

## AZ ELEKTROMOS MEGHAJTÁSÚ REPÜLÉS LEHETŐSÉGEI

Óvári Gyula<sup>1</sup>, Békési Bertold<sup>2</sup>, Fehér Krisztina<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi- és Honvédtisztviselői Kar  
Katonai Repülő Intézet Repülő Sárkány-hajtómű Tanszék, 5008 Szolnok, Kilián út 1.  
e-mail: ovari.gyula@uni-nke.hu, feher.krisztina@uni-nke.hu

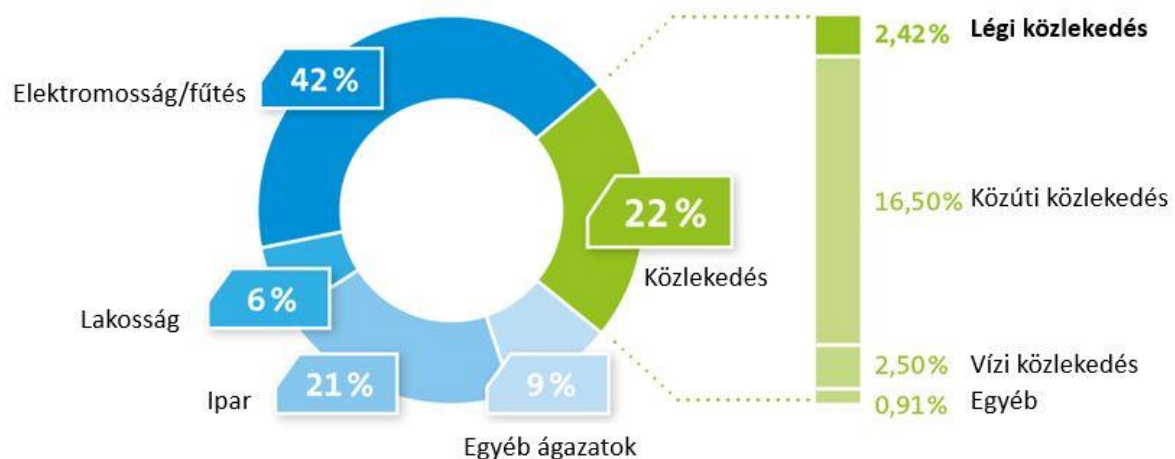
<sup>2</sup>Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi- és Honvédtisztviselői Kar  
Katonai Repülő Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék, 5008 Szolnok, Kilián út 1.  
e-mail: bekesi.bertold@uni-nke.hu

A légitrautózás is részese Földünk egyre növekvő légköri szennyezésének. Ennek mérséklésére különböző irányú fejlesztések folynak, melyek közül egyik az elektromos meghajtás. Energiaforrását tekintve több változata is számításba vehető, ezek közül néhány, a repülésben is alkalmazható, főbb jellemzőikkel, az alábbiakban kívánunk vázlatosan bemutatni.

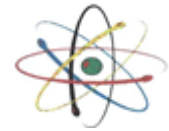
**Kulcsszavak:** elektromos meghajtás, hibrid, üzemanyagcella, napelem

### Bevezetés

Az éghajlatváltozás két-három évtizede döntően csak a mozifilmek kedvelt témája volt, különféle szakirodalmakban találkozhattunk ezzel a szóval, napjainkban azonban már az átlagember is szembesül az egyik tünetével, a szélsőségesebb időjárással. Legfontosabb kiváltó oknak a légköri széndioxid növekedést tartják, melynek a koncentrációja folyamatosan nő, mióta erre vonatkozólag méréseket végeznek, és néhány évvel ezelőtt már meg is haladta a – visszafordíthatatlansági küszöbértéknek tartott - 350 ppm-es határt. A CO<sub>2</sub> jelenlétét az atmoszférában főként az emberi tevékenység befolyásolja azzal, hogy fosszilis eredetű energiaforrásokat használ a mindennapokban, melyek eloszlását az 1. ábra jól mutatja.



1. ábra: CO<sub>2</sub> kibocsátás mértéke fosszilis üzemanyagok elégetése során (2011-es adat). [1]



Napjainkban a repülés emissziója „csupán” az emberi kibocsátás ~2%-áért felelős, ami a jelenlegi energiaszerkezet és a légiforgalom prognosztizált növekedése (IATA<sup>1</sup> szerint 3,5%/év [2]) mellett, az évszázad közepére meghaladhatja 3%-ot is. Ez valójában inkább 10% lesz, de elérheti akár a 20%-ot is, amennyiben a közlekedés más - döntően a hagyományos fosszilis energiahordozókat felhasználó - ágazatai (pl. közúti közlekedés) visszaszorulnak az elektromos meghajtás tömegessé válásával. Ezzel a repülés lehet a legnagyobb széndioxid-kibocsátó gazdasági ágazat az összes közül.

A légitársaságok károsanyag emissziójának csökkentésére több lehetőség is adódik: kevesebb tüzelőanyagot felhasználó és tökéletesebb égést biztosító hajtóművek [28], aerodinamikai szempontból kisebb légellenállású sárkányszerkezetek, illetve alternatív üzemanyagokat, megújuló energiákat felhasználó meghajtások alkalmazása. Az utóbbi csoporthoz tartozik az elektromos meghajtás, annak hibrid változatát (belsőégésű és elektromos motorok alkotta egységet) is beleértve, a Nap sugárzását felfogó napelemes, valamint az üzemanyagcellás megoldások.

### **A hibrid meghajtású repülőgépek**

Az alternatív tüzelőanyagokra és meghajtásokra történő teljes átállásáig, az átmeneti időszakban a légitársaságok fejlesztők, kutatók elsőként egy-egy hagyományos működésű hajtóművet cseréltek le elektromos üzeműre (főként nagygépes repülések esetében), illetve kiegészítő meghajtásként alkalmazták azokat. A Stemme vállalat S6-os repülőgépe is ilyen rendszerű. Repülése során, mikor a legnagyobb toló-, vonóerőre van szüksége (felszállás, emelkedés), mindkét meghajtását igénybe veszi, de elérve az utazó magasságot, már csak az elektromos motorja működik. A kisebb, új vállalkozások mellett megjelentek a nagy légitársaságok gyártó cégei is ez irányú fejlesztéseikkel, mint például az Airbus.

#### *E-Fan X repülőgép*

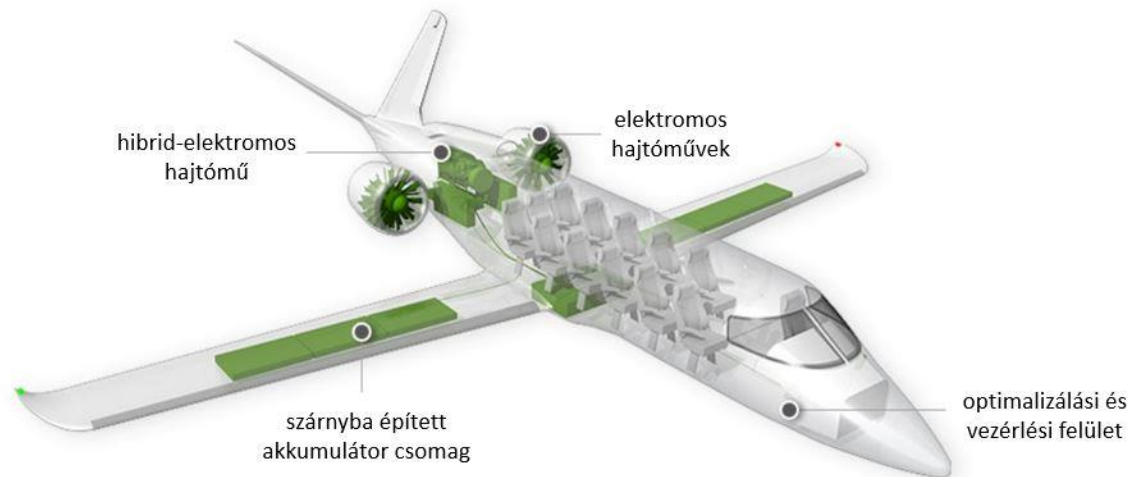
Három nagy vállalat az Airbus, a Siemens és a Rolls-Royce együttműködése során hozták létre az E-Fan X-et, melynek fejlesztését 2016-ban kezdték. Az Airbus biztosította a prototípus alapjául szolgáló BAe 146-os (jelenleg: British Aerospace RJ100) négy sugárhajtóműves repülőgépet, továbbá az elektromos motort kiszolgáló akkumulátorokat. A Siemens az egyik hajtóművet helyettesítő 2 MW-os (2700 LE-s) elektromos motorért, valamint annak áramelosztó rendszeréért, és a feszültség átalakítójáért (inverter) felelt, míg a Rolls-Royce az AE2100 gázturbinát és az elektromos motort összekötő 2 MW-os generátorért. Terveik szerint az alkatrészgyártást még 2019-ben befejezik, amelyet 2020-ban a földi, majd a repülési tesztek követnek. [3][4]

#### *Zunum repülőgép (2. ábra)*

Az amerikai Zunum Aero vállalat is olyan rövid és regionális távolságú repülésekre alkalmas légitársaság fejlesztésbe kezdett a Boeing és a JetBlue cégekkel együtt, mellyel a zajszint (75%-kal), károsanyag kibocsátás (80%-kal), illetve utazási idő és költségek (40-80%-kal) csökkenthetők. A prototípust olyanra fejlesztették, vezetékeltek, hogy bármikor át lehessen alakítani teljesen elektromos meghajtásúvá mechanikus megbontás nélkül. A gép törzsében 500 kW-os fedélzeti generátort építettek, mely Safran Ardiden 3Z elektromotorokat táplálja. A szárnyban elhelyezett akkumulátorok – a könnyebb ki- és beszerelhetőség miatt - moduláris kialakításúak.

<sup>1</sup> Nemzetközi Légi Szállítási Szövetség (International Air Transport Association – IATA)

A repülőgép 12 személyt szállíthat, hosszúsága 12,8 m, 15,9 m fesztávolságú és 5,5 m magas. A maximális sebessége 547 km/h, a későbbi típusok hatótávolsága meghaladhatja az 1130 km-t. Felszálláshoz 670 m, leszállásához 760 m úthossz szükséges, így rövidebb futópálya is elég, mint a hagyományos meghajtású repülőgépeknek. 2019-ben fejezi be a Zunum Aero vállalat a tesztrepüléseket, és a tervek szerint 2020-2021-ben kapja meg a repülőgép a légialkalmassági tanúsítványait. [5][6]



2. ábra: Zunum repülőgép főbb elektromos részei. [7]

## Üzemanyagcellával ellátott repülőgépek és UAV-k<sup>2</sup>

Az üzemanyagcella olyan energiaforrás, melyben fordított elektrolízis játszódik le, vagyis kémiai energiából elektromosságot állít elő, miközben hőt és vizet is termel. (Éppen ezért a NASA is szorgalmazta az üzemanyagcellák fejlesztését, hiszen a berendezés működése során elektromos árammal, és vízzel is el tudja látni az űrhajósokat.) Főbb részei: anód, katód, katalizátor, elektrolit. 40 és 60% között van a hatásfokuk, rendszerbe sorosan vagy párhuzamosan kötve növelhető összteljesítményük. Több típust is alkalmaznak a gyakorlatban, melyeket az elektrolit oldatuk fajtája, működési hőmérsékletük vagy üzemanyaguk különböztet meg egymástól. Az üzemanyagcellának több olyan tulajdonsága is van, melyek előnyösek a repülésben: tömegük és geometriai méreteik kicsi, így energiasűrűségük fajlagosan nagyobb, gravitációval, hőingadozással szemben érzéketlenek, üzemük halk és nem tartalmaznak mozgó alkatrészeket.

Az üzemanyagcellák működésük során nem juttatnak a környezetükbe olyan károsanyagokat mint a hagyományos tüzelőanyagok (nitrogén-oxidok, kén-dioxid, illetve lebegő részecskék), így akár környezetbarátnak is nevezhető (lenne). Viszont a hidrogén betáplálásúak vízgőzt bocsátanak ki magukból, amely a magasabb légrétegekben, ahol a légi járművek közlekednek, hozzájárul az üvegházhatáshoz. Ezenkívül, a működéshez szükséges hidrogén előállítása jelenleg döntő hányadában nem környezetbarát technológiákkal, fosszilis eredetű energiaforrások felhasználásával történik (pl. gőz-, katalitikus reformálás, elektrolízis) történik [27], ami így kizárja a H<sub>2</sub> környezetbarát besorolását.

Légi járműveknél is megkezdődött az üzemanyagcellák alkalmazása, illetve kapcsolódó kísérletek, fejlesztések, tesztelések történnek:

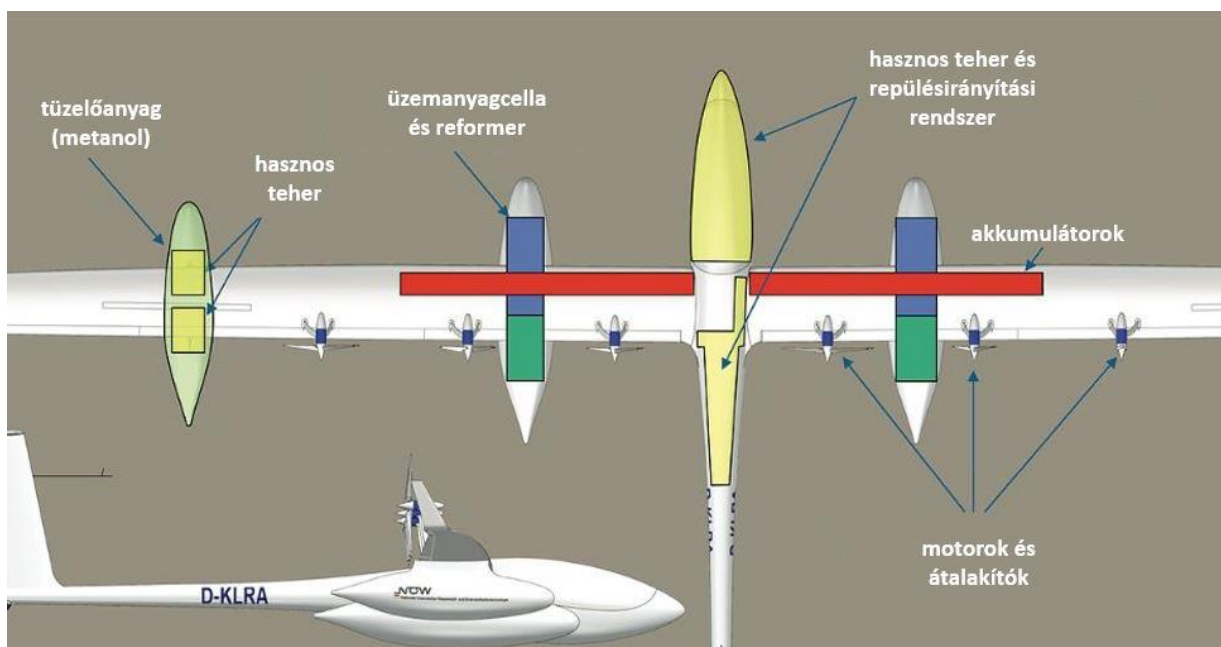
<sup>2</sup> Pilóta nélküli légi jármű (Unmanned Aerial Vehicles – UAV)

- 2003-ban a Fuel Cell Demonstrator projekt keretein belül a Boeing és a BR&TE (Boeing Research and Technology Europe) vállalat létrehozta a PEM típusú üzemanyagcellával és lítium-ion akkumulátorokkal felszerelt *Diamond HK36 Super Dimona* repülőgépet (a meghajtás összteljesítménye:  $\Sigma P = 45$  kW).
- 2006-ban a Torinói Műszaki Főiskola vezetésével az ENFICA-FC programban megalkották a *Rapid-200 FC* repülőgépet, melyet szintén PEM típusú üzemanyagcellával és lítium-ion akkumulátorokkal működtettek ( $\Sigma P = 40$  kW).
- 2015-ben a DLR<sup>3</sup> is fejlesztésbe kezdett a *HY4* repülőgéppel kapcsolatban, melynek érdekessége az ikertörzsű kialakítás. Meghajtását PEM típusú üzemanyagcella és lítium-ion akkumulátorok biztosítják ( $\Sigma P = 90$  kW).

A legkiterjedtebb, leghosszabb fejlesztést a Lange Aviation GmbH végezte el, mely során egymásra követő prototípusokat, repülőgép családot hozott létre Antares néven.

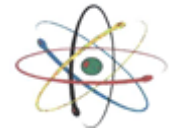
#### *Antares repülőgép család*

2008-ban mutatkozott be a német fejlesztésű repülőgép család első tagja az *Antares DLR-H2*, melyben részt vett, ahogy a nevében is szerepel, a DLR. Meghajtását hidrogén táplálású üzemanyagcella és lítium-ion akkumulátorok biztosították, motorjának teljesítménye 42 kW volt. 2009-ben befejezték a vele kapcsolatos teszteléseket, majd 2010-ben indult a *H3* projekt. A H2-höz képest növelték a feszávolságát, törzsének hosszát, így ezekkel együtt nagyobb lett a szerkezeti tömege is. Újításként magas hőmérsékleten működő (130-220 °C) 36 kW összteljesítményű PEM üzemanyagcellát és metanol reformert is elhelyeztek a szárny alá erősített négy gondolában, melyekkel 5400 km-et tudott megtenni, illetve folyamatosan 40 órát tartózkodhatott a levegőben. 2011-re tervezett tesztrepülését elhalasztották.



3. ábra: Az E2 meghajtási rendszerének elemei.[10]

<sup>3</sup> Német Légi- és Űrügyi Központ (Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt – DLR)



A további fejlesztések viszont nem álltak le, és a Lange Aviation 2018-ban az AERO kiállításon Friedrichshafenben, bemutatta legújabb projektjét, mely az *E2* nevet kapta (3. ábra). Az elődjéhez képest külső méretein nem változtattak, hajtásrendszerén viszont igen. Megtartották a H3-ból a metanol reformert, felszerelték 6 darab, egyenként 15 kW-os elektromos motorral, melyek a működésükhöz szükséges energiát a lítium-ion akkumulátorokból és a 6 darab 6,7 kW-os, párhuzamosan kapcsolt üzemanyagcellákból nyerik. Maximális hatótávolsága 5500 km, sebessége 250 km/h, hasznos terhelhetősége 200 kg. Pilótával a fedélzetén vagy UAV-ként is repülhet, több feladatra (határ-, környezetvédelem, ipari infrastruktúra felügyelet) is alkalmazható. [8][9][10]

A fenti példákból is látható, hogy a repülésben (is) egyre ígéretesebb fejlesztések folynak az üzemanyagcellák létrehozásával, illetve alkalmazásukkal kapcsolatosan. Nem csak motoros vitorlázó repülőgépek meghajtási rendszerébe építhetők be, hanem UAV-kban is használják (pl. Helios HP03, és az Ion Tiger).

#### *Helios HP03 és Ion Tiger UAV*

A HP03-as UAV prototípust az AeroVirement vállalat fejlesztette a NASA-nak. A repüléséhez szükséges energiát nappal a rugalmas szárnyának felső felületén elhelyezett napelemek, éjszaka a 18 kW összteljesítményű üzemanyagcellái biztosítják. Az utóbbi a működéséhez szükséges hidrogént a fedélzetén elhelyezett tartályból, míg az oxigén a légkörből nyerhető ki. A pillanatnyilag nem hasznosított többlet energiát lítium-ion akkumulátoraiban tárolta. Egyik tesztrepülése során 2001-ben sikerült elérnie a 29524 m-es repülési magasságot. [11]

Nem csak a polgári, hanem a katonai alkalmazása is megjelent az üzemanyagcellával működő UAV-eknek. Az egyik az Ion Tiger, melynek fejlesztési projektjét az Amerikai Haditengerészet Laboratóriumában kezdték meg 2003-ban. Tüzelőanyagtartályát és sárkányszerkezetét kompozitból állították elő, törzsébe 550 W névleges teljesítményű PEM típusú üzemanyagcellát helyeztek, melyet a tesztrepülések során először (2009-ben) gázalmazállapotú, későbbiekben cseppfolyós, nagy nyomású hidrogén táplált (2013-ban). Így, 48 órát volt képes folyamatosan a levegőben maradni. Üzemanyagcellás meghajtása miatt kevés zajt és hőt bocsát ki, mely kedvező, infra-felderítést gátló, lopakodó tulajdonság, továbbá felszerelhető kommunikációs kiegészítőkkel, infravörös, illetve egyéb típusú érzékelőkkel. [12]

#### **Napelemes repülőgépek**

A napelem, vagy másnéven fotovillamos (PV) elem, egy olyan eszköz, mely a Nap sugarait, mint elektromágneses sugárzást felfogja, és elektromos árammá alakítja át. Két fő csoportba sorolhatók: vékonyrétegű és kristályos (ezen belül: mono-, polikristályos). A XX. század második felétől már történtek próbálkozások, napelemmel ellátott modell repülőgépek repülésére, és nem váratott sokáig magára, hogy ugyanilyen energiaforrással, emberrel a fedélzetén vagy pilóta nélküli konstrukciók is a levegőbe emelkedjenek, mint a *Solar Challenger*, a *Sunseeker*, a *Sunseeker Duo*, az *Icaré II*, a *Zephyr* vagy a *Helios HP01*. Közülük kiemelkedik a *Solar Impulse 2*, mellyel körberepülték a Földet, illetve a legújabb fejlesztésű *Silent Falcon UAV*.

### *Solar Impulse 2*

A svájci illetőségű repülőgép 2014-ben emelkedett levegőbe. Fejlesztését a HB-SIA lajstromszámú Solar Impulse-szal kezdték 2006-ban. Szénszál erősítésű kompozit sárkányszerkezetén összesen 17248 darab napelemet helyeztek el (a szárny felső felületén, a törzsön, a függőleges és a vízszintes vezérsíkokon), összesen 269,5 m<sup>2</sup>-en. Négy darab 13 kW-os elektromos motorral, továbbá lítium-polimer akkumulátorokkal szerelték fel. Utóbbiak a szárny alatt, hőszigetelt gondolákban kaptak helyet. A meghajtás folyamatosan biztosítottak volt tekinthető, mivel az elektromos áramot vagy a napelemekből közvetlenül, vagy az akkumulátorokból nyerte, de akár egyszerre mindkettőt is használhatta. 71,9 m-es szárnyfeszítávolsága meghaladta a Boeing 747-ét. Mivel az előállított energiára szinte maradéktalanul a motorok meghajtásához volt szükséges, így a 3,8 m<sup>3</sup>-es, egyszemélyes repülőgépvezető-fülke robotpilótával, kondicionálóval és túlnyomásos rendszerrel nem volt felszerelhető, viszont helyet kapott benne egy ágygyá és toaletté alakítható ülés, mentőkonténer, illetve oxigénpalackok.

2015. március 9-én indult Föld körüli útjára, melyet 2016. július 23-án fejezett be. Ezalatt ~35000 km-et tett meg 16 szakaszra bontva, demonstrálva, hogy lehet kizárólag napelemek segítségével is repülni. [13]



4. ábra: A Solar impulse 2-n elhelyezett napelemek. [14]

### *Silent Falcon UAV*

A Bye Aerospace vállalat által fejlesztett Silent Falcon szénszál erősítésű kompozitból készült, 14,5 kg tömegű UAV. Nagy hatótávolságú, akár 100 km-et is megtehet. Indítása állványról, míg földetérése ejtőernyővel történik. Időjárástól függően 45-90 km/h-s repülési sebességet is elérhet, és öt órát is a levegőben tartózkodhat. Szárnyának feszítávolsága 4,4 m, melynek felső felületén helyezték el napelemeit. Ezek a törzsében lévő lítium-ion akkumulátorokhoz kapcsolódnak. Hasznos terhelhetősége 3 kg, melyet rendszerint környezetvédelmi, katasztrófaelhárítási, közbiztonsági, katonai feladatok ellátására is alkalmas különféle kamerák, érzékelők alkotnak. 2014 márciusában repült először, és 2018 júniusában az Amerikai Egyesült Államok Belügyminisztériuma által kiírt pályázat keretében a Bridger Aerospace és a Bye Aerospace vállalatoktól megrendelték a Silent Falcon-ok gyártását. [15]

## Teljesen elektromos meghajtású légi járművek

Kiseb zaj-, zéró károsanyag kibocsátás és egyelőre kis hatótávolság, rövid repülési idő jellemzi a tisztán elektromos árammal működő légi járműveket. A fejlesztők között vannak nagymúltú vállalatok és kisebb cégek, amelyek vagy már meglévő típusokat alakítanak át elektromossá (Sikorsky Firefly), vagy teljesen új koncepciót hoznak létre (Volocopter) együttműködve elektromotor és akkumulátor gyártókkal. Az előzőekben bemutatott valamennyi légi jármű merevszárnyú volt, azonban e a kategóriánál megkezdődött a helikopterek fejlesztése is.

### *Elektromos meghajtású helikopterek*

A Tier 1 Engineering egy használt *Robinson R44*-es helikoptert alakított át elektromos meghajtásúvá, iker kivitelű, háromfázisú állandó mágneses szinkron motorokat, valamint 500 kg össztömegű, 67 kW összteljesítményű lítium-ion akkumulátorokat alkalmazva.

A projekt 2016 januárjában indult, és 2017 decemberében Guinness-rekordot döntött, több, mint 22 percet folyamatosan repülve, ezalatt 56 km-es utat megtéve. A vállalat tovább folytatja a fejlesztéseit, célul tűzve ki, a legalább 150 perces, folyamatos repülési idő elérését. [16]

2010. július 19-én mutatta be a Sikorsky vállalat *Firefly* nevű elektromos helikopterét, melynek alapja az S300-C modell volt. Az átalakítás során 142 kW-os elektromos motort és 300 cellából álló lítium-ion akkumulátorokat építettek be, mely 15 perces repülési időt tett lehetővé, 146 km/h-s utazó sebességet elérve.

A vállalat további fejlesztések során, például két elektromos motort beépítve, külön kívánja meghajtani a forgószárnyat és a faroklégcsavart. [17]

Az előzőkkel ellentétben a német Volocopter GmbH teljesen új konstrukciójú elektromos helikopter családot hozott létre, melyek fő jellemzője, hogy pilótával és autonóm módon is képesek repülni. Az első prototípust, egy 18 forgószárnyas, együléses kísérleti konstrukciót, 2011-ben mutatták be (5. ábra). Ezután a Volocopter VC200-as következett, melyben már két ülést is elhelyeztek. A 18 forgószárnyat egyenként 3,9 kW teljesítményű motorok forgatták. Első tesztrepüléseit 2013-ban (pilóta nélkül) és 2016-ban (pilótával a fedélzetén) sikeresen teljesítette. A 2,9 m hosszúságú, 300 kg tömegű, 100 km/h maximális sebességű helikoptert pedálok nélkül, egyetlen joystick-kel irányították. A vállalat legújabb fejlesztése a Volocopter 2X (6. ábra). Csakúgy, mint elődjeinek, e típusnak is 18 forgószárnyát meghajtó motorjait lítium-ion akkumulátorok táplálják, ami maximum 27 perces folyamatos repülést tesz lehetővé 50 km/h-s sebességgel. Az akkumulátorai 20-120 perc alatt tölthetők fel, a töltő típusától függően. A modell Dubajban 2017-ben sikeres autonóm tesztrepülést hajtott végre. [18][19]



5. ábra: Volocopter első kísérleti helikoptere. [19]



6. ábra: Volocopter2X modell. [19]

### *Elektromos meghajtású merevszárnyú repülőgépek*

A Bye Aerospace vállalat nem csak napelemmel ellátott Silent Falcon UAV gyártója, hanem más elektromos repülőgépet is gyárt *Sun Flyer* néven. Ezt a programot 2014-ben indították el két típusváltozatra: a kétülékes (*Sun Flyer 2*) és a négyülékes (*Sun Flyer 4*) verzióra.

Az előbbi már 2018 tavaszán megszerezte légialkalmassági tanúsítványát az Szövetségi Légügyi Hivatalnál (Federal Aviation Administration – FAA), míg az utóbbinak jelenleg is folynak a földi tesztelések. A *Sun Flyer 2*-t Siemens SP70D motor (70 kW) hajtja meg, 6 darab lítium-ion akkumulátorról táplálva. 3,5 órát képes a levegőben tartózkodni, maximális sebessége 250 km/h, szerkezeti tömege 662 kg. 2019. február 8-án sikeres tesztrepülést hajtott végre.

A Spartan Műszaki és Repülési Főiskola 25 darab kétülékes és egy darab négyülékes repülőgépet már le is előlegezett a Bye Aerospace vállalatnál, továbbá teljes képzési tervet, tanmenetet állít össze e repülőgépek energiaforrásainak és sárkányszerkezetének oktatására. [20][21]

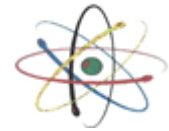
A Boeing Csoport is létrehozta a saját két- és négyülékes elektromos meghajtású repülőgépét E-Fan 2.0, illetve E-fan 4.0 néven. Első tesztrepülésére 2014 áprilisában került sor, míg 2015. július 9-én, 37 perc alatt átrepülte a La Manche csatornát Lydd és Calais között. Két, egyenként 30 kW-os elektromos motorját a szárnyban elhelyezett 120 darab lítium ion akkumulátor táplálja. Utazó sebessége 160 km/h és közel egy órát képes a levegőben tartózkodni. A könnyebb felszállás érdekében a főfutót is ellátták egy 6 kW-os elektromos motorral. A Boeing a 2.0-t főként pilóta képzésre, míg a 4.0-t a későbbiekben rövidtávú személyszállításra ajánlja. [22]



7. ábra: eFusion az első tesztrepülésén. [23]

Magyar fejlesztésű elektromos repülőgép is készült eFusion néven (7. ábra), melyet a Magnus Aircraft (kompozit sárkányszerkezet) és a Siemens (elektromos meghajtás) vállalatok közösen hoztak létre. A prototípus alapja a Fusion 212 kétülékes, oktató és sportrepülőgép. A 2014-ben kezdődött projekt prototípusának első tesztrepülése, 2016. április 11-én történt, sikeresen. Ugyanebben az évben a németországi Aero kiállításon megkapta az eFlight 2016 európai innovációs díjat. Fesztávolsága 8,44 m, szerkezeti tömege 410 kg.





Nyolc darab akkumulátorra egy Siemens SP55D típusú, 60 kW-os elektromos motort hajt meg, mellyel ~20 percet tartózkodhat a levegőben. 2017-ben egy másik eFusiont is gyártottak, amely az előzőtől annyiban különbözik, hogy Siemens SP45-ös hajtáslánccal szerelték fel. [23][24]

#### *Puma AE (All Environment) UAV*

Az AeroVirement vállalat által gyártott Puma AE alapvetően elektromos meghajtású. Energiaforrásként lítium-ion akkumulátorokat használ, de úgy fejlesztették ki, hogy „Plug and Play” rendszerének köszönhetően napelemekkel és üzemanyagcellával is fel lehessen szerelni, így növelve 20 km-es hatótávolságát. Méreteiből adódóan kézből és katapulttal egyaránt indítható (hossza 1,4 m, szárnyfeszítávolsága 2,8 m, tömege 6,3 kg).

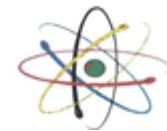
Autonóm módon, illetve távirányítással is repülhet. GPS-szel, kamerával (infravörös, elektrooptikai) felszerelt, de további kiegészítőkkel szintén bővíthető, így hírszerzési, felderítési, felügyeleti feladatok ellátására is alkalmazható. A Puma rekordot döntött 2008. március 7-én: több mint 9 órát tartózkodott a levegőben akkumulátorai és üzemanyagcellái segítségével. [25][26][27]

### **Összefoglalás**

Az igen alacsony zajszintű, elektromos meghajtású légi járműveknek nincs érdemi szennyezőanyag kibocsátása. Jelenlegi hatótávolságuk, repülési idejük jóval kevesebb a fosszilis eredetű tüzelőanyagokat alkalmazó gyártmányokhoz képest. Fejlesztések egyelőre a kisgépes kategóriában (kiképző, oktató, sport repülőgépek, UAV-k) valósulnak meg, hiszen fő korlátja e meghajtási módnak a légi járművekbe szerelt akkumulátorok. Ahhoz, hogy nagy személy-, illetve teherszállító légi járművek is elektromos üzeműek lehessenek, fontos az energiatároló berendezések további fejlesztése, mely során teljesítményüket, energiasűrűségüket érdemben növelni szükséges, mivel nem járható út a darabszámuk növelése. További fontos szempont az akkumulátorok töltési idejének csökkentése és/vagy kapacitáscsökkenésüket figyelembevevő cserélhetőségük megoldása.

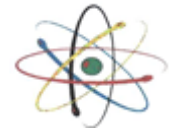
Utóbbi azért fontos, mert az újratöltések számának növelésével és az előírtaktól eltérő környezeti vagy tárolási hőmérséklet miatt, élettartamuk, kapacitásuk fokozatosan csökken, rendszerint 6-7 év elteltével le is kell selejtezni azokat, semlegesítésre vagy újrahasznosításra szorulnak. Ezekon felül pedig biztonságos üzeműnek kell lenniük, erőteljes hő- vagy mechanikai hatásra sem gyulladhatnak ki és/vagy robbanhatnak. Ha ezeket a felmerült problémákat sikerül megoldaniuk az akkumulátorgyártó cégeknek, továbbá egyéb területeken (meghajtási rendszer, sárkányszerkezet anyaga, stb.) is további eredményes fejlesztéseket megvalósulnak, akkor minden technikai akadály elhárulhat, hogy tömegesen megjelenjen az elektromos meghajtás a nagygépes személy- és teherszállításban a civil, illetve a katonai szférában egyaránt. Ennek további elengedhetetlen követelményei még:

- az új technológiákhoz, metodikákhoz kapcsolódó kockázatok megjelenésének és hatásának [28][29]
- e légi járművek javító, karbantartó szervezetei létrehozása feltételrendszerének [30];
- UAV változatok légi üzemeltetését végző operátor állománya repülőegészségügyi feltételrendszerének [31];
- az ezekkel végzett műveletek humán tényezőinek repülésbiztonsági [32] és repülésirányítási [33] szempontú, körültekintő, komplex vizsgálata és hatékony megoldásuk átfogó kimunkálása.



## Felhasznált irodalom

1. CO<sub>2</sub> emission from burning fossil fuels. *Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft honlap*. [https://www.bdl.aero/download/1350/bdl\\_ee2014\\_eng\\_s6\\_2.png](https://www.bdl.aero/download/1350/bdl_ee2014_eng_s6_2.png) (letöltve: 2017. 09. 28.)
2. KÖRTVÉLYES T.: IATA: 20 év alatt 8,2 milliárdra nő a légi utasforgalom. *AIRportal.hu*, 2018. 10. 24. <https://airportal.hu/iata-20-ev-alatt-82-milliardra-no-a-legi-utasforgalom/> (letöltve: 2019. 02. 27.)
3. ROBINSON, T.: How E-Fan X will jump-start a new era in hybrid-electric flight. *Royal Aeronautical Society honlapja*, 1 December 2017., <https://www.aerosociety.com/news/how-e-fan-x-will-jump-start-a-new-era-in-hybrid-electric-flight/> (letöltve: 2019. 03. 03.)
4. The future is electric. *Airbus honlapja*, 17 July 2018., <https://www.airbus.com/innovation/The-future-is-electric.html> (letöltve: 2019. 03. 03.)
5. *Zunum Aero vállalat honlapja*. <https://zunum.aero/> (letöltve: 2019. 03. 05.)
6. Zunum Aero Hybrid Electric Aircraft. *Aerospace Technology*, <https://www.aerospace-technology.com/projects/zunum-aero-hybrid-electric-aircraft/> (letöltve: 2019. 03. 05.)
7. Regional hibrid aircraft. *Zunum Aero vállalat honlapja*, [https://zunum.aero/wp-content/uploads/2017/09/Regional\\_Hybrid\\_Aircraft\\_2-5.jpg](https://zunum.aero/wp-content/uploads/2017/09/Regional_Hybrid_Aircraft_2-5.jpg) (letöltve: 2019. 03. 05.)
8. Entwicklung für die forschung – Forschung für die entwicklung. *Lange Aviation honlapja*, <http://www.lange-aviation.com/de/produkte/andere-produkte/forschungsflugzeuge/> (letöltve: 2016. 04. 20.)
9. Antares H3 – Aircraft with modular fuel cell drive. *NOW GmbH honlapja*, <https://www.now-gmbh.de/en/national-innovation-programme/projektfinder/verkehr/antares-h3> (letöltve: 2019. 03. 16.)
10. Antares E2. *Lange Research honlapja*, <https://www.lange-research.com/> (letöltve: 2019. 03. 16.)
11. NASA's Helios HP-03 high-altitude drone and its fuel cell. *Catalytic Engineering honlap*, April 3, 2015, <http://www.catalyticengineering.com/regenerative-pem-fuel-cell-and-high-altitude-drones/> (letöltve: 2016. 04. 29.)
12. SWIDER-LIONS, K., STROMAN, R. O., et al.: The Ion Tiger Fuel Cell Unmanned Air Vehicle. *ResearchGate*, January 2010, [https://www.researchgate.net/publication/264543084\\_The\\_Ion\\_Tiger\\_Fuel\\_Cell\\_Unmanned\\_Air\\_Vehicle](https://www.researchgate.net/publication/264543084_The_Ion_Tiger_Fuel_Cell_Unmanned_Air_Vehicle) (letöltve: 2019. 03. 17.)
13. KAVAS L., ÓVÁRI GY., ROZOVICSNÉ FEHÉR K.: Solar Impulse. *Repüléstudományi Közlemények*, XXVII. 1. (2015), 30-40. [http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015\\_1/2015-1-03-0184-Kavas\\_L-Ovari\\_Gy-R\\_Feher\\_K.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_1/2015-1-03-0184-Kavas_L-Ovari_Gy-R_Feher_K.pdf) (letöltve: 2015. 04. 20.)
14. Solar Impulse 2. *Solar Impulse Foundation honlapja*, <http://www.solarimpulse.com/en/our-adventure/solar-impulse-2/#.VNIGIuZMwns> (letöltve: 2015. 02. 20.)
15. *Silent Falcon UAV honlapja*. <http://www.silentfalconuas.com/> (letöltve: 2019. 03. 06.)
16. ZART, N.: Electric Helicopters Are Coming — New Guinness World Record For Farthest Flight. *Clean Technica*, January 26th, 2019, <https://cleantechnica.com/2019/01/26/electric-helicopters-are-coming-new-guinness-world-record-for-farthest-flight/> (letöltve: 2019. 03. 25.)
17. MCKEEGAN, N.: Project Firefly: Sikorsky unveils electric helicopter technology demonstrator. *New Atlas*, August 10th, 2010, <https://newatlas.com/sikorsky-project-firefly/15993/> (letöltve: 2019. 03. 25.)
18. VARGA, S.: Volocopter pilóta nélküli légi taxi első utasa a világon az Intel vezére volt. *Repülni jó*, 2018-01-10, <http://www.repulnijo.hu/volocopter-pilota-nelkuli-legi-taxi-első-utasa/> (letöltve: 2019. 03. 25.)
19. *Volocopter GmbH honlap*, <https://www.volocopter.com/en/> (letöltve: 2019. 03. 25.)
20. SIGLER, D.: Sun Flyer 2 to be Powered by Siemens Motor. *Sustainable Skies*, 06/06/2018. <http://sustainable skies.org/sun-flyer-2-to-be-powered-by-siemens-motor/> (letöltve: 2019. 03. 19.)
21. EPS Providing Electric Batteries for Bye Aerospace “Sun Flyer”. *Electric Power Systems honlapja*, March 20, 2018, <http://ep-sys.net/wp-content/uploads/2018/03/Bye-Aerospace-EPS-Press-Release.pdf> (letöltve: 2019. 03. 19.)
22. Airbus E-Fan. *All-Aero honlapja*, <http://all-aero.com/index.php/44-planes-a-b-c/16601-airbus-e-fan> (letöltve: 2019. 03. 24.)
23. Magnus eFusion Light Sport Aircraft. *Aerospace Technology*, <https://www.aerospace-technology.com/projects/magnus-efusion-light-sport-aircraft/> (letöltve: 2019. 03. 23.)
24. *Magnus Aircraft Zrt. honlapja*, <https://www.magnusaircraft.com/hu> (letöltve: 2019. 03. 23.)
25. MCKEEGAN, N.: AeroViroment’s hibrid fuel cell UAV sets flight record. *Gizmag*. March 6., 2008., <http://www.gizmag.com/aerovironment-puma-hybrid-fuel-cell-uav-flight-record/8948/> (letöl: 2016. 05. 02.)
26. UAS: RQ-20B Puma™ AE. *AeroViroment honlapja*, <https://www.avinc.com/uas/view/puma> (letöltve: 2019. 03. 24.)
27. BÉKÉSI B., JUHÁSZ M.: Pilóta nélküli légijárművek energia forrásai. *Economica* (Szolnok), 2014/1, pp. 92–100.
28. VARGA B., BÉKÉSI L.: "Tényleg nem a méret számít?", avagy hogyan bünteti a kis méret a helikopter "turboshaft" hajtóműveket REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK 2014/2 pp. 81-93.



29. SZEGEDI P.: Az új technológiákhoz, metodikákhoz kapcsolódó kockázatok megjelenése a katonai szervezetekben *Hadtudomány: a Magyar Hadtudományi Társaság Folyóirata* 28:2 pp. 56-67. 12 p. (2018)
30. KAVAS L.: Légijármű karbantartó szervezet egy tipikus, többszemponútú döntésméleti problémájának elvi megoldása *Repülőműszaki üzembentartó szervezetek működésével, fejlesztésével kapcsolatban. Tanulmánykötet* 82 p. Szeged: Magánkiadás, 2016. pp. 5-17. (ISBN:978-963-12-5621-5)
31. SZABÓ S. A., HORNYIK J.: UAV (pilóta nélküli légijármű) műveletek repülőegészségügyi feltételrendszerének biztosítása. *REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK* 2013/1. pp. 61-77.
32. SZABÓ S. A.: UAV (Pilóta nélküli légijármű) műveletek humán tényezőinek elemzése repülésbiztonsági szempontból. *REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK* 2013/2. pp. 482-497.
33. BÉKÉSI B., HALÁSZNÉ TÓTH A., PALIK M., VAS T.: Aviation Safety Aspects of the Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) In: László, Nádai; József, Padányi (szerk.) *Critical Infrastructure Protection Research: Results of the First Critical Infrastructure Protection Research Project in Hungary*, Zürich, Svájc: Springer International Publishing, (2016) pp. 113-121. 9 p