

Nagy László János

A harci helikopterek túlélőképesség-növelésének lehetőségei

A Zrínyi 2026 Honvédelmi és haderőfejlesztési program olyan mértékű képességfejlesztést tesz lehetővé, amely páratlan a Magyar Honvédség történelmében. 2018-ban a helikopteres kultúra megújulása megkezdődött a könnyű- és közepes, többcélú helikopterek beszerzésével, amely csak akkor válhat teljessé, ha folytatásként a harcihelikopter-képesség fejlesztésére is sor kerül. Ezen eszközök harci hatékonysága és a megfelelő műszaki megbízhatósága mellett a helikoptervezető állomány, valamint maga a harci helikopter sérülékenységének csökkentése kiemelt jelentőséggel bír. A légierő számára leginkább megfelelő típus kiválasztása során elengedhetetlen vizsgálni azon konstrukciós kialakításokat, amelyekkel a harci helikopterek túlélőképessége növelhető.

Kulcsszavak: harci helikopter, túlélőképesség, képességfejlesztés, „stealth”-technológia, konstrukciós kialakítás

Bevezetés

Hazánk NATO-csatlakozását követően, annak ellenére, hogy vállaltuk a tagsággal járó kötelezettségeket (a GDP¹ 2 %-a védelmi kiadásokra), az ország gazdasági teljesítőképességének következtében haditechnikai eszközök beszerzésére hosszú éveken át nem volt lehetőség. A haditechnikai eszközök jelentős részét kivonták, aminek eredményeként sok esetben fegyvernek szűntek meg. A hazai helikopterképességben bekövetkezett negatív változások jól tükrözik a hosszú éveken át tartó forráshiányos működés eredményét. A jelenleg meglévő kapacitás – mindazok ellenére, hogy az ipari nagyjavításoknak köszönhetően növekedett/növekszik a rendelkezésre álló géplétszám – teljes mértékben nem biztosítja a helikopterképességgel szemben támasztott követelményeket.

A Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program (a továbbiakban: Zrínyi 2026 HHP) eredményeként a Magyar Honvédség jelentős fejlesztéseket folytat. A légierőt érintően első lépésként Mi-17 típusú szállítóhelikopterek és Mi-24 típusú harci helikopterek ipari nagyjavítására került sor, amely jelentősen hozzájárul a helikopterképesség növeléséhez. Önmagában a meglévő eszközök minimális szintű modernizálással egybekötött ipari nagyjavítása véglegesen megoldást nem eredményezhet, ezért hosszú távú megoldást csak az új

¹ GDP: Gross Domestic Product (bruttó hazai termék)

helikopterek vásárlása jelenthet. 2018-ban a helikopterképesség-fejlesztés első fázisaként 20 db H145M típusú könnyű, többcélú, második fázisaként pedig 16 db H225M közepes, többcélú helikopter beszerzésére vonatkozó szerződést írtak alá. Ez a folyamat csak akkor válik teljessé, ha a későbbiekben sor kerül új, a kor kihívásainak megfelelő harci helikopterek beszerzésére is. Napjainkban a haditechnikai rendszerek alkalmazása során kiemelt jelentőséggel bír a költséghatékony üzemeltetés, de természetesen a kiindulást továbbra is a hadműveleti követelmények és az ezekből származtatott harcászati- műszaki paraméterek meghatározása jelenti, ezért e jellemzők figyelembevétele a beszerzési eljárás során nem elhanyagolandó. Hadfelszerelési rendszerek beszerzése során akkor járunk el helyesen, ha első lépésként beazonosítjuk azokat a jellemzőket, amelyek segítségével összehasonlítható, majd a későbbiekben kiválasztható a számunkra legmegfelelőbb haditechnikai eszköz. Az előzőekben említett elveket a harci helikopterek beszerzése során is követni kell, amelyek esetében a csapásmérő képesség és a műszaki megbízhatóság mellett a harci túlélőképesség az egyik legmeghatározóbb tulajdonság, amelynek összetevőit vizsgálni szükséges. Jelen tanulmányban a helikoptervezető állomány túlélőképességének növelését elősegítő, valamint maga a helikopter sérülékenységét csökkentő, néhány jellegzetes technikai megoldást kívánok bemutatni.

A harci helikopter főbb ismérvei

A témával kapcsolatban az egyik leggyakrabban felmerülő alapvető kérdés, hogy mit is nevezhetünk harci helikopternek. Attól, hogy rendelkezünk egy felfegyverzett, viszonylag jól manőverező, könnyű vagy közepes, rendszerint többcélú katonai helikopterrel – mint például a Zrínyi 2026 HHP keretében beszerzésre tervezett H145M „Hforce”, vagy a H225M „Special Ops” változata –, még nem beszélhetünk harci helikopterről. Kétségtelen, hogy az így kialakított gépek alkalmazhatók ugyan szárazföldi csapatok hatékony tűztámogatására, valamint ellenséges, könnyű páncélozott harcjárművek és élő erők pusztítására, de csak meghatározott körülmények és korlátozások mellett.

A harci helikopterek tekintetében már az egyértelmű definiálás is kérdéseket vet fel. Egyfajta definíció alapján [1]: „An attack helicopter is an armed helicopter with the primary role of an attack aircraft, with the capability of engaging targets on the ground, such as enemy infantry and armored fighting vehicles. Due to their heavy armament they are sometimes called helicopter gunships.” Szabad fordításban, ennek megfelelően: a harci helikopter egy olyan felfegyverzett, a támadó repülőgépek elsődleges feladataival rendelkező helikopter, amely képes földi célok, mint például ellenséges tüzérség, páncélozott harcjárművek elleni csapásmérésre. A jelentős fegyverzete miatt néha repülő tankoknak is nevezik (a szerző).

Egy másik értelmezésben [13]: A „harci helikopter” fogalma olyan forgószárnyú légi járművet jelent, amelyet célpontok leküzdésére fegyvereztek és szereltek fel, vagy más katonai feladatok végrehajtására szereltek fel. A „harci helikopter” fogalma támadó helikoptereket és harci-támogató helikoptereket foglal magában. A „harci helikopter” fogalma nem foglalja magában a nem-felfegyverzett szállítóhelikoptereket.

A harc feladat végrehajtása során a fontossági sorrend a következő egy harci helikopter számára:

- tevékenység a közvetlenül fenyegető ellenséges erőkkel szemben;
- tevékenység a saját erőket (raj, század szint) fenyegető ellenséges erőkkel szemben;

- tevékenység az egyéb saját/szövetséges csapatokat fenyegető ellenséges erőkkel szemben;
- tevékenység az eredeti cél érdekében (ellenséges légvédelem, parancsnoki járművek, harckocsik, műszaki járművek, páncélozott eszközök tűzzel való pusztítása) [2].

Mindez azt jelenti, hogy a harci helikopterek esetében az első és legfontosabb a saját erő és a technikai eszközök védelme. Ennek megfelelően mindent meg kell tenni annak érdekében, hogy az igencsak költségesen kiképzett, felkészített hajózó állomány és a nagy értékű haditechnikai eszközök védelme érdekében minden lehetséges opciót beazonosítsanak és a technológia adta korlátokon belül ezen opciókra megoldásokat találjanak.

Ennek megfelelően egy részletesebb megközelítésben a harci helikopter:² egy aerodinamikus, forgószárnyas, jól manőverező repülőeszköz, amelyet irányítható és nem irányítható rakétákkal, az ellenség páncélos kötelékeinek megbontására hoztak létre. Fejlődésével feladatai kibővültek a fegyvertelen szállító, kutató-mentő helikopterek kísérésével, az ellenség szárazföldi csapatainak, légvédelmének közvetlen támadásával, mélységben is, valamint légi harc megvívásával elsősorban alacsony sebességű légi célok, például helikopterek, de esetenként vadászrepülőgépek ellen is. Mindezen feladatok végrehajtásához megfelelő tűz-, rakéta- és bombázófegyverrel, aktív és passzív védelemmel, páncélzattal, valamint magas fokú túlélési tartalékkal rendelkezik [3].

Ezeket a meghatározásokat alapul véve, a valóban korszerű harci helikopter konstrukciónak biztosított harcászati-technikai ismérvei [4]:

- a manőver (beleértve a légi harc megvívásának képességét ellenséges harci helikopterrel, szükség szerint önvédelemből merev szárnyú harci repülőgéppel is!);
- a fegyverzeti és avionikai, valamint;
- az önvédelmi képességekből

tevékenységük össze. Ezek közül az első kettővel – ha eltérő mértékben is – valamennyi helikoptertípus rendelkezik, az utóbbi viszont érdemben csak a tényleges harci helikopterek sajátja. A komplex önvédelem (páncélzat, alacsony felderíthetőség, tűz- és robbanásvédelem, lezuhanási biztonság, magas harci túlélőképesség) kiemelt fontosságára az 1970-es évektől folytatott háborúk tapasztalatai hívták fel a figyelmet [4].

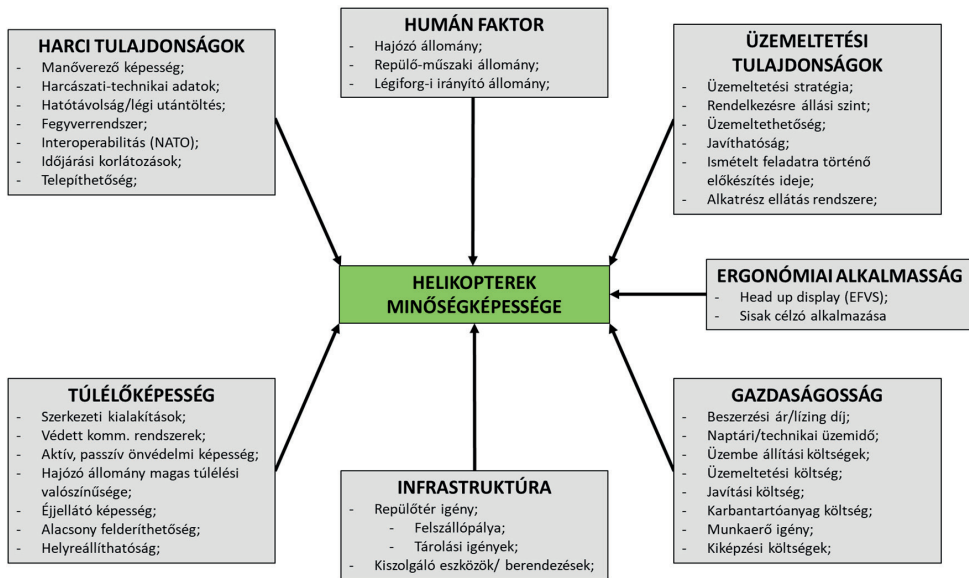
A harci helikopterekkel szemben támasztott követelmények

A múlt század háborúi és fegyveres konfliktusai olyan tapasztalatokhoz juttatták a fegyvergyártókat, amelyekhez modellezett körülmények között egyáltalán nem vagy csak nagyon nehezen juthattak volna hozzá. A harci helikopterek fejlesztése a 20. század második felére tehető. A koreai és vietnámi háborúban szerzett tapasztalatok alapján kialakult egy egységnek tekinthető követelményrendszer az új kategóriájú haditechnikai eszközökkel szemben.

A helikopterek rendszerbe állítása/beszerzése előtt kiemelt jelentőséggel bír, hogy a meghatározott feladatok maximális végrehajthatósága érdekében összemérjük a követelményrendszert

² Az első harci helikopter az 1960-ban megjelent amerikai AH-1 „Cobra” volt – igaz, ez nem minden jegyében felelt meg a kritériumoknak –, amelyet rövid időn belül a Mi-24A követett.

és az egyes repülőeszközök paramétereit. A haditechnikai eszközök minőségének, megfelelőségének vizsgálatában, az alkalmazott szempontok megválasztásában hangsúlyozottan a komplexitásra kell törekedni. Turcsányi szerint [5] a minőség mellett a minőségügyben kialakult a megfelelőség fogalma. Ez azt jelenti, hogy meghatározzuk a haditechnikai eszköz bizonyos mérhető, megfigyelhető tulajdonságainak értékét, a tulajdonsáértékekre követelményeket írunk elő, és megállapítjuk, hogy az eszköz kielégíti-e az adott előírásokat. Az alkalmazhatóság meghatározásához tehát ki kell dolgozni az adott eszközre (légi járműre) vonatkozó harcászati és műszaki követelményeket. A megfelelőség és minőség megállapításának eredményes végrehajtása érdekében – felhasználva a szakirodalomban [5] bemutatott modellt, valamint a korábbi kutatásaimban [6], [7] ismertetett képességkritériumokat – azonosítottam azokat a tényezőket, amelyek teljes élettartamra vonatkozóan meghatározzák a helikopterek minőségképességét, a mérhető paraméterek tekintetében pedig a megfelelőséget. A kidolgozott modellt, amely az 1. ábrán látható, nagymértékben segít meghatározni a helikopterek harcászati és műszaki követelményrendszerét.



EFVS: enhanced flight vision system

1. ábra

Modell a helikopterek megfelelőségének és minőségképességének meghatározásához szükséges szempontrendszer bemutatására [5]

A modellben törekedtem megjeleníteni minden olyan szempontot, amely a helikopterek megfelelőségének és minőségképességének meghatározásához alapvetően szükséges.

A bemutatott minőségképesség-tulajdonságok önmagukban vagy akár egy komplex rendszert alkotva még nem elegendőek ahhoz, hogy egy harci helikopter maradéktalanul megfeleljen a legmagasabb követelményeknek. Ehhez az is elengedhetetlen, hogy a beépített aktív és passzív védelme, a fegyverzete és minden egyéb rendszere megbízhatóan szolgálja

azt a feladatot, amire a harci helikoptert tervezték. Hiába rendelkezik egy helikopter a legkorszerűbb, nagy pontosságú fegyverekkel, ha egyéb rendszerei, berendezései vagy szerkezeti kialakítása, például a forgószárnyak lövésállósága vagy a berendezések páncélvédelme stb. nem teszik lehetővé, hogy huzamosabb ideig a levegőben maradjon. A fentebb megfogalmazottaknak megfelelően felírhatjuk a harci helikopter általános hatékonysági kritériumát:

$$W = \prod_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

ahol: W – a harci helikopter hatékonysági mutatója;

P_i – elemi feltételes valószínűségek, amelyek az egyes berendezések, rendszerek megbízhatóságát, a feladat végrehajtásának, a cél felderítésének stb. valószínűségét jellemzik. Ha a fenti összefüggésben szereplő elemi feltételes valószínűség (P_i) helyére az eredményes feladatvégrehajtás szempontjából legfontosabb mutatókat helyettesítjük be, akkor a következő összefüggést kapjuk:

$$W = P_m \cdot P_t \cdot P_{mb} \quad (2)$$

ahol: P_m – csapásmérő képesség (az ellenséges cél megsemmisítésének valószínűsége);

P_t – a túlélőképesség (az eredményes önvédelem valószínűsége);

P_{mb} – a műszaki megbízhatóság (a hibamentes működés valószínűsége) [8].

A *csapásmérő képesség* függ a célfelderítés, a felszíni célok leküzdésének és az ellenséges helikopterekkel vívott légi harc sikeres megvívásának valószínűségétől, valamint a fedélzeti fegyverek harcászatttechnikai jellemzőitől, illetve a fegyvervezérlő rendszer hatékonyságától és a személyzet kiképzettségétől, pszichofizikai állapotától [9]. Az elmúlt két évtizedben – az 1970-es évek után, nagyobb szériában gyártott – szinte valamennyi katonai repülőeszköz csapásmérő képességének növelésére irányuló korszerűsítési eljárások önálló iparágga nőttek ki magukat nyugaton és keleten egyaránt.

A *túlélőképesség* (az eredményes önvédelem valószínűsége) függ a passzív és aktív önvédelmi rendszerek hatékonyságától, a szerkezeti kialakításoktól, amelyek növelik az alacsony felderíthetőséget, mint például a lopakodó (stealth) technológia alkalmazása. A védett kommunikációs rendszerek alkalmazása, a hajózó állomány túlélési képességének szintje, az éjjellátó képesség kialakítása, a gyors helyreállíthatóság, egyes rendszerek multiplikálása, valamint a repüléstechnikai és harcászati eljárások helyes megválasztása és alkalmazása szintén fontos elemek e képesség hatékonyságának növelése során.

A *műszaki megbízhatóság*³ függ az üzemeltethetőségtől, (tábori körülmények között is) a technológizáltságtól, a diagnosztizálhatóságtól, a javíthatóságtól, a javításközi üzemidőtől, valamint a két meghibásodás közötti repült időtől.

³ „Műszaki megbízhatóság: a haditechnikai eszköz szerkezetének (rendszerének, berendezésének, elemének) vagy akár egész üzemeltetési (üzembentartási) rendszerének azon tulajdonsága, hogy az előírt funkciót teljesíti, miközben meghatározott üzemeltetési mutatók értékeit az üzemeltetés, a műszaki karbantartás, a javítás, a tárolás és a szállítás előre megadott üzemmódjai feltételeinek megfelelő, előírt határok között, időben megőrzi.” [10]

Természetesen a felsorolt három valószínűségi értéket még tovább lehet bontani, de ez nem befolyásolja azt, hogy a harci helikopter hatékonysági mutatója egyenes arányban van a műszaki megbízhatóság, a túlélés és a cél megsemmisítésének valószínűségével. Bármelyik jellemző kiemelésével és annak jelentős ráfordítással történő értéknövelése esetén sem fog a teljes hatékonysági mutató olyan mértékben emelkedni, hogy az meghatározó legyen. Ennél lényegesebb mindhárom kellően magas szintre emelése. Jelen tanulmányban a továbbiakban a három közül csak a harci helikopterek túlélőképességének növelését elősegítő szerkezeti megoldásokról lesz szó.

A harci helikopterek túlélőképességének növelése

Az elmúlt évtizedek háborús tapasztalatai – köszönhetően a jelentős elektrotechnikai fejlődésnek – azt mutatják, hogy a lokátorok, hőpelengátorok, lézerek segítségével felderített, megcélzott repülőeszközök megsemmisítési valószínűsége nagyságrenddel nagyobb, mint ha ezt egyszerű, vizuális módszerekkel teszik.

1. táblázat
A megsemmisítés folyamata [8]

A megsemmisítés folyamata		
Észlelés, azonosítás	Célzás, tüzmnegyítés (rávezetés)	Találat (megsemmisülés, sérülés)
A megsemmisítés elkerülésének lehetőségei		
<p>R-L tartomány: EHC -zavarás, dipól-szórás, műcél kibocsátás.</p> <p>Vizuális tartomány: álcázó és zavaró festés.</p> <p>Auditív tartomány: alacsony zajszintű hajtóművek, légcsavarok, forgószárnyak, reduktorok, berendezések.</p>	<p>Infra tartomány: a külső, felmelegedett sárkányelemek és a hajtóműgázok hűtése, infracsapda alkalmazása.</p>	<p>Passzív: páncélozás, megerősített sárkány teherviselő rendszer, elfolyó tüzelőanyag és hidraulika szabadba vezetése, „nem gyúlékony”, nehezen párolgó vagy zselatinos üzemyanyag és hidraulikafolyadék alkalmazása és semleges gázokkal történő átfűvátása, R-L visszaverő felület csökkentése.</p> <p>Aktív: tűzoltó és robbanás megelőző rendszerek, „önforrasztó” üzemyanyagtartályok bennük semleges gáz és porózus töltőanyag, a fedélzeti sárkány és avionikai rendszerek többszörözése és rezerválása, külső kormánysszervek rekonfigurációja.</p>
<p>Repüléstechnikai: földközeli repülési pálya, tereptárgyak fedezéke</p>	<p>Repüléstechnikai: intenzív, manőverező repülés</p>	<p>Repüléstechnikai: vész repülési üzemmód, kényszerleszállás, katapultálás</p>
<p>Teljes spektrum: komplex stealthtechnológia</p>		

Ennek következményeként szükségessé vált a *felderítést, észlelést kizáró új módszerek* kutatása, e tevékenység tudományos igényű komplex vizsgálata. A jelenlegi megsemmisítő-eszközök hatékonyságának ismeretében – azt a gondolatsort követve, hogy *amit nem tudunk megcélzni, arra nem tüzelhetünk, így el sem találhatjuk(!)* – igazán megnyugtató megoldást csak az első

elem (*felderítés, észlelés*) konstrukciós kiküszöbölése jelenthet. Az önvédelmi képességek elemzéséhez, illetve technikai megvalósításuk (megvalósíthatóságuk) értékeléséhez a megsemmisítés folyamatát szükséges áttekinteni az 1. táblázat segítségével. A táblázat alapján megállapítható, hogy a megsemmisítés minden fázisára (*felderítés* → *észlelés, azonosítás* → *célzás, fegyverműködtetés (rávezetés)* → *találat*) létezik valamilyen aktív vagy passzív konstrukciós védelmi megoldás (páncélozás, zajcsökkentés, lokátorhullámok elnyelése, szétszórása, hajtóműhűtés, rendszerek duplikálása, árnyékolása, dipól- és infracsapda alkalmazása, rádióelektronikai zavarás stb.) [8].

Szerkezeti megoldások a túlélőképesség növelésére

Felderíthetőség csökkentése

Korunk hadviselésére történő felkészülés során a gyártók és természetesen az alkalmazók is kiemelt figyelmet fordítanak az észlelés, azonosítás elkerülésére, de ha figyelembe vesszük a napjainkra kifejlesztett felderítőeszközök által biztosított lehetőségeket, könnyen beláthatjuk, hogy ezek a megoldások alapvető, de nem megfelelő védelemet biztosítanak a harctevékenységek során.

A mai korszerű helikopterek – itt nem csak a harci helikopterek értendők – aktív és passzív önvédelme biztosítja az avionikai eszközök, elsősorban a kommunikációs és a célzó-navigációs komplexumba tartozó eszközök zavarvédetségét. Ehhez elengedhetetlenül szükségesek a különböző besugárzásjelző berendezések, amelyek közül a korszerűbbek az ellenség eszközei által kisugárzott EMH⁴ hullámhosszától és jellegétől függően figyelmeztethetik a helikoptervezetőt az eszköz veszélyességi szintjére. A 2. ábrán látható, hogy különböző felderítőeszközökkel, beleértve az ABV⁵ fegyvereket, valamint az emberi érzékszerveket is, milyen felderíthetőségi lehetőségei vannak bizonyos típusú helikoptereknek. Az ábra a RAH-66 „Comanche” harci helikopter lehetőségeit volt hivatott bizonyítani. A helikopter fejlesztését törölték még 2004 februárjában [3].



2. ábra
RAH-66 helikopter [11]

⁴ EMH: elektromos mágneses hullám

⁵ ABV: atom, biológiai és vegyi.

A 2. táblázatból vizuálisan is kiderül mindaz, ami az amerikai LHX⁶-program célja volt. Egy olyan korszerű, nehezen felderíthető helikopter megalkotása, amely paramétereiben felülmúlja a korábbiakat, és ezzel olyan potenciális előnyhöz jut, amellyel azok nem rendelkeznek. Az összehasonlításban, a RAH-66 „Comanche” helikopter jelenti az egy egységet és a következő feltételek és eszközök esetében történik a felderítés:

- rádiólokátor: 10 GHz-es frekvenciatartományban, a helikopter szemből közeledik;
- infravörös: a Stinger rakéta infravörös célkoordinátorát véve alapul, a helikopter oldalnézeti sziluettjét vizsgálva és elhanyagolva a Nap sugárzását;
- akusztikus: mérsékelt környezeti zajjal számolva, a helikopter szemből közeledik;
- vizuális: szabad szemmel, terepháttérrel.

2. táblázat
RAH-66 helikopter felderíthetősége [3]

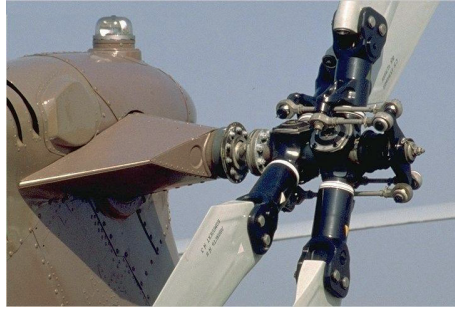
A felderítés típusa	OH-58D	RAH-66	AH-64
Rádiólokátor: 10 GHz-es frekvencia tartományban, a helikopter szemből közeledik.	263X	X	663X
Infravörös: a Stinger rakéta infravörös célkoordinátorát véve alapul, a helikopter oldalnézeti sziluettjét vizsgálva és elhanyagolva a Nap sugárzását.	1,15X	X	2,65X
Akusztikus: mérsékelt környezeti zajjal számolva, a helikopter szemből közeledik.	1,1X	X	1,6X
Vizuális: szabad szemmel, terepháttérrel.	1,2	X	1,8X

A táblázat alapján megállapítható, hogy a RAH-66 helikopter lényegesen felülmúlta az összehasonlításba bevont gépeket. Más típusú helikopterekről nem található hasonló összehasonlítás. Ennek több oka is lehet. Egyrészt, a gyártók féltve őrzött titka, mert esetleg nem túl jók a helikopter hasonló paramétereit, másrészt, nem végeztek hasonló kísérleteket és így nem rendelkeznek információval [3]. Összességében még mindig megállapítható, hogy a harci helikopterek túlélőképességének növelésére a klimatikus viszonyoknak, évszaknak, földrajzi övezetnek megfelelő álcázó és zavaró festés nem ad megfelelő megoldást. Bár napjainkra az álcázó festés (háló) színösszetevőinek mennyiségét, az alkalmazott foltok alakját, méretarányát tudományos módszerekkel határozzák meg, az így elérhető felderíthetőségcsökkenés korlátozott, elsősorban nagyobb távolságról, tereptárgyak részleges fedezékéből kamatoztatható. Lényeges szempont viszont, hogy nem elegendő a megfelelő festék és festési minta alkalmazása a felderíthetőség csökkentése érdekében. A megfelelő hatékonyság érdekében a fülkeüvegezés fényvisszaverő képességét is minimalizálni szükséges.

A helikopterek *auditív felderíthetőségének csökkentése* fontos, de csak másodlagos cél, mivel hangjelek alapján vezérelt (rávezetett) automatikus fegyverek nem léteznek. Természetesen az alacsonyabb zajszint a kézfegyverekkel szemben javítja a túlélés esélyeit. E területen azonban csak részleges eredmények érhetők el, mivel a legnagyobb intenzitású zajforrások többsége éppen a helikopter alapműködéséből adódó, nagy tömegű levegőt mozgató, nagy sebességgel forgó berendezések, amelyek:

- egyik részénél (hajtóművek, reduktorok) csak nagy tömegű hangszigetelő rétegek beépítése után lehetne részleges eredményt elérni;

⁶ LHX: Light Helicopter Experimental (könnyű, kísérleti helikopter).



3. ábra
X elrendezésű faroklégcsavar [8]

- a másik részénél (forgószárnyak, faroklégcsavarok) direkt hangszigetelésre nincs is mód, így csak a speciális kialakítás (például nagyobb lapátszám, „X” alakú faroklégcsavar [3. ábra], fenestron⁷ [4. ábra] stb.) eredményezhet viszonylagos zajcsökkenést.



4. ábra
Fenestron [8]

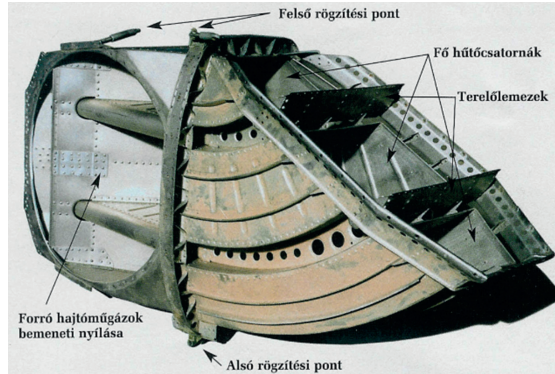
A tér egy adott helyén állva, a háttér minden pontjáról különböző hullámhosszon és intenzitással érkezik infravörös információ, amely digitalizált képképzésre (is) alkalmas, illetve matematikai módszerrel feldolgozható, ezáltal elősegítve a légi járművek felderítését. A kisugárzás intenzitásának mérőszáma például az egységnyi felületről kisugárzott energia lehet, W/cm^2 -ben kifejezve, amelyet megfelelő eszközzel lehet mérni.

A harci helikoptereken az infravörös sugárzásnak a környezeti sugárzáshoz viszonyított értéke csökkenthető:

- a fűvócsövek körkörös árnyékolásával;
- az árnyékoló szerkezeti elem belső falának infravörös sugárzást át nem eresztő réteggel való bevonásával;

⁷ Fenestron: a latin fenestra, ablak szóból ered. Egy csőlégcsavarként kialakított faroklégcsavar.

- a hajtómű kiáramló gázainak hűtésével még a kilépés előtt jelentős mennyiségű hideg levegőt hozzákeverve (harci üzemmódon még járulékosan víz-alkohol keverék hozzáadásával), hogy azok minél kevésbé tudják a szerkezeti elemeket felmelegíteni;
- a kiáramló hűtött gáz irányának olyan megváltoztatásával, hogy azok minél korábban a forgószárny által megmozgatott nagy tömegű környezeti levegő áramlásába elkeveredjenek;
- a fúvócső szívóhatásának felhasználásával a hajtómű és a hajtóműborítás közötti, valamint a főreduktor teréből a meleg levegő kiszívásával, akadályozva a borító sárkányelemek átmelegedését.



5. ábra

A hajtóműből kiáramló gáz infravörös sugárzásának csökkentése [8]

E módszerek célja, hogy az infravörös sugárzás általános szintjét az alkalmazott infrafejes rakéták érzékelési küszöbszintje alá csökkentse a megtévesztés érdekében. Mindezek mellett a felderíthetőséget a háttérsugárzáshoz viszonyított kontraszt elmosásával minimalizáljuk. A napjainkban korszerűnek számító harci helikopterek mindegyike kielégíti ezeket a követelményeket, e segédeszközök a sárkányszerkezet részei. A „Mi” típusú orosz helikopterekhez az infravörös sugárzáscsökkentő berendezéseket pótlólag fejlesztették ki (5. ábra).

Még eredményesebb a védelem, ha a támadórakéta indítása után a helikopter annak tulajdonságaira hangolt megtévesztő infravörös forrásokat, „infracsapdát” bocsát ki (6. ábra). A hatékonyságát nagymértékben befolyásolja az alkalmazott infratöltetek száma (célszerű a százaz nagyságrend), elhelyezése a sárkányszerkezeten és a működtetés módja (automatikus, kézi, egyszeri kibocsátás vagy szakaszos stb.).



6. ábra
Infracsapda alkalmazása [8]

Sérülés, megsemmisülés elleni védelem

A harctevékenység eredményes megvívása érdekében legfontosabb előny a légi fölény kivívása, amely többféle lehet. Egyszerűen elérhető a légi fölény, ha a közel azonos technikai tulajdonságokkal rendelkező haditechnikai eszközökből többel rendelkezünk, mint az ellenség. Törekedni lehet arra, hogy a harci eszköz felderíthetősége minimális legyen, ezzel jelentős hátrányba hozva az ellenséget. A precíziós fegyverrendszerek megfelelő alkalmazásával eredményesen lehet elérni fölényt, de nem szabad elfelejteni, hogy az ellenség is megtesz mindent annak érdekében, hogy a technikai/információs fölényt elérje és fenntartsa, valamint az ellenség kapacitásait, lehetőségeit gyöngítse. Mindez azt eredményezi, hogy a legkorszerűbb eszköz esetében is – egy helyesen megválasztott eljárás alkalmazásával – elérhető a csapásmérés, amely az eszköz részleges vagy teljes megsemmisülését váltja ki.⁸ A legkorszerűbb gyártási technológia, beépített eszközrendszer, repüléstechnikai eljárás sem eredményezheti a 100%-os repülésbiztonságot vagy harci túlélőképességet.

Preventív megoldások

Amennyiben nem lehet teljesen kiszűrni annak valószínűségét, hogy a légi járművet ne érje találat, akkor mindent meg kell tenni annak érdekében, hogy a legértékesebb erőforrást, a kiképzett állomány életét megmentsük és a haditechnikában beállható sérüléseket minimalizáljuk. A helikopter túlélőképessége – itt elsősorban a harci túlélőképesség értendő – legfőképpen

⁸ A délszláv háborúban, a szerb hadsereg egyik magyar származású tisztje és csapata a radarokon végzett átalakításnak köszönhetően 1999-ben lelőtte az USA „stealth (lopakodó)” képességgel rendelkező F-117A harcászati repülőgépet.

a teljes repülőszerkezet, elsősorban a sárkányszerkezet kialakításától függ. A helikopternek mind a hajtóművét, mind pedig az avionikai berendezéseit konstrukciósan fel kell készíteni különböző földrajzi helyeken, bármilyen időjárási viszonyok között történő üzemeltetésre. Ennek megfelelően a hajtóművek rendelkezzenek porkiválóztató rendszerrel, illetve hatékony hűtőrendszerrel, valamint az egyik hajtómű üzemképtelenné válása esetén képes kell, hogy legyen folytatni a repülést és biztonságban leszállni. Ebből következik, hogy repülésbiztonsági szempontból mindenképpen a két hajtóműves változatot kell előnyben részesíteni. Mindezek mellett a hajtóműveket úgy célszerű elhelyezni, hogy egyetlen találattal ne lehessen üzemképtelenné tenni mindkettőt. Mind a helikopter, mind pedig a személyzet túlélőképessége érdekében fontos, hogy a helikopter fülkéje hermetizált legyen az atom-, biológiai és vegyi fegyverek elleni védelem érdekében, amely természetesen együtt jár a túlnyomásos fülke kialakításával, klimatizálásával, amely a személyzet komfortérzetét növeli, és így nagymértékben befolyásolja a harci feladat végrehajtásának minőségét.

A hajtóművek speciális elrendezése és azok speciális felfüggesztése (becsapódás esetén a hajtóműbekötési csomópontok kiszakadnak, így csökkentve a helikopter súlyát, ezáltal a becsapódás mértékét) már önmagában jelentősen növeli a helikopter túlélőképességét. A robbanás elkerülése érdekében az üzemanyagtartályok túlnyomásos rendszerének semleges gázzal (CO₂) történő folyamatos feltöltése, a tartályok rugalmas, esetleg „önforrasztó” anyagból történő kialakítása – amelyek találat esetén minimálisra csökkentik az üzemanyag-elfolyást –, valamint az automatikusan üzemelő tűzoltórendszer napjaink harci helikopterein elengedhetetlen konstrukciós megoldások [3].



7. ábra
Kevlárbetét alkalmazása a személyzet védelmére (H145M helikopter) [14]

A létfontosságú elemek megkettőzése, esetleg árnyékolása, valamint a hatékony páncélvédelem szintén elengedhetetlen a szerkezeti kialakítás során. A helikopter berendezéseinek elhelyezését úgy kell megválasztani, hogy a létfontosságú gépészeti és avionikai berendezések elé egy kevésbé fontos vagy dublázott berendezés kerüljön, így biztosítva az előbbi

hathatósabb védelmét. Erre mindenképpen szükség van, mert tömeg és hatékonysági okok miatt nincsen lehetőség a teljes helikopter páncélvédelmére. Viszont azokon a területeken, ahol a páncélvédelem biztosított (7. ábra), a védelem szintjének meg kell felelnie a következő általános elvárásoknak:

- a védett zónákban a páncélzatnak el kell viselnie a 23 mm-es gépágyúlövedékek közvetlen találatát;
- a pilótafülke páncélüvegezése el kell, hogy viselje a kézi lőfegyverek, maximum 12,7–14,5 mm-es lövedékeinek közvetlen becsapódását, valamint a 23 mm-es gépágyúlövedék repesztalálatait;
- a forgószárnylapátok nagy lövésállóságúak legyenek, amelynek a szálerősítésű, több főtartós kompozitanyagok felelnek meg a legjobban.⁹



8. ábra

Az AH-64 kettő darab titán főtartós forgószárnylapátja, a gépágyúlövedék találatát követően öt órán keresztül megőrizte működőképességét [8]

Napjaink fegyveres konfliktusaiban a harci helikopterek harcászati eljárása során a földközeli repülések – lehetőség szerint éjjel történő – végrehajtása elsődlegességgel bír. A fejlett infrastruktúrájú terep felett, a földközelen repülő helikopterekre az egyik legnagyobb veszélyforrás (békeidőben is) az elektromos vezetékekkel történő ütközések jelentik. A vezetékek biztonságos kikerüléséhez szükséges előjelzőként különböző lézerekátorok fejlesztése és tesztelése folyik, változó eredményességgel. Jelenleg egyetlen bevált és elterjedt megoldásnak a fülke alsó és felső részére rögzített, terelő- és vágóélből álló WSPS (Wire Strike Protection System) vágórendszer tekinthető (9. ábra).

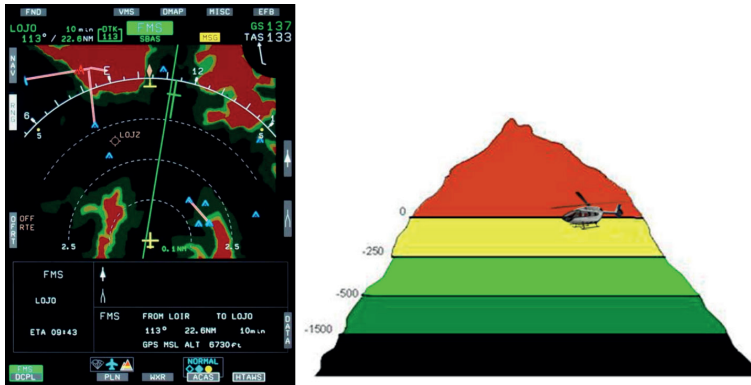
⁹ A kompozitanyagból készült forgószárny a rádióhullámok visszaverődése szempontjából is előnyös, csökkenti a helikopter effektív visszaverő felületét (például: AH-64).



9. ábra
WSPS rendszer (AH-51 helikopter) [8]

Előjelzésre ugyan nem alkalmas, de ütközéskor, $v \leq 120$ km/ó repülési sebességig akár 22 mm átmérőjű vezetékét úgy vág át, hogy közben a hossz- és keresztirányú túlterhelés az üzemi értékhatárok között maradjon, és a helikopteren sérülés nem keletkezik. További előnye olcsósága, valamint több típusra utólag is felszerelhető, illetve, segítségével a katasztrófák száma jelentősen csökkenthető.

A földközeli repülések során a kor színvonalának megfelelő támogatást jelenthet a helikopterszemélyzet számára az úgynevezett TAWS (Terrain Awareness Warning System) rendszer alkalmazása (10. ábra).



10. ábra
TAWS-rendszer (H145M helikopter) [14]

Csökkentett látási viszonyok vagy éjszakai repülések alkalmával a rendszer – a 3D-adatbázis alkalmazásával – folyamatosan jelzi, hogy a repülési magassághoz és irányhoz viszonyítva hol található olyan tereptárgyak, amelyek veszélyt jelenthetnek a helikopterre. A rendszer jelentős hátránya, hogy az alkalmazáshoz elengedhetetlen az adott terepszakasz frissített

adatbázisa, amely – főleg harci bevetések alkalmával (például Irak, Szíria) – sok esetben csak korlátozottan áll rendelkezésre.

A katonai helikopterek sérülékenyek a csökkentett/rossz látási viszonyok között végrehajtott műveletek során, mivel a pilóták szabad szemmel nem képesek észrevenni az akadályokat, kábeleket vagy más légi járműveket repülés vagy kirakodás közben. A veszély különösen súlyos olyan esetekben, amikor az alkalmazásra háborús körülmények között, ismeretlen terepviszonyok között kerül sor, mint például Irak vagy Afganisztán.

Az MFRF¹⁰ – egy többfunkciós fedélzeti érzékelőrendszer – számos olyan feladatot hajt végre, amely fokozza a helikopterek túlélőképességét és harci alkalmazhatóságát (11. ábra). Repülések során biztosítja az ütközések elkerülését más repülőgépekkel, akadályokkal és kábelekkel, terepkövetést tesz lehetővé, valamint segíti a repülésre jelentős negatív hatással bíró rossz időjárás elkerülését. Poros/havas helyen történő leszállás közben nagymértékben növeli a hajózók tájékozódását, ezáltal növelve a repülésbiztonságot.



11. ábra
MFRF (többfunkciós fedélzeti érzékelőrendszer) [8]

A helikopterszemélyzet lezuhanás elleni védelme

A harci helikopterek leginkább akkor veszélyeztetettek, amikor az ellenséges légvédelem zónájában, földközeli magasságban kell repülniük maximális vagy minimális sebességgel. Ilyenkor a repülőeszköz üzemképtelenné válása esetén autorotációval történő leszállásra – figyelembe véve az aerodinamikai és repülésmechanikai korlátokat – nincs reális esély. A katapultálás elvben megvalósítható – létezik is már ennek megfelelően kialakított harci helikopter (KA-50/52), ahol a vészelhagyás minden magasságon és sebességen biztosított – de ez legalább annyi bizonytalanságot hordoz, mint az autorotáció. Napjainkban ez az eljárás nem igazán elterjedt, mivel az oldalra történő kilövés során teljes biztonsággal nem ismertek a túlterhelés fiziológiai hatásai, a függőleges elhagyásnál pedig a forgószárnyak eltávolítása okozza a legnagyobb kihívást. Mindezeket figyelembe véve azzal kell számolni, hogy a helikopterek

¹⁰ MFRF: Multifunction RF (többfunkciós fedélzeti érzékelő rendszer).

esetében olyan konstrukciós kialakításokban kell gondolkodni, amelyek a sérülések ellenére is lehetővé teszik a biztonságos földet érést egy adott időkorláton belül, vagy ha erre nincs lehetőség, akkor mindent meg kell tenni, hogy a személyzet túlélési valószínűsége minél magasabb legyen a földet érést követően.

A földközeli magasságból lezuhanó helikopterek mozgását elemezve megállapítható, hogy a becsapódás függőleges sebesség összetevője (v_y) nem haladja meg a 6-15 m/s-ot. Ebből adódóan megnyugtató védelmet az jelenthet, ha a helikopter törzsét konstrukciósan alkalmassá teszik – ilyen függőleges becsapódási sebességgel történő talajnak ütközéskor – a benne ülők sérülésmentes túlélésének biztosítására. Természetesen ez nem történhet a sárkányszerkezet merevségének növelésével, mivel [12]:

- jelentős szerkezeti tömegnövekedést okozna;
- a függőleges túlterhelés a rövid fékezési úthossz ($H_{fék}$) miatt az emberi szervezet számára elviselhetetlen mértékben megnövekedne $H_{fék} \sim 0 \text{ m} \rightarrow a_y \sim \infty$

$$n_y = F_y / G = m \cdot a_y / m \cdot g \quad (3)$$

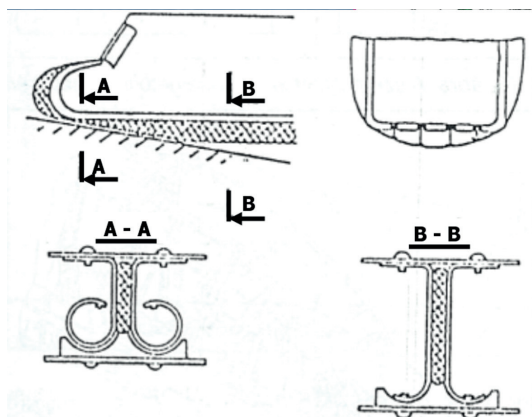
ahol:

- n_y : függőleges irányú túlterhelés;
- F_y : a helikopteren jelentkező függőleges irányú erőhatás [N];
- G : nehézségi erő [N];
- a_y : a helikopter függőleges irányú gyorsulása [m/s^2];
- m : a helikopter tömege [kg];
- g : nehézségi gyorsulás [m/s^2].

A konstrukciós kialakításkor tehát a lezuhanásból származó ütközési energia elnyelését a leghosszabb fékezési úthosszon – azaz a legkisebb lassulással (a_y), és így a legkisebb túlterheléssel – kell biztosítani. Ez csak a sárkányszerkezet meghatározott elemeinek lépcsőzetesen egymást követő, irányított deformációjával lehetséges.

Normál és kényszerleszállásnál, valamint lezuhanásnál elsődleges energiaelnyelőként a talajtól származó lökőerő (F_l) felvételére a helikopter futóműve szolgál. Ezért az ilyen repülőeszközökön – az aerodinamikai korlátok ellenére – hosszúlökötű, nem behúzzható, karos futóműveket alkalmaznak, mivel a berugózás függvényében növekvő erőátviteli képességük kedvezőbb, mint a teleszkopikus rugóstagé. Az ilyen rugóstag már normál működése során is tetemes túlterhelés ($n_y = 5-6$) felvételére alkalmas.

Amennyiben a rugóstag teljes összenyomódása nem elég az ütközési energia elnyelésére, a hajózó személyzet ülésének felfüggesztése is deformálódni kezd irányítottan, ami a benne ülők számára további 0,4-0,6 méterrel megnöveli a fékezési úthosszt. Ezt követően további energiaelnyelés már csak a futómű kitorése, illetve a törzs alsó részének irányított, rugalmatlan deformációja árán lehetséges. Ezt biztosítandó, a törzs alján elhelyezett „I” profilú, teherviselő elemek gerinclemezei a borítólemezhez íves előbeépítéssel vannak rögzítve olyan szegecsekkel, amelyek megfelelő, a felső övnél kisebb erő hatására nyíródnak (12. ábra B-B metszet) [8].



12. ábra
Irányított deformáció [8]

Így a törzsborítás ütközését követően csak a hossztartó gerinclemez-rögzítés alsó szegecsei nyíródnak el, és a gerincek az előbeépítésen rugalmatlanul, körkörösén deformálódnak, további energiahányadot elnyelve. Annak ellenére, hogy a futószárak kitérését követően a túlterhelés extrém módon megnövekszik, a túlélésre még így is jó az esély. Az utóbbi biztosításához igen fontos járulékos követelmény, hogy más, deformálódó sárkányelemek ne hatolhassanak be az utastérbe, üzem- és kenőanyag ne folyhasson szét, elektromos vezeték szakadásakor szikra ne képződjön.

Összegzés

A Zrínyi 2026 Honvédelmi és haderőfejlesztési program olyan mértékű képességfejlesztést tesz lehetővé, amely páratlan a Magyar Honvédség történelmében. A már aláírt szerződéseknek köszönhetően hamarosan megérkeznek az első H145M típusú könnyű, többcélú helikopterek, majd 2023-tól kezdődően a H225M közepes, többcélúak is hadrendbe állnak. A fejlesztés eredményeként a hazai helikopteres kultúra jelentős képességekre tesz szert, de ez csak akkor válhat teljessé, ha a Mi-24 típusú harci helikopterflotta váltására is sor kerül.

A hadműveleti követelményrendszerből kiindulva azonosítani kell azon ismérveket, amelyek segítségével egy komplex összehasonlítás eredményeként a számunkra leginkább megfelelő harci helikopter fog rendelkezésre állni. A csapásmérő képesség és a műszaki megbízhatóság mellett a túlélőképességre kell a legnagyobb hangsúlyt fektetni a harci alkalmazás minden fázisában. Az észlelés és azonosítás során mindent meg kell tenni annak érdekében, hogy az álcázó és zavaró festéssel, adott esetben a „stealth”-technológia alkalmazásával, az EHC-zavarással, a dipólszórással, a műcélkibocsátással, az alacsony zajszintű hajtóművekkel, légcsavarokkal, forgószárnyakkal és a helyesen megválasztott – a tereptárgyak adta fedezékek kihasználása mellett végrehajtott – földközeli repüléssel a harci helikopter felderítésének a valószínűsége minimális legyen. A célzás és tüzmegnyitás során az intenzív manőverező repülés, a külső, felmelegedett sárkányelemek és a hajtóműgázok hűtése, valamint az infracsapda alkalmazása jelenthet jó megoldást az ellenséges fegyverrendszerekkel szemben.

Mindazok ellenére, hogy a hadiiparban olyan jelentős fejlesztéseket érnek el, amelyek segítségével jelentősen csökkenthető annak valószínűsége, hogy a harcjárművet felderítsék, teljes mértékben nem zárható ki, hogy ne kapjon találatot. Ezért a konstrukciós kialakítások során a legfontosabb a helikopter vezető/vezetők túlélőképességének maximalizálása úgy, hogy az ellenséges fegyverrendszerek által okozott sérülések ellenére a biztonságos leszállásra egy adott időkereten belül lehetőség legyen, valamint a helikopterben a lehető legkisebb sérülések keletkezzenek. Annak elérése, hogy a felderítési valószínűséget egy komplex „stealth”-technológia alkalmazásával minél inkább minimalizáljuk, anyagi okok miatt nem lehetséges, ezért a jelen tanulmányban bemutatott szerkezeti kialakítások – az anyag- és gyártástechnológiák által adott lehetőségek maximális kihasználása melletti – továbbfejlesztésével lehet eredményeket elérni.

A katonai repülőeszközök fejlesztése esetében azonban – a jelentős költségek ellenére is – változatlanul prioritásként jelentkezik a találat lehetőségének kizárása, azaz a STEALTH-technológia minél több ismertté vált elemének alkalmazása, illetve további ilyen megoldások kimunkálása. Mindezek mellett viszonylag rövid időn belül meg fognak jelenni a személyzet nélküli csapásmérő, lopakodó robothelikopterek, ahol szintén törekedni kell a harci túlélőképesség növelésére.

Hivatkozások

- [1] L. Szilvássy, „Harci vs. felfegyverzett szállító helikopter,” *Repüléstudományi Közlemények*, 29. évf. 3. sz. pp. 203–216. 2017. [Online]. Elérhető: www.repulestudomany.hu/folyoirat/2017_3/2017-3-16-0444_Szilvassy_Laszlo.pdf (Letöltve: 2019. 05. 29.)
- [2] I. Juhász, „A harci helikopterek feladatrendszere és a velük szemben támasztott követelmények a NATO-ban,” „A Mi-24 harci helikopterek korszerűsítése” tudományos konferencia előadása, *Katonai Logisztika*, 8. évf. 2. sz. pp. 133–147. 2000.
- [3] L. Szilvássy, „A harci helikopterek fegyverrendszerének modernizációs lehetőségei a Magyar Honvédségben,” Doktori (PhD) értekezés, Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2008.
- [4] Gy. Óvári, „A Magyar Honvédség repülőeszközei típusváltásának és üzemeltetésének lehetőségei gazdaságossági-hatékonysági kritériumok, valamint a NATO-csatlakozásunk figyelembevételével,” in *A légierő fejlesztése*, I. Horváth, J. Kiss szerk. Budapest: Honvédelmi Minisztérium, 1997. pp. 9–127.
- [5] K. Turcsányi, „Szempontok és módszerek a haditechnika megfelelőségének a megítéléséhez,” *Hadtudomány*, 2016. évi Klnsz. DOI: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2016.26.K.90>
- [6] L. Nagy, „A Magyar Honvédség helikopter-képesség fejlesztés műszaki és üzemen tartási kérdései,” *Repüléstudományi Közlemények*, 29. évf. 2. sz. pp. 7–30. 2017.
- [7] L. Nagy, „A Magyar Honvédség helikopterképességének lehetséges fejlesztési irányai,” *Honvédségi Szemle*, 144. évf. 6. sz. pp. 34–48. 2016.
- [8] Gy. Óvári, „Biztonság- és repüléstechnikai megoldások katonai helikopterek harci túlélőképességének javítására,” *Repüléstudományi Közlemények*, 2. Klnsz. pp. 1–14. 2005. [Online]. Elérhető: www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2005_cikkek/ovari_gyula.pdf (Letöltve: 2019. 01. 06.)
- [9] S. A. Szabó, „»Öreg pilóta nem vén pilóta« Élettani korlátozó tényezők és szellemi teljesítmény az életkor függvényében a pilóta és az U(C)AV operátor minősítése szempontjából,”

- Repüléstudományi Közlemények*, 2. Klnsz. pp. 502–514. 2012. [Online]. Elérhető: www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/39_Szabo_Sandor_Andras.pdf (Letöltve: 2019. 01. 23.)
- [10] B. Békési, A katonai repülőgépek üzemeltetésének, a kiszolgálás korszerűsítésének kérdései. Doktori (PhD) értekezés. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 2006. [Online]. Elérhető: http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2006/bekesi_bertold.pdf (Letöltve: 2017. 03. 20.)
- [11] Wikipédia, a szabad enciklopédia, „RAH–66 Comanche,” [Online]. Elérhető: https://hu.wikipedia.org/wiki/RAH%E2%80%9366_Comanche (Letöltve: 2019. 01. 23.)
- [12] Gy. Óvári, „Repülőeszközök vészelhagyása, utas- és személyzetmentő berendezések, rendszerek,” (előadásanyag) 2018.
- [13] 1999. évi VI. törvény az Európai Hagyományos Fegyveres Erőkről szóló Szerződés és kiegészítő dokumentumainak együttes kihirdetéséről, II. cikk, L pont
- [14] Ministry of Defence, Defence Economic Bureau, „Contract between Ministry of Defence Hungary and Airbus Helicopters for the supply of twenty (20) helicopters H145M and associated services and options,” Budapest, 2018, Appendix A.16 – Helicopter Technical Information

THE POSSIBILITIES OF ENHANCING THE SURVIVABILITY OF THE COMBAT HELICOPTERS

The Zrínyi 2026 National Defence and Armed Forces Development Program allows for such a capability development that is unique in the history of the Hungarian Defence Forces. In 2018, the renewal of the helicopter culture began with the procurement of light and medium multipurpose helicopters, which can only be complete with the development of combat helicopter capability. In addition to the combat efficiency and the proper technical reliability of these devices, reducing the vulnerability of the helicopter crew and the combat helicopter itself is particularly important. When selecting the type that best suits the Air Force, it is indispensable to assess the construction designs that can enhance the survivability of combat helicopters.

Keywords: *combat helicopter, survivability, capability development, “stealth” technology, construction design*

Nagy László János alezredes
főnökhelyettes
MHP Haderőtervezési Csoportfőnökség
lesliebig@freemail.hu
<https://orcid.org/0000-0002-7831-8639>

Lt. Col. László János Nagy
Deputy Head of Air Force Branch
HDF Command Force Planning Directorate
Air Force Systems Development Branch
lesliebig@freemail.hu
<https://orcid.org/0000-0002-7831-8639>

