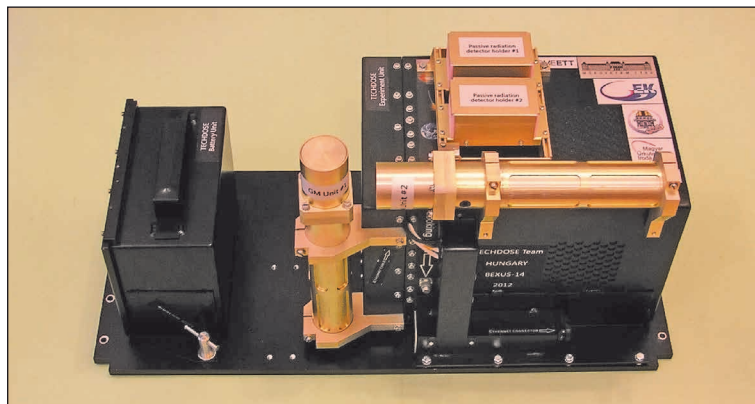
A mérési adatok tárolásáért, az előzetes fedélzeti kiértékelésért, valamint ezen adatok megjelenítéséért az úgynevezett

2. ábra. A TRITEL rendszer űrállomásra tervezett változata (teljes kiépítés; MTA EK)



központi egység felelős. A központi egységhez (méretei: 190 mm x 160 mm x 52 mm) közvetlenül maximum három detektoregység (méretei: 148 mm x 83 mm x 80 mm) csatlakoztatható; ez az egység tartalmazza a teleszkópokat, illetve a hozzájuk tartozó jelformáló és adatfeldolgozó egységeket. Amennyiben a központi egységhez egynél több detektoregység csatlakozik, akkor ebben az esetben az egyik, a monitorozó egység a küldetés teljes időtartama alatt az űrállomás egy adott pontjában végez méréseket (referencia teleszkópként szolgál), míg a többi detektoregység pozíciója előre meghatározott program szerint változtatható a küldetés során. Ezzel a módszerrel a különböző árnyékolási tulajdonsággal rendelkező helyek dózisviszonyainak összehasonlítására nyílik lehetőség. A központi egységhez, egy az űrállomás falán kívül elhelyezett (kültéri) detektoregységet is csatlakoztatva, az űrállomás falának a kialakult sugárzási térre gyakorolt hatása vizsgálható. Őszszemérés, valamint a mérési adatok későbbi korrekciója céljából a detektoregységekhez bogáncsár segítségével egy-egy passzív detektor tömb és Pille TL dózismérő rögzíthető. A passzív detektortömbben elhelyezett szilárdtest nyomdetektorok az egy adott LET-érték fölötti (~10 keV/μm) töltött részecskéket regisztrálják, míg a TL detektorok a kis LET-értékű részecskék (<10 keV/μm) által leadott energiát képesek nagy pontossággal megmérni. A műholdakra, illetve űrszondákra tervezett változatok esetében a TRITEL rendszert maga a detektoregység alkotja. A mérési adatokat ekkor a TRITEL közvetlenül az űreszköz fedélzeti számítógépének küldi el, ami a kapott adatokat a telemetria-rendszer segítségével juttatja el a Földre.

A TRITEL első éles bevetésére az Európai Űrügynökség (ESA) Rocket and Balloon Experiments for University Students (REXUS/BEXUS) oktatási programja keretében került sor. Egymást követő két évben, 2011-ben és 2012-ben sikerült így méréseket végezni a TRITEL-lel egy magaslégi ballon fedélzetén, közel 30 km-es tengerszint feletti magasságban, az északi sarkkörtől 200 km-re északra. A Kirunától 40 km-re keletre fekvő Esrange űrközpontból indított BEXUS-12-es és BEXUS-14-es ballonok fedélzetén sikerült kimérni az úgynevezett Pfozter-maximumot, illetve annak irányfüggését. A Pfozter-maximum a



4. ábra. A TECHDOSE kísérlet. A TRITEL teleszkópot a jobb oldali fekete dobozban helyeztük el; a kromátozott hengeres szerkezetek Geiger-Müller-számlálókat tartalmaznak (MTA EK)

légkörben a másodlagos részecske-keletkezés maximumát jelenti.

Az első űrbéli mérésekre 2012 novemberétől kerülhetett sor az Európai Közösség FP6 SURE (ISS: a Unique Research Infrastructure) program keretében az ISS európai Columbus moduljában. A limitált űrhajós idő miatt a TRITEL-SURE központi egységét végül nem láttuk el érintőképernyős kijelzővel. Az Orosz Tudományos Akadémia



5. ábra. A TRITEL-SURE dózismérő rendszer passzív detektoros egysége (narancssárga színű egység), közvetlenül alatta detektor egysége és központi egysége a Zvezda modulban, 2012. december 22-én (NASA/ESA)

3. ábra. A CoCoRAD kísérleti összeállítás (fekete doboz) a BEXUS-12-es ballon gondolájába szerelve (MTA EK)



moszkvai székhelyű Orvosbiológiai Problémák Intézetével együttműködésben az ISS Zvezda moduljára 2013 márciusában feljuttatott TRITEL eredményeit viszont az űrhajósok havi rendszerességgel leolvassák, és jelentik a földi dozimetrikusoknak.

Az ESEO-TRITEL az ESA oktatási programja keretében a tervek szerint 2018 második felében indítandó ESEO (European Student Earth Orbiter) műhold fedélzetén végez majd méréseket közel poláris, a Nemzetközi Űrállomáshoz képest valamelyest magasabb pályán. Az ESEO-TRITEL fejlesztése még 2005 decemberében kezdődött, amikor a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatói az MTA KFKI AEKI szakmai támogatásával csatlakoztak az SSETI (Student Space Exploration and Technology Initiative) kezdeményezéshez. Az SSETI-ESEO, majd később ESEO műhold-program többszöri megállás és újraindulás után úgy tűnik végre révbé ér.

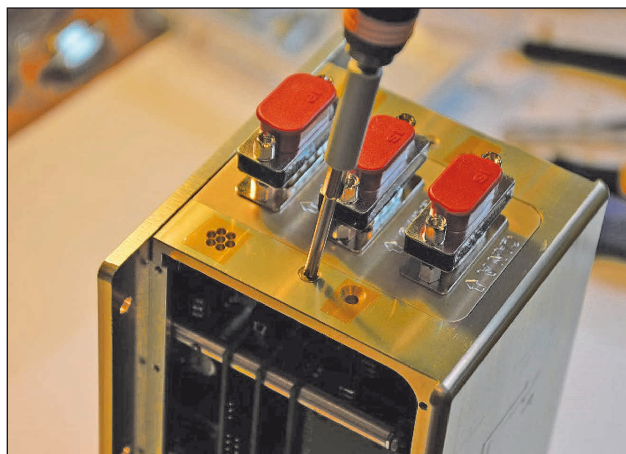


2. táblázat.

| Kísérlet/<br>küldetés neve                           | CoCoRAD                              | TECHDOSE  | TRITEL-SURE  | TRITEL-RS  | ESEO-TRITEL*                                     |
|--|--------------------------------------|---|--|--|--|
| Platform/<br>űreszköz                                | BEXUS-12<br>magaslégköri ballon      | BEXUS-14<br>magaslégköri ballon                                     | ISS Columbus<br>modul /<br>Zvezda modul  | ISS Zvezda<br>modul  | ESEO műhold                                      |
| Pálya, illetve<br>tengerszint<br>feletti<br>magasság | Észak-Svédország,<br>max. 27,6 km    | Észak-Svédország,<br>max. 28,6 km                                   | 330-435 km,<br>51,6°   | 330-435 km,<br>51,6°                                       | 500-600 km,<br>kvázipoláris                      |
| Repülés<br>időtartama                                | 2011.<br>szeptember 27. (4 h)        | 2012.<br>szeptember 24. (5 h)                                       | 2012. november 6.<br>– 2013. május 10.   | 2013. április 5.<br>– július 17.;<br>2017. október<br>19 – | 2019 második<br>felétől                          |
| Együttműködés  | ESA oktatási iroda                   | ESA oktatási iroda  | EU/ESA   | OTA IBMP,<br>RSC Enyergia                                  | ESA oktatási<br>iroda                            |
| Szerződés<br>száma                                   | ESA PECS<br>4000103810/11/NL/<br>KML | ESA PECS<br>4000107210/12/<br>NL/KML és<br>4000106434/12/<br>NL/KML | EC FP6 SURE<br>RITA-<br>CT-2006-026069;<br>ESA PECS<br>4200098057 és<br>4000108072/13/<br>NL/KML | a Magyar<br>Űrkutatási<br>Iroda<br>téma-<br>pályázatai     | ESA PECS 98038<br>és<br>4000112065/14/<br>NL/NDe |

\* tervezett indítás: 2018 második felében

6. ábra. A TRITEL-RS dózismérő rendszer detektoregysége (balra fent), központi egysége (jobbra fent), valamint passzív detektoros egysége (lent) a Columbus Európai Fiziológiai Moduljának (EPM) kiszolgáló részében, 2013. április 4-én (NASA/ESA)



7. ábra. Az ESEO-TRITEL repülő példány összeszerelés közben

3. táblázat. A TRITEL főbb műszaki paramétereit

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Detektoregység tömege<br>(mechanikai interfésztől<br>fügően) | 1 kg                                |
| Központi egység tömege                                       | < 1,3 kg                            |
| Passzív detektoros egység<br>tömege                          | < 0,2 kg                            |
| Detektoregység fogyasztása                                   | < 3 W                               |
| Központi egység fogyasztása                                  | < 3 W                               |
| Tápfeszültség  | 15,5 – 34 V <sub>DC</sub>           |
| Kommunikáció (változattól<br>fügően)                         | RS-485 / RS-232 /<br>CAN / Ethernet |



## HIVATKOZÁSOK

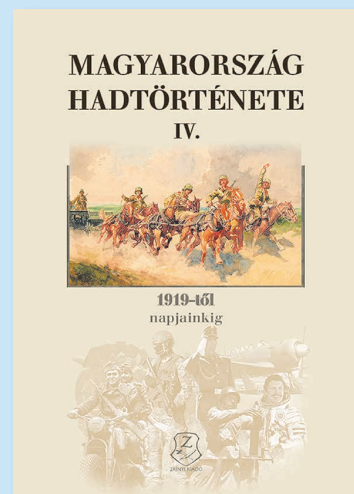
- Hirn A. – Apáthy I. – Bodnár L. – Csőke A. – Deme S. – Pázmándi T.: A TRITEL három-tengelyű szilícium detektoros teleszkóp fejlesztése. Fizikai Szemle, 2005. Vol. LV, 2005/4, p. 134–137;
- Pázmándi, T. – Deme, S. – Láng, E.: Space Dosimetry with the Application of a 3D Silicon Detector Telescope: Response Function and Inverse Algorithm. Radiat. Prot. Dosim. 2006. 120, p. 401–404;
- Hirn, A. – Apáthy, I. – Bodnár, L. – Csőke, A. – Deme, S. – Pázmándi, T., Development of a Complex Instrument Measuring Dose in the Van Allen Belts. Acta Astronaut., 2008 63. p. 878–885;
- Hirn, A.: Models of performances of dosimetric telescopes in the anisotropic radiation field in low Earth orbit. Acta Astronaut., 2010. 66. p. 1368–1372.;
- Zábori, B. – Hirn, A. – Bencze, P.: The relationship between plasma effects and cosmic radiation studied with TriTel-LMP measurements during the ESEO mission. J. Adv. Space Res., 2011. 48, p. 240–253.;
- Zábori, B. – Hirn, A.: TRITEL 3 dimensional space dosimetric telescope in the European Student Earth Orbiter project of ESA. Acta Astronaut., 2012. 71. 20–31 p.;
- Hirn, A. – Apáthy, I. – Bodnár, L. – Csőke, A. – Deme, A. – Pázmándi, T. – Szántó, P. – Zábori, B.: Első mérések a TRITEL dozimetriai rendszerrel a Nemzetközi űrállomás fedélzetén. Sugárvédelem, 2013. VI. évf., 1, 1–6 p.;
- Zábori, B., Apáthy, I. – Csőke, A. – Deme, S. – Hirn, A. – Hurtony, T. – Pálfalvi, J. – Pázmándi, T.: CoCoRAD and TECHDOSE cosmic radiation experiments on board BEXUS stratospheric research balloons, Proc. '21st ESA Symposium European Rocket & Balloon Programmes and Related Research', 9–13 June 2013, Thun, Switzerland (ESA SP-721, October 2013) 307–314 p.

(Illusztráció a szerző gyűjteményéből.)

**Horváth Miklós (szerk.)**

## Magyarország hadtörténete IV. – 1919-től napjainkig

A Zrínyi Kiadó 2018-ban jelentette meg Horváth Miklós, az MTA doktora szerkesztésében a Magyarország hadtörténete IV. – 1919-től napjainkig című kötetet. A négy kötetesre tervezett átfogó munka hazánk 1100 éves hadi törtéáját mutatja be. A sorozat eddig megjelent részei: I. kötet – A kezdetektől 1526-ig; II. kötet – Hadi törtéánk a 16–18. században; III. kötet – Magyarország a Habsburg Monarchiában, 1718–1919. A IV. kötet az első világháború befejezésétől napjainkig dolgozza fel Magyarország hadtörténetét. A szerzők elsősorban a Hadtörténeti Intézet és Múzeum munkatársai, kiemelkedő eredményeket felmutató történészek, hadtörténészek, levéltárosok, muzeológusok és kutatók. A közel-múltban megjelent negyedik kötet a trianoni diktátumtól az ország NATO-csatlakozásáig, és az azt követő nemzetközi szerepvállalásokig mutatja be az eseményeket, egészen napjainkig. A gazdagon illusztrált kiadványban, az időrendben összefoglalt hadtörténeti események mellett helyet kapott számos, a fősodrhoz kapcsolódó egyéb téma is: a hadseregek felépítése, ellátása, felső vezetése, a hadkiegészítés rendszere, illetve a fegyvertörténet, az egyenruhák, kitüntetések és zászlók története. A Magyar Királyi Honvédséget (1919–1938) bemutató fejezet a trianoni békeszerződéssel és katonai következményeivel, a Szövetséges Katonai Ellenőrző Bizottság szorításában 1920–1927 között átélte időszakról, a Magyar Királyi Honvédség intenzív fejlesztésének a „HUBA” hadrendben bekövetkezett kezdeteiről tudósít. A Magyar Királyi Honvédség részvétele a terület-visszacsatolásokban és a második világháború küzdelmeiben (1938–1944) című fejezet a részleges terület-visszavételek időszakáról, az 1941-es délvideki hadműveletről, az 1941. nyári-őszi ukrán hadműveletről, illetve a 2. hadsereg hadműveleiről számol be. Érdekfeszítőek a Magyarország német megszállása és A budapesti hadművelet – Kísérletek a fővárosban lévő német és magyar erők felmentésére című részek. Önálló fejezet tárgyalja a Honvédségből Néphadsereg. A haderő újjászervezésétől 1956-ig témakört. Az 1956-os forradalom és szabadságharc hadtörténete szintén önálló fejezetet kapott. Az 1957–1991 közötti időszakot tárgyalja A Magyar Néphadsereg a Varsói Szerződés kötelékében című fejezet. A Magyar Honvédség 1991–2017 című fejezet a NATO-csatlakozás folyamatát, valamint a Zrínyi 2026, a honvédelmi képességek komplex fejlesztésének programját egyaránt tárgyalja. A szerzők – saját kutatási eredményeiken túl – jól hasznosították a korszak egészét, illetve egyes részeit bemutató szakirodalmat is. Ezt bizonyítja a kötet szerzői által nagy számban hivatkozott forrás.



**A 648 oldalas, keménytáblás, A4 méretű, mintegy 400 db fotóval gazdagon illusztrált könyv 7425 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a Zrínyi Kiadótól is, 20%-os helyszíni kedvezménnyel. (Cím: 1087 Budapest, Kerepesi út 29/b., Tel.: 06 1 459 5373, e-mail: gyoredina@armedia.hu).**