

Dr. Óvári Gyula* – Fehér Krisztina**

Repülőgépek elektromos meghajtása – szükségyszerűség kompromisszumokkal

III. rész

Napjaink egyik legnagyobb technikai kihívása az egyre csökkenő mennyiségben kitermelhető hagyományos, fosszilis eredetű energiahordozók kiváltása. A légi közlekedésben erre megnyugtató, hosszú távú megoldás eddig még nem született, jelenleg csak az elektromos meghajtású repülőeszközök jöhetnek számításba, amelyek ez irányú fejlesztése már tart, és az USAF is támogatja a koncepciót. A tanulmány korábbi részeiben a szerzők áttekintették repülőeszközök működtetéséhez alkalmazott energiahordozók fajtáit, a környezetszennyezés csökkentése érdekében szóba jöhető alternatív energiaforrások kiválasztásának szempontjait, majd a repülés környezeti hatásait. Felvetették a dinamikus növekvő légi forgalom és a környezetvédelmi szabályozás ellentmondásait, elemezték az alternatívenergia-bevezetés kényszerű lassulásának okait, valamint aggályokat fogalmaztak meg a 2050-ig tartó fejlődés lehetőségeiről. A tanulmány III. része a katonai repülés és környezetszennyezés arányait vizsgálja, majd bemutatja a nemzetközi társadalmi, politikai, katonai válságok, illetve a koronavírus-járvány hatásait a repülőiparra és a légi közlekedésre. Ezt követően önálló rész foglalkozik az elektromos meghajtású repülőeszközök gyors bevezetésének kényszerhelyzetével, valamint az azzal járó kompromisszumokkal.

A KATONAI REPÜLÉS ÉS KÖRNYEZETSZENNYEZÉS

A tanulmány előző részeiben feltárt tények alapján egyértelmű, hogy a katonai repülésnek is – rövid határidőn belül – aktív részesévé kell válnia az átlátható és objektíven ellenőrizhető jelentős környezetszennyezés csökkentésnek. Ugyanakkor az is egyértelmű, hogy a katonai repülésre még sokáig szükség lesz, bár több területen (pl. vadászrepülőgépek) még használhatónak látszó koncepció sincs az alternatív energiák alkalmazhatóságára és ezen keresztül számottevő környezeti ártalom csökkentésére.

Erdemi – a későbbiekben kisebb országok hadseregeire is adaptálható – következtetés vonható le az egyik legnagyobb katonai hatalom, az USA hadseregének üzemanyag-fogyasztását és ennek nyomán üvegházhatású gázkibocsátását vizsgálva. Az adatok rendszerint nem publikusak, de angol kutatók vizsgálata alapján, a 2017-es emisszió mennyisége megfelelt a legtöbb közepes méretű országnak, tehát ebben a tekintetben a 47. helyen áll, Peru és Portugália között. 2017-ben az USA hadserege naponta ~270 ezer hordó (1 hordó = 187,987 liter – a szerk.) kőolajat vásárolt, és ennek elégetése révén 25 ezer kilotonna szén-dioxiddal terhelte a környezetet. Az USA hadseregének haderónemeit tekintve a legnagyobb szennyező a légi-

erő, amelynek gépei, kiszolgáló eszközei többet fogyasztanak és szennyeznek, mint a haditengerészet, a szárazföldi erők és a tengerészgyalogság együttesen. (Az Egyesült Államok hadseregének aktuális károsanyag-kibocsátásáról nehéz pontos adatokhoz jutni, mert az USA kilépett a párizsi klímaegyezményből.)¹ Megalapozottan feltételezhető, hogy a kínai, orosz, indiai hadseregek légierői legalább ilyen markáns mutatókkal rendelkeznek, de az ezeknél kisebb közép hatalmak – többek között a német, a francia, a brit, a török és a pakisztáni – fegyveres erők energiafelhasználása és környezetszennyezése is számottevő.

A katonai repülésben is deklarált programok hivatottak elősegíteni a tüzelőanyag-megtakarítást, de esetükben – minden bizonnyal finansiális megfontolásból – érzékelhetően az új konstrukciók mellett, jelentős szerepet kap a régebbi, bevált gyártmányok üzemidejének hosszabbítása, vagy felújítása. Például az 1950-es évek első felében rendszerbe állított és tervezetten 2030–2035-ig hadrendben maradó B-52-es bombázó repülőgép H változatának bevezetése, az új hajtóművek és digitalizált vezérlésük (FADEC – Full Authority Digital Engine Control) beépítésének következtében úgy növelte a hatótávolságot 50%-kal, hogy közben 25%-kal csökkentek az üzemeltetés közvetlen költségei. Járulékosan pedig 55 darabra volt csökkenthető a feladat ellátáshoz szükséges KC-135R légi utántöltő repülőgéppark állománya, ami önmagában mintegy 6 milliárd USD megtakarítást eredményez a tervezett kivonásukig hátralévő, közel 20 évben. Az orosz haderőben is tapasztalható hasonló törekvés. Az először 1961-ben üzembe állított Mi-8-as helikopternek például még az ezredfordulót követően is több mint 2000 példány repült, sőt számos példány repül napjainkig is, a típusnak azonban készültek figyelemreméltó modernizált változatai is (Mi-8MTG, Mi-17, Mi-171/172).

A különböző országok haderői, illetve haderónemei – ezen belül a légierők is – megkezdtek az alternatív energiaforrások (pl. bioüzemanyagok, napenergia), adalékok fokozatos bevezetését és alkalmazását, de ezek egyelőre a katonai energiaigényeknek csupán kis hányadát teszik ki.

2020 – A LÉGI FORGALMI ÉS REPÜLŐIPARI TERVEK ÖSSZEOMLÁSÁNAK ÉVE

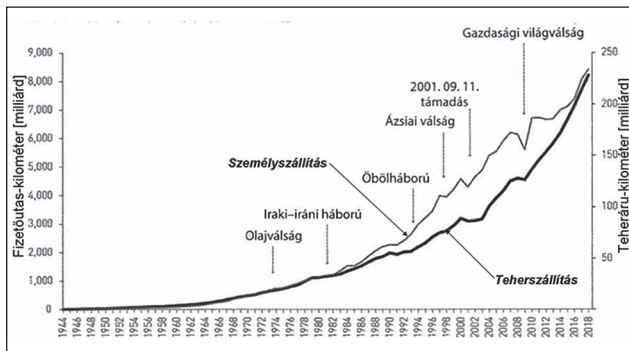
A NEMZETKÖZI TÁRSADALMI, POLITIKAI, KATONAI VÁLSÁGOK HATÁSA A LÉGI FORGALOMRA

Az elmúlt fél évszázad történetének légi forgalomra gyakorolt hatását vizsgálva egyértelműen kimutatható, hogy a jelentős, kiterjedt és elhúzódó társadalmi, gazdasági válsá-

* Egyetemi tanár, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék. ORCID: 0000-0002-9876-6760

** Tanársegéd, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék. ORCID: 0000-0002-5057-733X





18. ábra. A társadalmi, gazdasági válságok és regionális háborúk hatása a légi forgalomra (Forrás: Aero Magazin, XXII. évf. 2020/4. 17. o.)

gok, valamint a nagyhatalmak részvételével folyó regionális háborúk jelentős hatást gyakoroltak a forgalomra. Az utas- szállításban rendszerint csupán 1-3 éves megtorpanást vagy visszaesést, a teherforgalomban többnyire hasonló időtartamú stagnálást követően vált lehetővé az eredeti állapotra történő visszaállás. (18. ábra) E krízisek megoldásának közös sajátossága volt, hogy valamennyi, rövidebb- hosszabb idő után „erőből”, gazdasági, politikai és/vagy katonai eszközökkel beavatkozva kezelhetővé vált. A válságok egyes következményei megmaradtak (pl. 2001. 09. 11. terrortámadások után a repülőtéri biztonsági rendszabályok napjainkig tartó drasztikus szigorodása), azonban a fejlődés mennyiségi mutatói és trendjei érdemben nem változtak, visszaálltak a válság előtti állapotra.

A COVID-19 JÁRVÁNY JELLEMZŐI ÉS TÁRSADALMI HATÁSA

Következményeit tekintve gyökeresen eltért a válságoktól a 2020 elején világjárvánnyá vált COVID-19, amely május közepére 188 országban – döntően Kínában, Európában és az USA-ban – 4,5 millió embert fertőzött meg, közülük több mint 310 ezer a halálos áldozatok száma (Johns Hopkins Hospital, Baltimore, USA, 2020. 05. 17-i közleménye)².

Ami nagy bizonyossággal megállapítható, illetve valószínűsíthető:

- a pandémiát senki, semmi nem jelez(het)te előre, oka, gyógymódja és így várható időtartama egyelőre nem ismert;
- a válságok esetében alkalmazott különböző megoldások egyike sem értelmezhető ebben az esetben;
- a közeljövőben a fertőzés robbanásszerű emelkedése várható a Földünk legszegényebb országaiban, az ottani közegészségügyi és lakhatási állapotok miatt;
- Európában, az USA-ban és Kínában is bizonyosnak tekinthető még a járvány különböző intenzitású és kiterjedtségű újabb hullámokban való visszatérése;
- a fertőzés megszűnését jelentő ún. „nyájimmunitás” eléréséhez ~60%-os védettség szükséges, amely földünk jelenlegi 7,7 milliárd lakosságából 4,5 milliárd fő átolottságát feltételezi. Vélhetően ez nem néhány hónapos terminus.

A felsoroltak miatt – gyógymód hiányában – jelenleg csak a járvány terjedésének megfékezésére lehet koncentrálni. Világviszonylatban egyetlen jó megoldásnak az emberek – a lehetőségekhez mérten – egymástól történő izolálása tűnik a lakóhelyeken, régiókon belüli szabad mozgás, gyülekezés korlátozásával, a munkába járás időleges szüneteltetésével (ahol lehet home office engedélyezésével)

vel), oktatási intézmények bezárásával (távoktatás), országok közötti utazás tiltásával.

A 2020-as COVID-19 JÁRVÁNY HATÁSA A REPÜLŐIPARRA ÉS A LÉGI KÖZLEKEDÉSRE

A tiltások és a megbízható ismeretek hiányából fakadó emberi félelmek miatt a légi személyszállítást igénybe vevők száma 2020 elejétől drasztikusan csökkent. Az Eurocontrol 2020 áprilisi közleménye szerint a 2019-es napi 31 ezres járatszám alig 12-14%-ra, kevesebb, mint 5000-re csökkent az európai légtérben. A magyar légiforgalmi helyzet is drasztikus visszaesést mutat. A Budapest Airport adatai szerint pl. 2019 áprilisban naponta átlagosan 320 fel- és leszállás történt, mialatt 44 000 utas fordult meg a terminálon. 2020 áprilisában ez napi 35 járatra redukálódott (amelyek között csak néhány volt utasszállító gép, mindössze 275 főnyi utassal). További összevethető hazai adat: 2019-ben, a húsvéti időszakban 1311 db repülőgép 190 000 utast szállított, a 2020-as ünnepek alatt mindössze 1283 utas fordult meg a budapesti repülőtéren. *Mindkét adat alapján 99,3%-os csökkenés számítható.*

A kevesebb járat világviszonylatban természetesen kevesebb légi jármű működtetését tette szükségessé, jóval kisebb számú szakmai közreműködéssel. (A British Airways pl. 30 000 munkavállalót küldött kényszerszabadságra.) A tartósan lecsökkent légi forgalom, és annak alacsonyabb bevétele miatt a légitársaságok lényegesen kevesebb új repülőgépre tartanak igényt, a már megrendelt gépekből is kevesebbet hajlandók/képesek átvenni. Ez a gazdasági kényszer a repülőgépgyártóknál is kapacitáscsökkentést, ennek eredményeként kényszerszabadságot, elbocsátásokat okozott).

Számszerűsítve a következményeket: 2020 első negyed- évének végére már 18 ezer repülőgépet állítottak le, illetve konzerváltak hosszabb időre a légitársaságok. Ez az intézkedés arányaiban leginkább a nagy befogadóképességű típusokat (Airbus A380-asokat és Boeing 747-eseket) érintette, amelyek közül többet véglegesen selejtezni kíván- nak. Várhatóan ezeken kívül idő előtt kikerül a rendszerből az összes Airbus A300/310/318-as, Boeing 737 Classic és Boeing 747-400-as típusú gép is. Becslések szerint a légi- társaságok 2020-ban 3800 db repülőgépet vontak ki vég- legesen a forgalomból, amelyeket 2021-2023 között további 2500 követhet. Három-négy év múlva minimális lesz az üzemeltetett Airbus A340, Boeing 737-900-as, Boeing 757-es, valamint a Bombardier CRJ-700/900/1000- es és a McDonnell Douglas MD80/90-es szériáiból meg- marad légi járművek száma is.

A légitársaságok által legnagyobb számban tovább üze- meltetett típusok a legújabb fejlesztésű széles törzsűek. Az Airbus A350-esek 36%-a, a Boeing 787 Dreamlinerek 37%-a még most is alkalmazásban van, a keskeny törzsűekből az A320neo-k 40%-a továbbra is repül.

A Flightglobal szakfolyóirat megítélése szerint jelenleg két lehetőség adódik a légitársaságok számára: vagy meg- szabadulva régi repülőgépeiktől újakat vásárolnak (a Luft- hansa és a KLM ezt tervezi), vagy leállítva az újak átvételét, megtartják a régieket. Az előbbi megoldást az is segítheti, hogy pl. amennyiben a Boeing állami támogatással beindít- ja a gyártást és túlkínálat keletkezik, akkor majd nyomott áron szerezhető be a legújabb, legkorszerűbb repülőgé- pek. A másik lehetőség azért választható, mert a jelenlegi, még alacsony kerozinárak mellett a 25 évesnél is idősebb gépek megtartása és további üzemeltetése nagyobb anyagi előnyt biztosít, mint a drágább és hatékonyabb új gépek

alkalmazása. A JP Morgan bankház elemzése szerint az újak vásárlása esetén 2020–2024 között 7700 db gép átvételére és 5700 db repülőgép kivonására lehet számítani. Amennyiben inkább a régi légi járművek megtartását részesítik előnyben, akkor 5600 db új repülőre lehet igény, és mindössze 3600-at vonhatnak ki.

A fenti tényezők befolyásolták a vezető repülőgépgyártók döntéseit és tevékenységét is. 2020 áprilisától az Airbus harmadával csökkentette a kereskedelmi típusok gyártásának mennyiségét, és a korábbinál kevesebb gépátadással számol. A Boeing április végéig összesen 49 db repülőgépet adott el, és 565 példány gyártási szerződését a megrendelők felmondták, így a lemondásokkal számolt nettó rendelésállománya mínusz 516 db gép. A prognózisok szerint az Airbus 2024-ig várhatóan a korábban tervezettnél 21%-kal, a Boeing pedig 26%-kal kevesebb repülőgépet tud átadni, amely együttesen mintegy 1000 új repülőgép visszamondását jelenti. Mindezek járulékos következményeként a Boeing ~10%-os létszámléépítést tervez, főként a kereskedelmi géptípusokat gyártó részlegeinél. Az Airbus elvetette a korábbi, új, toulouse-i A321neo gyártósor létrehozására vonatkozó terveit, és az amerikai gyártóhoz hasonló nagyságrendű munkaerőcsökkentést kényszerül végrehajtani.

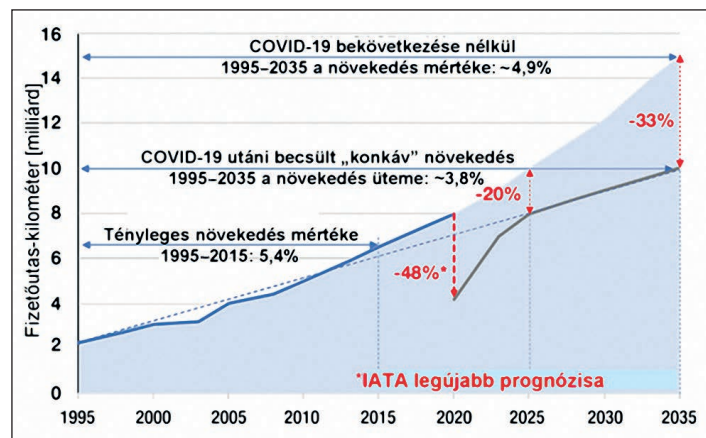
A Nemzetközi Légi Szállítási Szövetség (IATA – International Air Transport Association) 2020 áprilisi elemzése szerint, a légitársaságok háromnegyede a kapacitásai 70–90%-ának törlése miatt 2–3 hónapon belül fizetésképtelenné válhat, mert saját erőből képtelenek kikerülni a koronavírus okozta átfogó pénzügyi válságból. A korábbi 252 milliárd USD helyett már 314 milliárddal csökkenő bevétellel számolnak. Ez az összesített, elmúlt évi árbevétel 55%-át teszi ki, az értékesített utaskilométerben mért teljesítmény pedig 48%-kal maradhat el a 2019-es szinttől. A fenti indokok miatt a nagyvállalatok elengedhetetlennek tartják pénzügyi segély iránti igényük benyújtását ahhoz az államhoz, ahová adójukat fizetik. Az állami támogatás szükségességét az alábbi érvekkel indokolják:

- a világ áruszállításainak a 35%-a a levegőben történik, azaz, amikor a földön problematikusá válik a szállítás a határok lezárása miatt, akkor fokozott szükség lehet a légitársaságok kizárólagos áruszállító kapacitásaira. Ez a szempont különösen a gyógyszerek és egészségügyi berendezések szállítása esetén válhat hangsúlyossá, amikor a gyorsaság kiemelten fontos;
- a közvetett résztvevőket, illetve a beszállítói kört is figyelembe véve, összesen mintegy 70 millió ember végez olyan tevékenységet, amely valamilyen formában a légi forgalomhoz kapcsolódik. Amennyiben a légitársaságok csődközelbe kerülnek, közülük sokan elvesztik munkájukat, amely jelentős szociális, társadalmi feszültségeket okozhat. A válság megszűntével a nemzetgazdaságoknak újra szükségük lesz a légitársaságokra, amelyek 1 USD árbevételükkel 3,8 USD értékű GDP-t termelnek.

Az elemzők előrejelzéseikben azt látogatják, hogy a COVID-19 válság mennyi ideig tarthat, mekkora károkat okozhat és a repülőipar, a légi közlekedés várhatóan mikorra térhet vissza a korábbi szintre. Az ipar és légi közlekedés 18–36 hónap alatt szeretne visszaállni eredeti növekedési pályájára. A megalapozottnak tekinthető komplex elemzések ennek az ütemezésnek gyakorlatilag nem adnak esélyt, mivel a következmények mérlegelésén kívül elengedhetetlen a – nem virológiai – előzmények és bizonytalannak tekinthető lényeges tényezők kritikus áttekintése is. Néhány szempont az elemzéshez:

- az ágazat válság előtti növekedési pályája nem volt fenntartható, helyenként megalapozatlan illúziókra épült, szerkezeti, szervezeti gyengeséggel rendelkezett. Ennek egyik példája Európában az Airbus, amely először politikai konstrukcióként indult, majd „ipari puzzle” lett, az alkatrészek és részegységek kontinensen belüli, sőt tekintélyes számban azon kívüli résztvevők közötti oda-vissza mozgatásával. Ennek oka a nem mindig észszerű gazdasági alapokra visszavezethető alkudozások eredményeként létrejött kötelező nemzetközi gyártási kooperáció, valamint az, hogy a repülőgép-értékesítést ipari kompenzációkkal kapcsolják össze;
 - mivel a piac középtávon akár 40%-kal is csökkenhet, a hatékonysághoz és talpon maradáshoz szükségszerű a kompaktabb, racionálisabb és modulárisabb ellátási láncok kialakítása, sokkal mélyebb együttműködéssel az ügyfelek és a beszállítók között. Különösen, hogy a két nagy konkurens gyártó (a Boeing és az Airbus) mellett megjelent – a hatalmas belső piacával is támogatott, – tőkeerős új vállalkozás, a kínai állami repülőgépgyártó, a COMAC is;
 - megnövekedett a környezetvédelmi nyomás is, amelynek következményeként a kormányok már szigorú fenntarthatósági megállapodásokat írnak elő a gyártóknak és a légitársaságoknak támogatásuk feltételeként. Ezt különadók, bírságok bevezetésével is nyomtatékosítják;
 - nehezen prognosztizálható a vírus időleges és végleges elmúlt utáni fogyasztói magatartás, a repülőutakhoz való visszatérés intenzitása, az igények – köztük a zsúfolt fapadosokhoz ragaszkodás – megmaradásának, vagy megváltozásának mértéke;
 - a korábbi forgalmi előrejelzések alapján, a következő öt évben a légitársaságoknak 8300 repülőgépre lett volna igényük. Ez a friss prognózisok szerint (Forbes) – feltételezve, hogy a járvány miatt több mint 40%-os kapacitáscsökkenéssel és csak lassú visszarendeződéssel lehet csak számolni – 2000-rel lesz kevesebb. Egyebek között e tényezők is számottevően módosíthatják a légiforgalmi növekedési görbe alakulását (19. ábra), amely így a járvány előtti feltételezett folyamatosan növekvő (konvex) jellegű bevételt eredményező helyett, lassuló növekedési üteműre (konkáv jellegűre) módosul (vö. 18. ábra).
- E prognózis szerint 2035-ig a bevételt eredményező utaskilométerek mennyisége egyharmaddal kevesebb lehet, mint a válság előtt várt 15 milliárd. Ez egy hosszabb, 1995–2035-ös időszakra még így is ~3,8%-os éves átlagos

19. ábra. A légi forgalom várható alakulása 2035-ig [2]



növekedési rátát jelenthet, amely tulajdonképpen elfogadható, mert még lehetővé teszi az ipar számára a fenntartósági céljainak elérését, de kétségtelenül alacsonyabb, mint a koronavírus kitörése előtt várt 4,9%-os növekedés.

ELEKTROMOS MEGHAJTÁSÚ REPÜLŐESZKÖZÖK GYORS BEVEZETÉSÉNEK KÉNYSZERE – KOMPROMISSZUMOKKAL

AZ ALKALMAZÁS KÖRÜLMÉNYEI, FELTÉTELEI ÉS SZERKEZETI KIALAKÍTÁSÁNAK SAJÁTÓSÁGAI

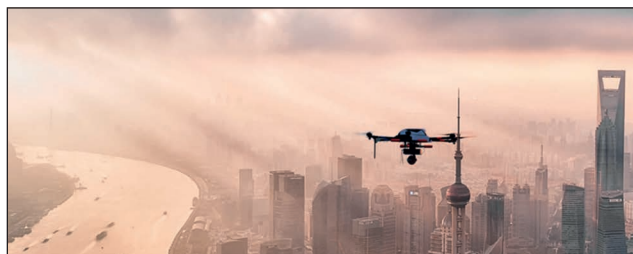
A pandémia egyik következménye annak belátása, hogy a fenntartani szükséges gazdasági fejlődés biztosítása érdekében ugyan várhatóan még évtizedekig szükség lesz belső égésű erőgépekkel működtetett légi járművekre, de nem olyan számban, nem annyi féle célra és nem úgy használva, ahogy azt korábban feltételezték. Alapvetően elérendő globális cél a már jelenleg is egyre erőteljesebben érzékelhető, klímaváltozást okozó környezetszennyezés lelassítása, vagy megállítása miatt, 2050-re a karbonsemlegesség elérése. Ez azt jelenti, hogy a károsanyag-kibocsátást olyan alacsony szintre kell csökkenteni, amelyet a természeti folyamatok meg tudnak kötni. Ennek módja az alternatív energiahordozók mind szélesebb körben történő elterjesztése, és ahol ez nem lehetséges, karbonkredít vásárlása.

A fenti globális cél meghatározó szükségszerű eleme századunk közepére, a karbonmentes repülés széleskörű bevezetése bolygónk lehető legtöbb régiójában. Ennek fontos szegmense a nagyvárosi közlekedés, mivel az ENSZ előrejelzése szerint a Föld népessége a 2019-es 7,7 milliárdról, 2050-re 26%-kal emelkedik, így elérheti a 9,7 milliárd főt. Ez számottevő gazdasági, ellátási kihívást jelent, hiszen a populáció meghatározó többsége – az előrejelzések szerint – a városokban koncentrálódik, amelyek infrastruktúráját fel kell készíteni a tömegek megfelelő minőségű kiszolgálására. Több prognózis szerint 2040 után közel 6 milliárd ember már városokban – jelentős hányada többmillió megapoliszokban – tömörülve fog élni, míg a vidékiek száma ennek fele, csak mintegy 3 milliárd fő lesz.



20. ábra. Városi légi közlekedés eVTOL-lal (Forrás: Airbus)

21. ábra. Metropolisz ellenőrzése eVTOL drónnal (Forrás: Airbus)



A nagyvárosokban a jövőben elengedhetetlen lesz a harmadik dimenzió az (UAM – Urban Air Mobility) bevonása – lehetőleg maradéktalanul környezetkímélő eszközökkel – a helyi személy- és teherszállításba (20. ábra), megfigyelésbe (21. ábra) és számos speciális feladatkörbe.

A jelenleg ismert, károsanyag-mentes kibocsátású és minimális zajszintű meghajtások közül (nukleáris, elektromos), belátható, hogy – bár számos kompromisszum árán – sűrűn lakott övezetekben csak az elektromos (e) felel meg a tömeges gyakorlati alkalmazás követelményeinek. A városon belüli légi személy- és áruszállítás eszközei azonban mindenképpen meghatározóan függőlegesen fel- és leszálló, eVTOL (Vertical Take off and Landing) repülőeszközök lehetnek.

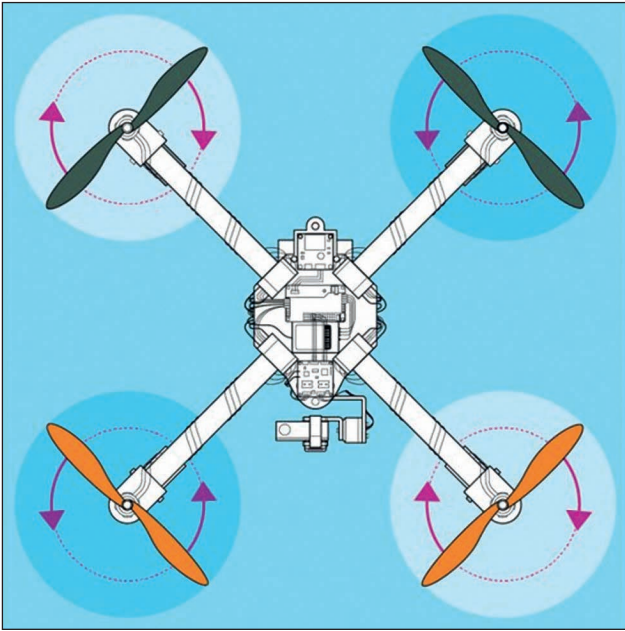
AZ eVTOL-OK SZERKEZETI KIALAKÍTÁSI SAJÁTÓSÁGAI

Az elektromos meghajtású légi jármű környezetkímélő módon végrehajtott függőleges le- és felszállása (eVTOL) legkedvezőbbben légcsavarokkal, forgószárnyakkal lehetséges. Mivel ezek forgatása villanymotorral – a helikopterekével megegyezően – mechanikusan (közvetlenül tengelyekkel, tengelykapcsolókkal, fogaskerekekkel összekapcsolva) történik, ezért rajtuk reakciónyomatékot hoznak létre, amely a törzset a légcsvavar forgásirányával ellentétes forgásba hozza. Ezt megakadályozandó – elektromos UAV-k esetén elhanyagolhatóan ritkán, a gázturbinás helikopterekkel azonos módon – ellentétes nyomatékot generáló faroklégcsvart alkalmaznak (22. ábra), de ennek a forgatását is külön motor biztosítja.

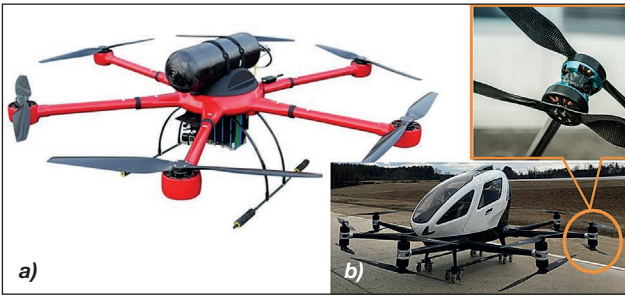


22. ábra. Egyforgószárnyas, faroklégcsvavaros drón (Fotó: Pintereset)

Az eVTOL drónoknál alkalmazott légcsavarok vonóerejének nagyságát és irányát – a hagyományos helikopterektől eltérően nem állandó fordulatszám mellett forgószárnylapátjaik közös és ciklikus beállítási szögei változtatásával, hanem – állandó beállítási szög mellett, fordulatszámaik különböző kombinációban történő differenciált változtatásával vezérlik. Ebből adódóan valamennyi forgószárnyat, (farok)légcsvart külön motor működteti. A megbízható, pontos, késleltetésmentes 3D-kormányzást lehetővé tevő felfelé mutató emelőerő, valamint a haladást, elfordulást egyidejűleg biztosító előre mutató és/vagy oldalero nyomatéki kölcsönhatás létrehozásához legalább 4 db – de mindig páros számú, páronként azonos, vagy különböző for-



23. ábra. Egy UAV 4 légszavarájának forgásiránya
(Fotó: Pintereset)

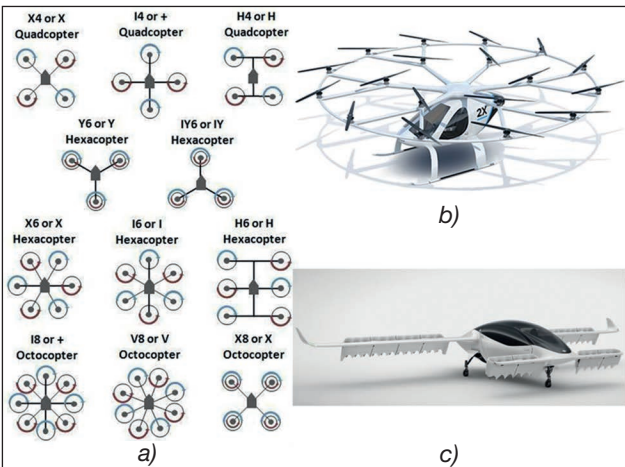


24. ábra. 6 légszavaras a) és 16 légszavaras b) eVTOL repülőgép

dulatszámmal egymással szembe forgó(!) – légszavar működtetése szükséges (23. ábra).

Bár ennél a légi jármű kategóriánál is érvényes az alapvető konstrukciós szabály, amely szerint adott toló/vonóerő előállítás szempontjából a lehető legkevesebb

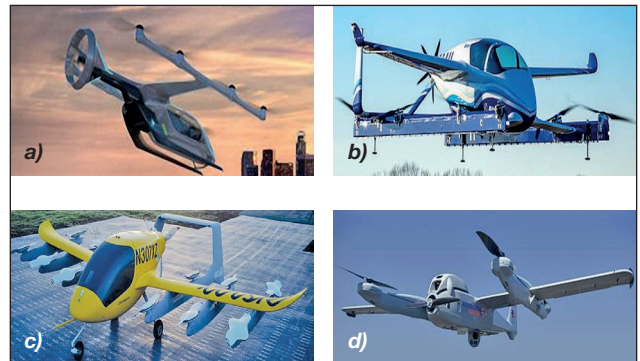
25. ábra. Az eVTOL légi járművek tipikus légszavar-elhelyezési lehetőségei



számú hajtómű alkalmazása biztosítja a legkedvezőbb tömeghányadot és így gazdaságosságot, repülésbiztonsági szempontból ezeknél mégis inkább 6 db-ot, vagy azt meghaladó számú légszavart alkalmaznak (24. ábra). Több típusnál egy konzolon – a koaxiális kialakításra emlékeztető – két ellentétes irányba forgó, de külön motorral meghajtott légszavart is elhelyezhetnek (24. b. ábra). Ezek pontosabb, érzékenyebb irányítást tesznek lehetővé, illetve 1-2 motor és/vagy légszavar (a 18 légszavaronál, megfelelő konfigurációban akár 6 db!) működésképtelenné válásakor a megmaradtak (pl. 25. b. ábra) – a vezérlési programjuk automatikus rekonfigurálásával – biztonságos kényszerleszállást tesznek lehetővé. Ez a technikai lehetőség azért fontos, mert légszavar-kialakításuk miatt az autorotációra képtelen repülőszközöknek más megoldás nem áll rendelkezésükre.

A lezuhanás elkerülésének és a biztonságos, lehetőleg irányított kényszerleszállás technikai megteremtésének fontosságát az is nyomatékosítja, hogy ezek a légi járművek döntően sűrűn lakott zónák felett repülnek, így az alattuk tartózkodók is potenciálisan veszélyeztetetté válhatnak.

A légszavarak elhelyezése a repülőgépeken mindig (hossz-) tengelyes, esetenként középpontosan szimmetrikus, elnevezésük a felülnézeti alaprajznak, a menetiránynak megfelelően több-kevesebb fantáziával leolvasható latin betű (I, H, Y, O, V, X) vagy szimbólum (+), illetve a légszavarak számának rendszerint görög eredetű megnevezéséből (pl. hexa, octo,) képezhető (25. a) ábra). Léteznek ettől eltérő kialakítások is pl. a 18 légszavaras Volo-copter VC200 (25. b) ábra), vagy a 38 légszavaras Lilium Jet modellek (25. c) ábra), amelyek már elkészültek, repü-



26. ábra. Néhány eVTOL szerkezeti kialakítás merev szárnyval és toló/vonólégszavarral

27. ábra. Néhány eVTOL szerkezeti kialakítás elfordítható toló/vonólégszavarral



lőképesesek, gyártásra várnak, és az elkövetkező években kereskedelmi forgalomba kerülhetnek.

Amennyiben az eszközzel a leszállás nélküli hosszabb távú és/vagy nagyobb sebességű repülés a cél, az ilyen UAV-kbe rendszerint járulékosan szárnyat és külön toló- (26. a-c) ábrák) vagy vonólégcsavart is beépítenek (26. d) ábra).

Léteznek olyan szerkezeti kialakítások, ahol elfordítható toló-emelő légcsavart alkalmaznak, amelyet a törzsre (27. a) ábra) vagy a hordfelületekre (25. c) ábra), más megoldásoknál a merevszárnyra elfordíthatóan (27. b) ábra), esetleg az egyenes vagy gyűrűs szárnyra, szárnyba építenek, azzal együtt mozgatva (27. c) és d) ábrák).

Ugyancsak fontos követelmény, hogy a csomag- és teherszállító drónokon kívül, a több személyt befogadó (e) VTOL légi járműveket is lehetőség szerint alkalmassá kell tenni pilóta nélküli (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) üzemmódra is.

(Folytatjuk)

A GINOP 2.3.2-15-2016-00007 „A légiközlekedés-biztonsághoz kapcsolódó interdiszciplináris tudományos potenciál növelése és integrálása a nemzetközi kutatás-fejlesztési hálózatba a Nemzeti Közszolgálati Egye-



temen – VOLARE” című projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A tanulmány, a fenti projekt „AVIATION_FUEL” nevű kiemelt kutatási területéhez kapcsolódóan valósult meg.

JEGYZETEK

- 1 Donald Trump még 2017 júniusában jelentette be, hogy az Egyesült Államok kilép a káros anyagok kibocsátását szabályozó párizsi klímaegyezményből, de az ENSZ bonyolult előírásai miatt formálisan az amerikai elnökválasztás másnapján, 2020. november 4-én kezdődött meg az egy évig tartó kilépési folyamat. Joe Biden ezt állította le elnöki rendeletével, így a nemzetközi szabályozás értelmében az USA 30 napon belül ismét a párizsi egyezmény részese lehet. Forrás: <https://qubit.hu/2021/01/21/parizsi-klímaegyezmény-who-keystone-joe-biden-három-legfontosabb-környezetvédelmi-es-egeszsegugyi-intezkedese>. (Letöltés időpontja: 2021. 01. 22.)
- 2 A tanulmány III. részének szerkesztése időpontjában a baltimore-i Johns Hopkins Egyetem 2021. január 19-i adatai szerint a világban 95 544 853-ra emelkedett a koronavírus-fertőzöttek, 2 039 947-re a halálos áldozatok és 52 617 324-re a gyógyultak száma. Forrás: https://www.napi.hu/nemzetkozi_gazdasag/koronavirus_megjottek_a_friss_szamok.721675.html. (Letöltés időpontja: 2021. 01. 22.)

Magyarország hadtörténete

II. kötet

2020-ban jelent meg a Zrínyi Kiadó gondozásában a Magyarország hadtörténete sorozat második kötete, amely *Az oszmán hódítás kora, 1526–1718* alcímet viseli. Ezzel teljessé vált a négyrészes könyvsorozat. A korábban megjelent Magyarország hadtörténete kötetek (a megjelenés sorrendjében): III. *Magyarország a Habsburg Monarchiában 1718–1919* (2015), I. *A kezdetektől 1526-ig* (2017), IV. *1919-től napjainkig* (2018).

Jelen kötet az oszmán hódítás korát, az 1526–1718 közötti évek eseményeit dolgozza fel. Azt a korszakot, amelyet „a 150 éves török hódoltság” időszakaként őrzött meg a nemzeti emlékezet. Ez a másfél évszázad bővelkedett hadi eseményekben, ritkán köszöntött nyugodt, békés periódus a magyar alattvalókra. A könyvet lapozgatva a háborúkról, hadmozdulatokról, hadvezérek-ről olvasva kibomlik előttünk a magyar történelem. Végig követhetjük, hogyan vált Magyarország független középhatalomból hosszú évtizedekig két nagy birodalom közötti katonai határvidékké. A pusztulás általános volt: az ország három részre szakadt, a központi területek a folyamatos háborúskodás és a várharok során elnéptelenedtek. Császári zsoldosok, török seregek állomásoztak vagy vonultak fel a hadszíntérré vált országban. Végül a Buda 1686-os visszavételét követő másfél évtizedben a császári (és királyi) korona alatt újra egyesült az ország. Az események sorát a Rákóczi-szabadságharc zárja a kötet. A Mészáros Kálmán szerkesztette kiadványban, a rendkívül izgalmas és színes eseménytörténeten túl, a szerzők bemutatják a hadmozdulatok háttérét is: a haditechnika, a hadügy és a stratégiai környezet változásait, a Habsburg és az Oszmán Birodalom igazgatási rendszerét, az Erdélyi Fejedelemség berendezkedését. Nem hiányoznak a korabeli várépítéset vagy fegyvertörténetet feldolgozó fejezetek sem. A kutatóknak és érdeklődőknek egyaránt értékes hadtörténeti munka bibliográfiával, hely- és személynévmutatókkal segíti az olvasókat. (Sz. A.)



A Zrínyi Kiadónál megjelent, számos térképpel, metszettel, tárgyfotóval illusztrált kemény kötésű könyv terjedelme 612 oldal. 9900 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a Zrínyi Kiadótól 25%-os helyszíni kedvezménnyel. Cím: 1024 Budapest, Fillér utca 14., (tel.: 06 1-459-5373, e-mail: cinti@hmzrinyi.hu), illetve sok más kiadvány mellett kapható a Zrínyi Kiadó webshopjában is (<https://shop.hmzrinyi.hu/>).