

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM  
HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR  
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

**Végyári Zsolt**

**A szárazföldi csapatok villamosenergia-ellátásának  
vizsgálata és a fejlesztés lehetőségei**

c. doktori (PhD) értekezés szerzői ismertetője

**Témavezető:**

**Prof. Dr. Turcsányi Károly DSc**

**Társ-témavezető:**

**Dr. Hegedűs Ernő PhD**

**BUDAPEST, 2023.**

## **Témaválasztás indoklása**

A társadalom egészére nézve általánosan elfogadott tény, hogy napjaink civilizációja elképzelhetetlen a villamos energia széleskörű alkalmazása nélkül. Az emberiség évről-évre mind nagyobb nominális mennyiségű villamos energiát állít elő és a villamosságnak az aránya is nő a teljes energiamixen belül. 2019-ben a világ összesen 606 milliárd GJ primer energiát használt fel, ennek kb. 30 %-a villamos energia formájában került végfelhasználására.

A villamos energia statikus polgári alkalmazásának igen jól kiépült infrastruktúrája van. Az erőművek és a távvezetékek a jelenben és a belátható jövőben is képesek lesznek kiszolgálni az igényeket. Ugyanakkor a katonai alakulatok, azokon belül is a szárazföldi csapatok a műveleti tevékenységeik során (missziós szerepvállalás, határvédelmi tevékenység, katasztrófavédelmi tevékenység és a fegyveres honvédelem) saját villamosenergia-ellátásukat nem építhetik a polgári infrastruktúrára, hiszen az nem érhető el csak a távvezetékek közelében, illetve gyakorta sérült, rombolt, vagy csak korlátozott a kapacitása.

A villamos energia elérhetősége létfontosságú a honvédelmi ágazat és azon belül a szárazföldi csapatok számára, hiszen ennek hiányában jelentősen csökkennének a képességeik. Korszerű haderő a villamos energiával üzemelő eszközei elvesztése esetén valószínűleg egyáltalán nem lenne képes működni. Mindezek ellenére ez a terület Magyarországon szinte egyáltalán nem, míg nemzetközi kitekintésben is alig kutatott.

## **A tudományos probléma megfogalmazása**

A védelmi ágazat is része a társadalomnak, így azok szabályszerűségei többnyire itt is érvényesülnek, ugyanakkor ez a terület számos olyan sajátossággal is bír, ami elég élesen elkülönül a társadalom egyéb szegmenseitől. Hosszas kutatások ellenére sem találtam a szárazföldi csapatokra, vagy akár a védelmi területre általában vonatkozó átfogó tanulmányt a villamosság szerepéről. Jelenlegi munkakörömet közvetlenül megelőzően nyolc éven keresztül dolgoztam a haditechnikai kutatás-fejlesztés területén<sup>1</sup> és tapasztalataim szerint a villamosság kérdésköre a haderőknél egyelőre csak az eszközök szintjén, egy-egy konkrét berendezés kontextusában jelentkezik, nem vizsgálják a technológia jelentőségét, és nem keresik a mélyebb összefüggéseket a villamosság, illetve a csapatok képességei között. Bár 2018 és 2021 között a

---

<sup>1</sup> Az 1920-tól fennálló Haditechnikai Intézet jogutódja a Technológiai Hivatal 2007-ben megszűnt, mint önálló intézmény [10], de a tevékenység más szervezetek alatt tovább folyt és természetesen jelenleg is folyik.

NATO párizsi székhelyű kutatás-fejlesztési szervezetének, az STO<sup>2</sup>-nak én voltam a nemzeti koordinátora, nem találtam nyomát annak, hogy a haditechnikai fejlesztők trendeket és komplex megoldásokat keresnének ezen a területen, így a villamos energia szerepét jobbra itt is csak egy-egy fejlesztési projekt szempontjából értékelik.

Az STO-ban elsősorban a kézzel fogható technológiákkal, haditechnikai eszközökkel foglalkoznak. Az energetikának jelenleg nincs önálló panel<sup>3</sup> szintű képviselése, de minden panelben működik több olyan munkacsoport, amely tevékenységének fókuszában az energia, esetleg konkrétan a villamos energia áll.

Az Európai Védelmi Ügynökség<sup>4</sup> a Kutatási Technológiai és Innovációs Igazgatóságának más CapTech-jei<sup>5</sup> (pl. a szárazföldi technikák) igényei alapján ugyanakkor már viszonylag korán felfedezte, hogy az energia és a környezeti kérdések nagyban meghatározzák majd a jövő védelmi törekvéseit és képességeit, ezért 2015-ben létrehozta az Energia és Környezet Munkacsoportot<sup>6</sup>, amelyben alapításától kezdve 2022 végéig képviseltem Magyarországot<sup>7</sup>. Szakmai tekintélyét az is nagyban növeli, hogy bár létrehozásakor csak ad-hoc munkacsoportnak szánták, 2022-től átalakult állandó munkacsoporttá, az Európai Védelmi Ügynökség terminológiájában, úgynevezett CapTech-é. Ugyanakkor ez a szervezet is csak a villamos energia katonai alkalmazásának egy szűk szegmensével, a béke idejű energetikai infrastruktúrával foglalkozik.

A hazai tevékenységen túl a nemzetközi szakmai szervezeteknél is azt tapasztaltam, hogy a szárazföldi csapatok képességei szempontjából a villamos energia fontosságát ugyan senki sem vitatja, de azt komplex módon, a mélyebb összefüggéseket is feltárva nem vizsgálja senki. Ezt a hiányosságot felismerve kezdtem a témát kutatni, illetve ezzel kapcsolatosan publikálni, elsősorban a kevésbé vizsgált műveleti tevékenységgel összefüggő villamos energetikai alkalmazásokra koncentrálni.

---

<sup>2</sup> Science and Technology Organization. A szervezet 2012-ig RTO – Research and Technology Organization néven tevékenykedett.

<sup>3</sup> A NATO STO panelek nagyjából megfelelnek az EDA munkacsoportoknak, tehát tematikus nemzetközi koordinációs fórumok. A NATO STO munkacsoportok pedig nagyjából megfeleltethetőek az EDA projekteknek, vagyis egy konkrét probléma megoldásán dolgozó nemzetközi munkaközösségről van szó.

<sup>4</sup> European Defence Agency – EDA.

<sup>5</sup> Capability Technology Groups – Képesség Technológiai Csoport. Lényegében munkacsoport.

<sup>6</sup> Energy and Environment Working Group (E&E WG) – Energetikai és Környezeti Munkacsoport.

<sup>7</sup> 2022 augusztus 1-ig voltam beosztásban az MH K+F koordinációs szervezeténél az MH Modernizációs Intézetnél és annak jogelődjeinél. Augusztus 1-től az NKE-nél teljesítek szolgálatot, ezzel párhuzamosan a haditechnikai K+F nemzetközi képvisellettel kapcsolatos megbízásaim többsége is megszűnt.

Béke időszakban, amely Magyarország esetében az alaptörvény 48-54. cikke szerinti különleges jogrenden kívüli időszakot jelenti, a szárazföldi haderőnem jellemzője, hogy a csapatok tevékenysége energetikai szempontból vizsgálva viszonylag kevés eltérést mutat a civil szférától. Ez globálisan is igaz, béke időszakban a katonai szervezetek a működésük során elsősorban költséghatékonysági okok miatt nagyban támaszkodnak a civil villamos energetikai infrastruktúrára. Geopolitikai okok miatt (ez alatt elsősorban a viszonylag kis területi kiterjedést és a Közép-Európára jellemző domborzati és vízrajzi viszonyokat értem) a Magyar Honvédség béke időszakban csaknem 100 %-ban a civil villamos hálózati infrastruktúrát használja, míg más országok szárazföldi csapatainak esetében ez jellemzően csupán 80-90 %.

Viszont különleges jogrendi időszakban, akár területvédelmet valósít meg, akár missziós feladatot lát el, akár katasztrófavédelmi feladatkörben tevékenykedik, a szárazföldi csapatoknak energetikai szempontból viszonylag autonóm módon kell működniük. Ez olyan sajátosság, amelynek hatásait vizsgálni szükséges, és a csapatok képességeinek fenntartása, növelése érdekében számolni kell a terepi körülmények közötti energiaellátással is. Ennek a tevékenységnek pedig része kell(ene) legyen a terepi villamosenergia-ellátás tervezése is mind a jelenben, mind a jövőben.

Az MH szárazföldi csapatainak a képességeik fenntartásához, és még annál is inkább a képességeik jövőbeni fokozásának érdekében elkerülhetetlen megismerni a harctéri villamosenergia-ellátás jelenlegi helyzetét, a várható jövőbeni kilátásokat, és mindazokat a technikákat és eljárásokat, amelyek felhasználhatóak lehetnek a jövőbeni villamos energetikai haditechnikai kutatás-fejlesztési tevékenység során.

## **Az értekezés célkitűzései**

A kutatás célja a villamos energia szerepének feltárása a szárazföldi csapatok képességeinek tükrében. Ennek során vizsgálva mind a béke idejű, mind a műveleti tevékenységek idején használt villamos eszközöket, mind a termelés, mind a felhasználás, mind az elosztás területén. A kutatás során a műveleti területen történő villamos energetikai tevékenység három eltérő szegmensben, a személyi felszerelések, a harc- és gépjárművek fedélzeti rendszerei, valamint a tábori elhelyezés eszközei vonatkozásában került részletes tanulmányozásra.

1. A villamos energia és szárazföldi csapatok tevékenysége közötti összefüggések elemzése a béke időszakban, illetve műveleti körülmények között. Különös tekintettel a korszerű szárazföldi csapatok villamos energia függőségére.

2. A jelen és a közeli jövő villamos működésű haditechnikai eszközeinek vizsgálata, külön megvizsgálva a termelési és a fogyasztási oldalt, továbbá az ellátás rendszerét. A szárazföldi csapatok jelenlegi és a várható villamos energetikai igényeinek megbecslése.
3. Az alkalmazott különféle terepi villamos energetikai termelési és elosztási technológiák összehasonlító elemzése és a hatékonyság javítására vonatkozó lehetőségek vizsgálata. Szempontrendszer kidolgozása a villamos energetikai rendszerek értékelésére.
4. A korszerű technológiák és eljárások összevetése a hagyományos módszerekkel, a műveleti környezetben történő alkalmazhatóságuk vizsgálata és értékelése. Alternatívák keresése a meglévő rendszerek és eszközök hatékonyságának növelésére.

### **Az értekezés hipotézisei**

1. Az egyes korszerű haderők, illetve a nemzetgazdaságok energiakosarában hasonló arányban van jelen a villamos energia. Ez az arány egyben a nemzetgazdaság és a haderő fejlettségének is indikátora.
2. A korszerű szárazföldi csapatok működése szempontjából nélkülözhetetlen terepi villamos energia iránti igény a haditechnikai fejlesztési trendeknek köszönhetően a közeli és a távolabbi jövőben is nőni fog. A hagyományos, sebezhető ellátási modell mellett ez veszélyezteti a csapatok harci képességeit.
3. Nincs olyan technológia vagy eljárás, ami önmagában megoldást kínálna a fenti növekvő terepi villamosenergia-igényre, valamennyi elérhető technika tervszerű és komplex alkalmazása szükséges.
4. A hidrogénre épülő villamosenergia-tárolási technológia eljutott arra a szintre, hogy az alkalmas a katonai felhasználásra, így bővítve a szárazföldi csapatok villamosenergia-ellátásának technikai lehetőségeit.
5. A hagyományos centralizált aggregátoros tábori villamosenergia-ellátó rendszerekhez képest a hibrid smart villamosenergia-hálózatok műveleti szempontból előnyösebbek a szárazföldi csapatok számára.

## Az értekezésben alkalmazott kutatási módszerek

Értekezésemben, ahol az lehetséges volt, próbáltam primer kutatási módszereket felhasználni, de számos esetben csak szekunder módszerek voltak alkalmazhatóak. Összességében az alábbi kutatási módszereket alkalmaztam:

1. A *szakirodalmi kutatás módszerét*, továbbá *a primer adatgyűjtés és elemzés módszerét alkalmazva* feltártam a magyar, illetve a releváns nemzetközi energia- és környezetpolitikai elvárások és a honvédelem összefüggéseit.
2. A *szakirodalmi kutatás módszerét alkalmazva* – a kutatáshoz szükségesnek ítélt mértékben – megvizsgáltam a releváns energetikai technológiák működési elvét, jellemzőit és elemzés, továbbá *saját fejlesztő-mérnöki tapasztalatok alapján* értékeltem azok haditechnikai alkalmazhatóságát. Megvizsgáltam a releváns katonai szabványok és szabályzatok tartalmát és értékeltem azok alkalmazhatóságát.
3. Az *indukció módszerét alkalmazva*, vagyis egyes eszközök és rendszerek trendjeit egy teljes eszköz- vagy rendszercsoportra kivetítve megbecsültem a szárazföldi csapatok bizonyos csoportjainak, eszközeinek, illetve azok egyes részeinek jelenlegi és várható villamosenergia-igényét.
4. Az *analízis-szintézis módszerét alkalmazva* meghatároztam az egyes technológiák és technikai eszközök alkalmazásának energetikai hatásait. Néhány a katonai alkalmazás szempontjából releváns technológia esetében *radar-diagramokat alkalmazva* végeztem összehasonlítást.
5. Az *adatgyűjtés és összehasonlítás módszerét alkalmazva* összesítettem és értékeltem egyes technikai megoldások és eljárások valós teljesítményét műveleti körülmények között. Ennek keretében saját *laboratóriumi és terepi méréseket, vizsgálatokat is felhasználtam*.
6. *Táblázatra épülő szempontrendszert dolgoztam ki*, és értékeltem a tábori villamos energetikai berendezéseket és az esetleges fejlesztések, beszerzések és a rendszeresítésük hatásait az ellátás biztonságának szempontjából.

## A kutatást nehezítő tényezők

Külön említést érdemelnek azok a tényezők, amelyek nagyban akadályozták a terület részletes, tudományos igényű vizsgálatát.

1. A terület komoly átfedéssel bír a polgári villamosenergia-felhasználás technológiájával, illetve alkalmazott módszereivel, így azokról általánosságban nagy számú és jó minőségű szakirodalmi forrás áll rendelkezésre. Ugyanakkor a technikák kimondottan katonai célú alkalmazásáról csak kevés értékelhető publikáció érhető el, ezek többsége is csak nagyon szűk, többnyire eszköz szintű területet fed le. Egyes kisebb, de releváns részterületek vonatkozásában egyáltalán nem találtam szakirodalmi forrást.
2. Forrásként kevésbé voltak használhatóak a katonai szabványok, szabályzatok és szakutasítások is. Ezek többsége nagyon elavult, számos modern, de már alkalmazott technikát egyáltalán nem tárgyal. Problémát jelentett a katonai dokumentumok részletessége is, azok az esetek többségében csak a legfontosabb paraméterek specifikációját tartalmazzák.
3. Nehézkes volt a primer források gyűjtése is. A Magyar Honvédségnél a stacioner létesítmények esetében alig, a tábori eszközöknél egyáltalán nincsenek kiépítve azok a technikai lehetőségek, amelyek lehetővé tennék a villamosenergia-felhasználásának monitorozását és az adatgyűjtést.
4. A villamos energia fontosságát senki sem vitatja, ennek ellenére a haderőkön, így a Magyar Honvédségen belül igen mostohán kezelt terület. A Magyar Honvédség esetében nemcsak a megfelelő dokumentumok (pl. energiastratégia) nincsenek meg, de doktrinális és koordinációs szinten is hiányoznak a felelős szervezeti elemek.

## Az értekezés felépítésének bemutatása

Az értekezés az alábbiak szerint épül fel:

1. Az **Bevezetésben** fogalmaztam meg az értekezés alapjául szolgáló tudományos problémát, lefektettem a célkitűzéseket, valamint hipotéziseket állítottam fel. Ismertettem a kutatás során alkalmazott módszereket és egy irodalmi áttekintést is nyújtottam.
2. Az **első fejezetben** tárgyaltam a villamos energia szerepét a szárazföldi csapatok béke idejű tevékenysége során. Ennek részeként összegyűjtöttem a Magyar Honvédség

energetikai makro-adatait, összeállítottam az energiakosarát és összehasonlítottam azt más haderők kosarával, valamint a nemzetgazdasági energiamix-szel. Ismertettem a béke idejű villamos energetikai tevékenységet meghatározó dokumentumokat, a tevékenység költségvetési hatásait, illetve a béke idejű energiagazdálkodás célját és módszereit.

3. A **második fejezetben** elemeztem a szárazföldi csapatok villamosenergia termelésének, felhasználásának és elosztásának célját. Részletesen megvizsgáltam a terepen alkalmazott villamos energetikai tevékenység módszereit és eszközeit. Meghatároztam a szárazföldi csapatok képességei szempontjából meghatározó villamos eszközöket, illetve azok hiányának hatását a csapatok képességeire.
4. A **harmadik fejezetben** meghatároztam a terepei villamosenergia-felhasználás nominális mennyiségét a lehetőségek adta keretek között, mind az egyéni felszerelés, mind a harc- és gépjárművek fedélzeti rendszerei, mind a tábori elhelyezés vonatkozásában. Külön vizsgáltam a trendeket meghatározó ismert eszközöket és meghatároztam a jövőbeni felhasználás trendjeit.
5. A **negyedik fejezetben** összegyűjtöttem és analizáltam valamennyi, a terepi villamosenergia termelés, elosztás és felhasználás hatékonyságának növelésére elvben alkalmazható módszert és technológiát, majd meghatároztam azokat a módszereket és technikákat, amelyek optimalizálása a leginkább hozzájárul a szárazföldi csapatok harcértékének fenntartásához vagy növeléséhez.
6. Az **ötödik fejezetben** részletesen ismertetem azokat a technikákat, amelyek alkalmazása az egyéni felszerelés, a harc- és gépjárművek fedélzeti rendszerei, mind a tábori elhelyezés vonatkozásában a legtöbb potenciális haszonnal jár a szárazföldi csapatok képességeinek szempontjából. Ennek részeként ismertetem saját elképzeléseimet is.
7. A **befejezésben** összegzem a tudományos tevékenység nyomán előállt következtetéseket és új tudományos eredményeket. Javaslatokat teszek az értekezés felhasználására és a további kutatások témájára vonatkozólag, illetve ismertetem a kutatás során készült publikációimat és a felhasznált forrásokat.



## Az értekezés összegzett következtetései

Az értekezés **első fejezetében**, mivel technikai okok miatt nem volt lehetséges a kizárólag a szárazföldi csapatokra vonatkozó adatgyűjtés, a Magyar Honvédség egészének béke idejű energia-felhasználási szokásait vizsgáltam. Ennek során elsőként gyűjtöttem össze a Magyar Honvédség energetikai makroadatait és ezekből összeállítottam az energiakosarát is.

Megállapítottam, hogy a fejlett védelmi ágazat igen jelentős energiafogyasztó a nemzetgazdaságon belül. Az egyes hadseregek fejlettségétől és ambíciósintjétől függően a teljes állam által elfogyasztott energiamennyiségnek még béke időszakban is 1 % körüli értéke lehet a védelmi tevékenység. Ennek köszönhetően a fejlett haderők önmagukban is igen jelentős energiapiaci szereplők. A Magyar Honvédség nemzetgazdaságon belüli energiapiaci részaránya kb. 0,2 %, de ez arányban van az ország ambíciósintjével.

Ugyanakkor a vizsgált haderők energiakosara minimális eltéréssel megfelelt az adott ország energiakosarának, mivel béke időben gazdasági okok miatt, a védelmi ágazat működése is elsősorban a polgári energetikai infrastruktúrára épül. Tehát amennyiben a villamosság magas aránya az állam energiakosarán belül fejlett gazdaságra utal, akkor a villamosság magas aránya a haderő energiakosarán belül fejlett védelmi ágazatot jelent. Mivel az energiakosáron belül a villamos energia felhasználása függ a legkevésbé az időszakos hatásoktól, egyébként is a legjobb energetikai indikátora a gazdaság, vagy akár a védelmi ágazat fejlettségének.

Megállapítottam, hogy béke időszakban a védelmi ágazat, így a Magyar Honvédség energia-gazdálkodásának céljai megegyeznek a többi állami szereplőével, vagyis elsődlegesen pénzügyi szempontok vezérlik, de megjelenik az energiabiztonság és a klímavédelem is a kitűzött célok között. A fenti célok érdekében az energiahatékonyságot növelő eszközök közül béke időszakban a legfontosabb a létesítmények energiahatékonyságának javítása, ezen belül a villamos energia szempontjából a világítás és az épületgépészet korszerűsítése. Béke időben jól alkalmazható az energiatudatosság növelése, illetve mindhárom cél tekintetében hatékony, a katonai létesítmények polgári infrastruktúrától való energetikai függetlenségének növelése, elsősorban napelemek alkalmazása révén.

Az értekezés **második fejezetében** a szárazföldi csapatok jelenleg általánosan elterjedt terepi villamosenergia-ellátási rendszerét vizsgáltam meg részletesen. Megállapítottam, hogy az csaknem teljes egészében a tábori aggregátorok működtetésétől függ. Mivel a nagyobb aggregátoroknak jobb a hatásfokuk, illetve egyszerűbb a telepítésük és üzemeltetésük, mint több kisebb teljesítményű eszköznek, lényegében csak ilyen, jellemzően 100 kW-nál nagyobb

egységek használatosak. Ez alól csak a kiemelt fontosságú infokommunikációs központok saját aggregátorai, illetve a tábor magjától nagyobb távolságban települő, pl. üzemanyagtöltő pontok jelentenek kivételt.

Ugyanakkor ez az erősen centralizált struktúra több veszélyt is hordoz. Mivel a nagy aggregátorok általában igen megbízhatóak, de drágák is, nem képeznek belőlük tartalékot, így egy esetleges meghibásodás, esetleg ellenséges csapás vagy szabotázs, a teljes alakulat harci képességeit veszélyezteti. Mivel a logisztikai erők nem rendelkeznek közép feszültségű eszközökkel, az elektromos energiával nem lehet manőverezni, ellátási nehézségek esetén a fogyasztók prioritizált lekapcsolása csak emberi erővel végezhető el.

A tevékenységtől függően egy-egy szárazföldi alakulat üzemanyag felhasználásának 20-60 %-áért is a tábori villamosenergia-hálózat a felelős. A tábori villamos infrastruktúra kiszolgálása ugyanakkor nem élvezhet prioritást a katonai gép- és harcjárművek működtetésével szemben. A nagy mennyiségű üzemanyagot biztosító utánpótlási vonalak fenntartása mindezek mellett műveleti területen költséges, fegyveres konfliktusok területén pedig kiemelten kockázatos.

Részletesen megvizsgáltam a tábori villamos eszközöket is és megállapítottam, hogy az elhelyezési eszközök (szállás, étkeztetés, szórakozás) egy része pótolható lenne más energiaformával, de ennek logisztikai ellátása és működtetése rendkívül előerőigényes lenne. Az elvesztésük hosszú távon lassan ássa alá a morált, ami a képességek csökkenésével jár. A tábori üzemeltetési és karbantartási eszközöknél hasonló a helyzet, de azok kiesése rövidebb időn belül éreztetné a hatását. A taktikai felderítő és elektronikai hadviselési eszközök kiesése már nagyban csökkentené a csapatok képességeit, míg az infokommunikáció, vagyis a vezetés fenntartására nincsenek alternatív lehetőségek, annak elvesztése pedig azonnali és radikális csökkenést okozna a csapatok képességeit illetően.

Megállapítottam, hogy műveleti területen is nagyon fontos az energiagazdálkodás, de céljait tekintve alapvetően eltér a béke idejű tevékenységtől. Terepen nem elsődleges a költséghatékonyság, vagy a klímavédelem, a villamos energia minél hatékonyabb felhasználásnak elsődleges célja a műveleti célok elérése, ennek érdekében a csapatok autonóm működési képességeinek fenntartása, vagy lehetőség szerinti növelése.

Az értekezés **harmadik fejezetében** a korábban említett nehézségek ellenére felmértem a szárazföldi csapatok terepi villamosenergia-felhasználásának mértékét, és a várható trendeket. Indirekt módon, vagyis a tábori villamos működésű eszközök növekvő elterjedése, illetve a

közeljövőben várhatóan megjelenő új eszközök révén bebizonyítottam, hogy a szárazföldi csapatok villamos energiától való függősége mindhárom vizsgált szegmensben, a személyi felszerelések, a katonai gép- és harcjárművek fedélzeti eszközeiként, illetve a tábori elhelyezés területén nőni fog a belátható jövőben.

Ennek mértéke a három szegmensben eltérő és a provizorikus új eszközök terjedésétől függően vitatott is, de maga a növekedés nem kérdéses, miközben a szárazföldi csapatok saját villamosenergia-termelési infrastruktúrája technikai korlátok miatt kb. 50 éve nem változott. Ezt a két ténytet összevetve megállapítottam, hogy a jelenlegi villamos energia ellátási modell nemcsak a centralizált volta miatt sérülékeny, de folyamatosan növeli a logisztikai támogató erőknek nehezedő nyomást.

A tábori eszközök villamosenergia-igénye nehezen meghatározható, de a taktikai és logisztikai drónok, valamint a szárazföldi vezető nélküli eszközök viszonylag gyors terjedése miatt, illetve a 3D nyomtatás logisztikában történő megjelenése okán mindenképpen növekedni fog.

Folyamatosan nő a katonai járművek fedélzeti villamos rendszerének teljesítménye is, aminek csak egy kisebb részéért felelős a polgári gépjárműiparból átszivárgó elektronikus vezérlőrendszerek terjedése. Ennél sokkal nagyobb terhelést jelentenek a kimondottan katonai eszközök, kiemelve az aktív védelmi rendszereket (APS) és az improvizált robbanóeszközök elleni zavarókat (RCIED). A részben vagy teljesen villamos hajtásláncok is megjelentek a szárazföldi csapatok járműveiben, ami további radikális növekményt okozhat a villamos energia-igényben.

Különösen fontos a személyi felszerelés részét képező villamos üzemű berendezések energiaellátása, amely a jelenlegi akkumulátoros technológia mellett, növekvő igényt feltételezve radikálisan megnövelheti a katonák terhelését, így egyéb képességek terén romlást okozva.

Mindhárom szegmensben egyre nagyobb jelentőségre tesz szert az infokommunikációs tevékenység, amelynek egyedüli korszerű eszközei az elektronikus berendezések. Ennek köszönhetően bár a korszerű digitális eszközök egyre kisebb teljesítmény felvétele mellett is biztosítják a korábbi számítási teljesítményt, a számítási teljesítmény iránti igény is folyamatosan nő, így kompenzálja a korszerűbb eszközök hatását. A vezető katonai hatalmak stratégiai rendszereiben már most is szerepet kapott a mesterséges intelligencia, de nem

kétséges, hogy ezek hamarosan megjelennek a taktikai rendszerekben is, ami újfent további nagy villamosenergia-igény növekményt okoz majd.

Az értekezés **negyedik fejezetében** elsőként vettem szisztematikus vizsgálat alá a szárazföldi csapatok műveleti területen történő villamosenergia-ellátása szempontjából azokat a technikai és adminisztratív eljárásokat, amelyek csökkenthetik az üzemanyag-ellátástól való függőséget. Ennek során törekedtem a teljességre és minden felmerülő módszert felmérni. Megalkottam egy szándékoltan egyszerű táblázatos-analitikus módszert a műveleti területen történő alkalmazhatóság értékelésére.

Sorra vettem az energiatárolók energia-sűrűségének növelése, a szabványosítása, a villamos fogyasztók energiafelhasználásnak csökkentése, a villamosenergia-előállítás hatékonyságának növelése, az új termelő eszközök alkalmazhatósága, valamint az energiamenedzsment különféle lehetőségeit és kiválasztottam azokat, amelyek jellegüknél fogva alkalmasak a terepi megvalósításra és a legjobb lehetőséget kínálják az üzemanyag-függőség mérséklésére a műveleti területen történő villamosenergia-termelés során.

Az elemzés nyomán megállapítottam, hogy a terepi villamosenergia mérleg javítására a leginkább alkalmas módszerek a megújuló források in-situ felhasználása, magyarországi viszonyok között kiemelve a napenergiát, a világítás korszerűsítése, továbbá a hidrogén-alapú energetikai rendszerek bevezetése és a gépi energiamenedzsment. Ugyanakkor megállapítottam azt is, hogy a fenti módszerek egyike sem képes önmagában annyit javítani a szárazföldi csapatok villamosenergia-egyenlegén, hogy az érdemi módon csökkentse a hagyományos aggregátorok üzemeltetésének igényét. Ennek érdekében a jövőben az összes elérhető újszerű technikát és a meglévő technikák optimalizálását tervszerűen és összehangoltan kell alkalmazni.

Az értekezés **ötödik fejezetében** a korábbiak alapján meghatároztam a szárazföldi csapatok villamosenergia-hatékonyság növelésének szempontjából ígéretes fejlesztési irányokat. Ennek részeként a feltörekvő új technológiákat is összehasonlítottam a jelenlegi megoldásokkal. Mindezekén túl ismertettem saját ilyen irányú elképzeléseimet is.

Bebizonyítottam, hogy a hidrogén üzemanyagcellákon alapuló energiatárolási megoldások mind a személyi felszerelés részeként, mind nagyobb volumenű alkalmazás esetében megérett a katonai, azon belül is a műveleti területen történő felhasználásra. A már jelenleg is elérhető hidrogén alapú berendezésekkel megvalósítható energiatároló megoldások a jelenlegi akkumulátoros eszközökkel összemérhető teljesítményre képesek. Mindeközben alkalmazásuk

semmivel sem kevésbé biztonságos a Li-ion technológiánál, ráadásul azzal szemben még jelentős fejlesztési potenciállal is rendelkeznek.

Bebizonyítottam azt is, hogy a hagyományos aggregátorokkal szemben a smart hibrid rendszerek szintén versenyképesek. A smart hibrid rendszerek beszerzési ára jelentősen meghaladja egy egyszerű aggregátorét, de hosszabb távon olcsóbb az üzemeltetése, miközben jóval nagyobb műveleti biztonságot nyújt. A fosszilis üzemanyagok árának várható emelkedése és a műveleti biztonság előtérbe kerülése hosszabb távon egyértelműen a smart hibrid berendezéseknek kedvez.

Megállapítottam, hogy az eddig a nyilvánosság által megismerhetővé vált katonai smart hibrid rendszerek architektúrája kötött, így nem aknázza ki kellően a komplexebb felépítésből adódó variációs lehetőségeket. Ennek nyomán bemutattam a moduláris smart hibrid gridek koncepcióját, ahol a csereszabatos modulokból az adott katonai művelet igényeihez leginkább alkalmas grid konfiguráció állítható össze. A moduláris rendszer további előnye az olcsóbb gyártás és az olcsóbb továbbfejlesztés lehetősége.

Kritikával illettem a jelenleg elérhető kevés számú taktikai töltéselosztó berendezés koncepcióját is, hiszen azok sem aknázzák ki teljes egészében a többféle használható energiaforrás adta lehetőségeket. Az általam elképzelt szuperkondenzátor köré épülő berendezés képes lenne a több villamos energiaforrás teljesítményét aggregálni, így maradéktalanul kihasználni a pillanatnyilag elérhető összes energiát.

## **Új tudományos eredmények**

1. Elsőként gyűjtöttem össze és elemeztem a Magyar Honvédség energetikai makroadatait. Bebizonyítottam, hogy egy-egy állam, illetve a védelmi ágazatának energiakosara kis eltéréssel azonos.
2. Megállapítottam, illetve bebizonyítottam, hogy a szárazföldi csapatok által a műveleti területen igényelt villamos energia mennyisége folyamatosan nőni fog a közeli, és a belátható távolabbi jövőben is, ami újabb és újabb igényeket támaszt a logisztikai támogatás irányába.
3. Elsőként elemeztem teljes egészében a műveleti területen a villamos igények által generált logisztikai támogatási igények mérséklésének elveit és módszereit és megállapítottam, hogy nincsen olyan technológia vagy eljárás, ami önmagában megoldást jelentene. A szárazföldi csapatok képességeinek fenntarthatósága érdekében

a növekvő villamos igények kielégítésére csak a már meglévő, illetve az alkalmazásba vonható innovatív új megoldások komplex és tervszerű alkalmazása képes.

4. Többek között egy Magyarországon először végzett kísérleti lövészzel bizonyítottam, hogy a hidrogén alapú energiatárolás technológiája már jelen formájában is kellően fejlett a katonai alkalmazásra. Bizonyítottam, hogy a hidrogén terepi felhasználása és a rá épített PEM cellák alkalmazása képes kibővíteni az autonóm tevékenység idejét, ezáltal növelve a csapatok túlélőképességét.
5. Felállítottam a harctéri áramellátási rendszerek generációs modelljét, és bebizonyítottam, hogy a szárazföldi csapatok hagyományos aggregátoros ellátási modelljénél a villamos energia biztosításának hatékonyabb és biztonságosabb módja a megújuló energiaforrások, tárolóelemeket és korszerű vezérlőrendszereket is magába foglaló rendszerek (hibrid smart gridek) alkalmazása.

### **Ajánlások és további kutatást igénylő területek**

Az értekezés témáját és eredményeit hasznosításra ajánlom a Magyar Honvédség és a Honvédelmi Minisztérium energiapolitikájának kialakításához, illetve haditechnikai eszközök beszerzési és kutatás-fejlesztési tevékenysége során elsősorban a műszaki követelmények meghatározásakor, illetve a működési környezet definiálásakor. Az értekezés horizontálisan jól átfogja a katonai villamos energetikai, és azon belül elsősorban a szárazföldi csapatok műveleti területen végzett villamos energetikai tevékenységét és sajátosságait, de ennek megfelelően terjedelmi okokból nem volt képes azok mélységeibe merülni. Akár hazai formában, akár nemzetközi együttműködésben további, a jelen értekezés témájához kapcsolódó kutatási témának ajánlom az alábbiakat:

- A Honvédelmi Minisztérium és/vagy a Magyar Honvédség energiapolitikájának és/vagy energiastratégiájának kialakítása;
- A szárazföldi csapatok villamosenergia-ellátására vonatkozó szabályzatainak megújítása, kialakítása;
- A hidrogén-technológia katonai alkalmazhatósága a személyi vagy kislegység szintű kollektív villamosenergia biztosításának rendszerében, továbbá a tábori villamosenergia-ellátó infrastruktúra részeként;
- A smart gridek működési modelljeinek vizsgálata katonai környezetben;

- A digitális katona koncepció villamos energetikai kérdéseinek szisztematikus vizsgálata.

Az értekezést ajánlom a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképzési Karán folytatott oktatási tevékenységhez is. Ennek részeként az alábbiakat emelem ki, amelyek jelenleg hiányoznak az összes képzési forma tematikájából:

- Az értekezés feltárja a Magyar Honvédség békeidejű energetikai működését, bemutatja az energiakosarát és azt értékeli nemzetközi összevetésben is;
- Az értekezés bemutatja a szárazföldi katonai csapatok békeidejű és a katonai műveletek során végzett villamos energetikai gazdálkodásának eltéréseit és a működés eltérő céljait;
- Az értekezés bemutatja a villamos működtetésű katonai eszközöket a személyi felszerelés részeként, a gép- és harcjárművek fedélzetén és a tábori elhelyezés során, tárgyalja működésük alapjait, főbb jellemzőiket;
- Az értekezés bemutatja a tábori használatra alkalmas villamos energetikai technológiákat és eljárásokat, értékeli azok hatását;
- Az értekezés bemutatja és részletesen ismerteti azokat a korszerű villamos energetikai technológiákat, amelyek meghatározzák a jövő hadseregének bizonyos képességeit.
- A mesterséges intelligencia alkalmazhatósága a katonai villamos energetikában.

## **Kapcsolódó publikációim**

1. Végvári Zsolt: A LED-ek alkalmazásának lehetőségei a Magyar Honvédségben – **Katonai Logisztika** 23. évf. (2015) 1. szám 133-162o. (ISSN 1588-4228, on-line ISSN 1789-6398);
2. Végvári Zsolt: A Smart Energy koncepció és eszközei a CL15 logisztikai gyakorlaton 1. rész – **Haditechnika** 49. évf. (2015) 6. szám 30-34o. (ISSN 0230-6891);
3. Végvári Zsolt: A Smart Energy koncepció és eszközei a CL15 logisztikai gyakorlaton 2. rész – **Haditechnika** 50. évf. (2016) 2. szám 44-48o. (ISSN 0230-6891);
4. Végvári Zsolt: A megújuló villamos-energiaforrások felhasználásának lehetőségei harctéri körülmények között – **Hadmérnök** 11. évf. (2016) 1. szám 41-53o. (ISSN 1788-1919);

5. Végvári Zsolt: Akkumulátorok a gyalogos lövészkatona felszerelésében, a fejlesztés lehetséges irányai – **Műszaki Katonai Közlöny** 26. évf. (2016) 2. szám 85-101o. (ISSN 2063-4986);
6. Végvári Zsolt: A hibrid villamos energiaellátó rendszerek vezérlésének terepi megvalósítása – **Hadmérnök** 11. évf. (2016) 4. szám 192-209o. (ISSN 1788-1919);
7. Végvári Zsolt: Az újszerű harctéri villamos energetikai megoldások kutatásának szükségessége és a fejlesztési lehetőségek összevetése – **Honvédségi Szemle** 145. (2017) évf. 1. szám 102-113o. (ISSN 1216-7436);
8. Végvári Zsolt: Harctéri villamosenergia-ellátás - Új energetikai megoldások kutatásának szükségessége és a fejlesztési lehetőségek összevetése – **Katonai Logisztika** 26. évf. (2016) 2. szám 52-74o. (ISSN 1588-4228, on-line ISSN 1789-6398);
9. Végvári Zsolt: Elektromágneses úton gyorsított lövedékek a tüzérség eszköztárában – A Bae Systems EM railgun-ja 1. rész – **Haditechnika** 51. évf. (2017) 1. szám 28-31o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/51.1.06](https://doi.org/10.23713/HT/51.1.06);
10. Végvári Zsolt: Elektromágneses úton gyorsított lövedékek a tüzérség eszköztárában – A Bae Systems EM railgun-ja 2. rész – **Haditechnika** 51. évf. (2017) 2. szám 18-22o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/51.2.04](https://doi.org/10.23713/HT/51.2.04);
11. Végvári Zsolt: A katonai aggregátor fejlesztés és gyártás történeti áttekintése – különös tekintettel a villamos forgógépek magyarországi gyártására 1927-1954 között – **Katonai Logisztika** 26. évf. (2016) különszám 564-579o. (ISSN 1588-4228, on-line ISSN 1789-6398);
12. Végvári Zsolt: International Scenes of Military Energy Research – **Defence Review** 145. évf. (2017) 1. szám 107-117o. (ISSN 2060-1506);
13. Király László – Végvári Zsolt: Energiahatékonyság a Magyar Honvédség béke időszaki működésében – **Hadtudomány** (2017) 3-4. szám 54-73o. (ISSN 1215-4121), DOI: [10.17047/HADTUD.2017.27.3-4.54](https://doi.org/10.17047/HADTUD.2017.27.3-4.54);
14. Végvári Zsolt: Smart Military Electrical Grids – **AARMS** 17. évf. (2018) 1. szám 53-70o. (ISSN 2498-5392);
15. Végvári Zsolt: A Harckocsik védelmének fejlődése a páncélelhárítás fejlődésének tükrében és az aktív védelmi rendszerek (APS) megjelenése 1. rész – **Haditechnika** 52. évf. (2018) 3. szám 20-24o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/52.3.05](https://doi.org/10.23713/HT/52.3.05);
16. Végvári Zsolt: A Harckocsik védelmének fejlődése a páncélelhárítás fejlődésének tükrében és az aktív védelmi rendszerek (APS) megjelenése 2. rész – **Haditechnika** 52. évf. (2018) 4. szám 35-38o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/52.4.07](https://doi.org/10.23713/HT/52.4.07);



17. Ocskay István – Végvári Zsolt: A hidrogén üzemanyagcellák katonai célú felhasználásának lehetőségei – **Haditechnika** 53. évf. (2019) 2. szám 14-19o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/53.2.03](https://doi.org/10.23713/HT/53.2.03);
18. Végvári Zsolt: Kilopower – villamos erőmű a Marson 1. rész – **Haditechnika** 53. évf. (2019) 2. szám 43-46o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/53.2.08](https://doi.org/10.23713/HT/53.2.08);
19. Végvári Zsolt: Kilopower – villamos erőmű a Marson 2. rész – **Haditechnika** 53. évf. (2019) 3. szám 39-42o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/53.3.08](https://doi.org/10.23713/HT/53.3.08);
20. Végvári Zsolt: A szuperkondenzátorok és katonai alkalmazhatóságuk – **Haditechnika** 53. évf. (2019) 5. szám 20-25o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/53.5.05](https://doi.org/10.23713/HT/53.5.05);
21. Végvári Zsolt: Supercapacitors and their Military Applicability – **Defence Review** 147. évf. (2019) 1-2. szám 38-49o. (ISSN 2060-1506), DOI: [10.35926/HDR.2019.1-2.3](https://doi.org/10.35926/HDR.2019.1-2.3);
22. Végvári Zsolt: A hidrogén lehetséges honvédelmi (katonai) alkalmazása - **Haditechnika** 55. évf. (2021) 1. szám 20-25o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/55.1.04](https://doi.org/10.23713/HT/55.1.04);
23. Végvári Zsolt: A korszerű harcjárművek áramellátásának sajátosságai 1. rész – **Haditechnika** 56. évf. (2022) 2. szám 24-28o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/56.2.05](https://doi.org/10.23713/HT/56.2.05);
24. Végvári Zsolt: A korszerű harcjárművek áramellátásának sajátosságai 2. rész – **Haditechnika** 56. évf. (2022) 3. szám 21-25o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/56.3.04](https://doi.org/10.23713/HT/56.3.04);
25. Végvári Zsolt: A 3D nyomtatás felhasználási lehetőségei a műveleti logisztikában – **Katonai Logisztika** 33. évf. (2023) 1-2. szám 177-198o. (ISSN 1588-4228, on-line ISSN 1789-6398), DOI: [10.30583/2023-1-2-177](https://doi.org/10.30583/2023-1-2-177);
26. Sebők István-Végvári Zsolt: A Lynx harcjármű fegyverzete és védelmi rendszerei- **Haditechnika** 57. évf. (2023) 4. szám 50-56o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/57.4.10](https://doi.org/10.23713/HT/57.4.10);

## **Egyéb publikációim**

27. Krajcsovics Zsolt: A repülőgéphordozó hajók stratégiai tényezővé válása a második világháború alatt – **Bolyai Hírek** 1. évf. (1992) 1. szám, 29-38o. (ISSN 1416-1443);
28. Krajcsovics Zsolt: BEAR – **Bolyai Hírek** 3. évf. (1994) 2. szám, 73-74o. (ISSN 1416-1443);
29. Krajcsovics Zsolt: A makettező szemével – **Bolyai Hírek** 6. évf. (1997) 2. szám, 135-138o. (ISSN 1416-1443);

30. Végvári Zsolt: A lehallgatás ellen védett mobiltelefonálás összehasonlító vizsgálata – **Katonai Logisztika** 22. évf. (2014) 2. szám, 146-170o. (ISSN 1588-4228, on-line ISSN 1789-6398);
31. Pócz Péter – Végvári Zsolt: Repülőgép hordozók a második világháborúban 1. rész – **Haditechnika** 49. évf. (2015) 1. szám 46-51o. (ISSN 0230-6891);
32. Pócz Péter – Végvári Zsolt: Repülőgép hordozók a második világháborúban 2. rész – **Haditechnika** 49. évf. (2015) 2. szám 64-67o. (ISSN 0230-6891);
33. Pócz Péter – Végvári Zsolt: Repülőgép hordozók a második világháborúban 3. rész – **Haditechnika** 49. évf. (2015) 3. szám 68-71o. (ISSN 0230-6891);
34. Pócz Péter – Végvári Zsolt: Repülőgép hordozók a második világháborúban 4. rész – **Haditechnika** 49. évf. (2015) 4. szám 73-75o. (ISSN 0230-6891);
35. Végvári Zsolt: Capable Logistician 2015 (CL15), Spectacular NATO exercise in Hungary using hybrid energy – **The European Security and Defence Union** 9. évf. (2016) 2. szám 57-59o. (ISSN 2192-6921);
36. Zentay Péter – Hegedűs Ernő – Végvári Zsolt: A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei 1. rész – **Haditechnika** 56. évf. (2022) 6. szám 56-60o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/56.6.09](https://doi.org/10.23713/HT/56.6.09);
37. Zentay Péter – Hegedűs Ernő – Végvári Zsolt: A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei 2. rész – **Haditechnika** 57. évf. (2023) 1. szám 49-55o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/57.1.09](https://doi.org/10.23713/HT/57.1.09);
38. Hegedűs Ernő – Hennel Sándor – Végvári Zsolt: A Bayraktar drónok 1. rész - **Haditechnika** 57. évf. (2023) 1. szám 35-39o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/57.1.06](https://doi.org/10.23713/HT/57.1.06);
39. Zentay Péter – Hegedűs Ernő – Végvári Zsolt: A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei 3. rész – **Haditechnika** 57. évf. (2022) 2. szám 57-62o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/57.2.11](https://doi.org/10.23713/HT/57.2.11);
40. Hegedűs Ernő – Hennel Sándor – Végvári Zsolt: A Bayraktar drónok 2. rész - **Haditechnika** 57. évf. (2023) 3. szám 33-36o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/57.3.06](https://doi.org/10.23713/HT/57.3.06);
41. Végvári Zsolt: Modern haditechnika, új konstrukciós megoldások és szerkezeti anyagok, megújuló képzés - **Haditechnika** 57. évf. (2023) 3. szám 58-67o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/57.3.10](https://doi.org/10.23713/HT/57.3.10);

42. Végvári Zsolt: A 3D nyomtatás felhasználási lehetőségei a műveleti logisztikában – **Katonai Logisztika** 33. évf. (2023) 1-2. szám 177-198. (ISSN 1588-4228, on-line ISSN 1789-6398), DOI: [10.30583/2022-3-4-177](https://doi.org/10.30583/2022-3-4-177);
43. Hegedűs Ernő – Hennel Sándor – Végvári Zsolt: A Bayraktar drónok 3. rész - **Haditechnika** 57. évf. (2023) 4. szám 33-37o. (ISSN 0230-6891), DOI: [10.23713/HT/57.4.07](https://doi.org/10.23713/HT/57.4.07);

## Szakmai–tudományos életrajz

**Név:** Végvári Zsolt

**Születési hely, idő:** Eger, 1973. 03. 21.

**1991-ben** katonai kollégistaként érettségizett az egri Dobó István Gimnáziumban.

**1991-1995 között** a Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolán tanult, ahol *híradó* szakon végzett.

**1996-1999 között** a Budapesti Műszaki Egyetem okl. villamosmérnöki kiegészítő képzésén tanult, ahol *mikrohullámú távközlési* szakon szerzett diplomát.

**2000-2014 között** számos beosztásban tevékenykedett a Magyar Honvédség, illetve a Honvédelmi Minisztérium állományában.

**2004-2008 között** önerőből levelező képzésen vett részt az Óbudai Egyetem Neumann Informatikai Karán, ahol mérnök-informatikus (BSc) szakon abszolutóriumot szerzett.

**2014-2022 között** a Magyar Honvédség, illetve a Honvédelmi Minisztérium haditechnikai kutatás-fejlesztést bonyolító szervezeteinél dolgozott. Ebben a beosztásában számos hazai és nemzetközi szakmai szervezetben képviselte a honvédséget, egyebek mellett volt a NATO Tudományos Technológiai Szervezetének magyar nemzeti koordinátora, az Európai Védelmi Ügynökségnél pedig több munkacsoportjában is magyar képviselő.

**2015-ben** kezdte meg tanulmányait a Katonai Műszaki Doktori Iskolán, abszolutóriumot 2018-ban szerzett.

**2022-től** a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Karának Haditechnikai Tanszékén tanársegéd.

**Egyéb tudományos tevékenység:** tagja a [Magyar Hadtudományi Társaságnak](#), a [Magyar Elektrotechnikai Egyesületnek](#), a [Híradástechnikai Egyesületnek](#) és a [Tudományos Újságírók Klubjának](#). 2015-től az Európai Bizottság és az Európai Védelmi Ügynökség által szervezett [Fenntartható Energia a Védelmi és Biztonsági Szférában](#) konferenciasorozatban a magyar

delegáció vezetője. 2021-től a [Haditechnika](#) műszaki-tudományos folyóirat felelős szerkesztője.

**Nyelvismeret:** angol felsőfok (C1), francia középfok (B2)