

Rozovicsné Fehér Krisztina

Korszerű eljárások a légijárművek energia-takarékos és környezetkímélő üzemeltetésének javítására

Krisztina Rozovicsné Fehér

Modern Procedures for the Improvement of the Energy Efficient and Environmentally Sensitive Operation of Aerial Vehicles

Összefoglalás

A légi közlekedés töretlen fejlődése közvetlen hatással van a repülőterek környezetére. Az évről-évre folyamatosan növekvő légiutas forgalom növeli a légi járatok számát. A technológiák fejlődése lehetővé tette a légijárművek méretének, teljesítményének, - ezzel az egyszerre szállítható hasznos tömeg - növelését is. Mindezek eredményeként több tüzelőanyag felhasználása (elégetése) szükséges, így több károsanyag is kerül a levegőbe. Ráadásul ez nem csak repülés közben a levegőben, hanem a repülőterek üzemeltetése során is, fokozatosan növekvő mértékben jelentkezik. Néhány újítással, műszaki fejlesztéssel nemcsak környezetkímélőbbé tehetők a légi kikötők, hanem üzemeltetési költségeik is csökkenthetők. Ennek a megújuló energiaforrások alkalmazása, valamint a repülőgépek saját hajtóműveik nélküli repülőtéri mozgásának egyes lehetőségeit kívánom az alábbiakban bemutatni.

Kulcsszavak: légijármű, üzemeltetés, környezetbarát, gazdaságos, alternatív üzemanyag

Summary

The undiminished development of air traffic has a direct effect on the environment of airports. Year in year out the continuously growing passenger traffic has increased the number air flights. The technological development has made it possible to increase the size and performance, - and with it the transportation of heavier payload - of aircraft. Of course, it has necessarily resulted in more fuel use (burnt fuel) emitting more pollutants into the atmosphere. In addition this effect appears not only during the high altitude flying polluting the high atmosphere, but due to the today very busy and the continuously increasing ground aircraft motion (taxiing) contaminating the close surroundings of the airport. With some innovation and technological development we can make the airports not only more environmentally friendly but also cost effective. In this paper I would like to introduce the possible use of renewable energy sources and the ground movement of aircraft without their own engines.

Keywords: aerial vehicle, operation, environmentally friendly, economical, alternative fuel

„Az üzemeltetés mindig valamilyen – emberek, előírások és eszközök alkotta – összetett rendszerben valósul meg.” [1] Légijárművek üzemeltetése komplex tevékenységforma, melyet a 21/1998. "Az állami légijárművek nyilvántartásáról, gyártásáról és javításáról, valamint a típus- és légialkalmasság-ról" szóló, (XII. 21.) HM rendelet szabályoz [2].

E szerint, az „**üzemeltetés**: a légijárműnek a légi közlekedésre történő előkészítése és használata”, melynek alapvető elemei: az *üzemvitel* és az *üzemállapot*, illetve e két fogalom között fennálló kapcsolatok összessége. Az üzemvitel összetevői: az *üzembentartás* és a *légi üzemeltetés* [3], melyek mindegyike meghatározóan befolyásolja a repülőterek és közvetlen környezetük állapotát. Ez, valamint az emelkedő üzemanyagárak úgy a civil, mint a katonai üzembentartókra is nagy terheket rónak.

„A légierő hatékonyságát két, jelentősen különböző módon lehet növelni. Ezek közül az egyik a repülőeszközök mennyiségi mutatóinak növelésével a minőségi mutatók változatlan hagyásával, a másik ennek szöges ellentéte a minőségi mutatók emelése a mennyiségi mutatók változatlan hagyása mellett.” [4] Belátható, hogy a mennyiségi mutatók növelése nem járható út, így maradnak a minőségi változtatások. Utóbbinak - egyebek mellett - alapvető célja az üzemeltetési költségek csökkentése és ezzel egyidejűleg, illetve ennek részeként is, környezetkímélőbb megoldások kimunkálása és alkalmazása.

Az alábbiakban a repülőeszközök takarékosabb működtetésére alkalmazható főbb alternatív üzemanyagokat és műszaki megoldásokat, a hajtóművek üzemanyag-fogyasztása és az általuk okozott környezeti terhelés csökkentésének lehetséges módszereit és eszközeit kívánom áttekinteni.

ALTERNATÍV MEGOLDÁSOK, TECHNOLÓGIÁK

Jelenleg számos kutatás és kísérlet vizsgálja, miként függetleníthető fokozatosan a közlekedés a környezetszennyező és egyre dráguló fosszilis energiahordozóktól. E fejlesztésekben a világ jelentősebb repülőgép és helikoptergyártói (Airbus, Russian Helicopters – Mil, Shikorsky, stb.) mellett, kisebb vállalatok és csoportok (Lange Aviation GmbH, Solar Impulse svájci fejlesztői, stb.) is bekapcsolódtak. Jelenleg két megoldás mutatkozik életképesnek a légijárművek gazdaságos és környezetkímélő üzemeltetésére: vagy a régi konstrukciók szükséges berendezéseit alakítják át, vagy újakat hoznak létre.

Kriogén (cseppfolyósított) gázok alkalmazása

Földgáz kitermelés melléktermékeként megjelenő un. paraffin-szénhidrogének (általános képletük: C_nH_{2n+2}) közül sorban az első hat cseppfolyós állapotba hozható, és ezekből a metán, etán, propán, bután, hexán - illetve a fenti képletbe nem beilleszthető hidrogén - a légijárművek belsőégésű hajtóműveiben üzemanyagként alkalmazható. Utóbbi (H_2) kedvező sajátossága, hogy vízből szinte korlátlan mennyiségben kinyerhető, illetve üzemanyagként elégetve nem széndioxid és NO_x , hanem víz keletkezik belőle (bár nagy repülési magasságokban a kibocsátott vízgőz is hozzájárul az üvegházhatás erősödéséhez!) [5].

A felsorolt kriogén gázok alkalmazásával kapcsolatban több gond is jelentkezett (pl. alacsony olvadás- és forráspont). Ezen kívül előállításuk és cseppfolyósított állapotba hozásuk és tartásuk napjainkban még költséges, továbbá a jelenleg használatos hajtóművek sem képesek közvetlenül üzemanyagként történő felhasználásukra, ehhez kisebb-nagyobb átalakítások szükségesek.

Ez az üzemanyagrendszer valamennyi szerkezeti elemére is vonatkozik, sőt a repülőtéri kiszolgáló infrastruktúrát (tárolás, tisztítás, szállítás, feltöltés) nagymérvű átalakítása is elkerülhetetlen. Mindezek költségvonzata is számottevő. A felsoroltak a tudomány és technológiák fejlődésével később várhatóan kiküszöbölhetőek.

Természetesen folyamatosan tesztelik a kriogén gázok üzemanyagként történő felhasználását a légijárművekben. Ilyen fejlesztés eredménye a Mi8-MTG helikopter (1. ábra) létrehozása is, amelynek e gázokkal történő üzemeltetésének hatására 2%-kal csökkent az üzemanyag-fogyasztása órára is illetve kilométerekre lebontva is (1. táblázat).

1. ábra: Mi-8 MTG helikopter¹



A helikopterekkel párhuzamosan természetesen ez irányban a merevszárnyú repülőgépeket is folyamatosan fejlesztik és tesztelik /pl. az IL-114 (2. ábra) és a Tu-156/.

¹ forrás: Dr. Óvári Gyula: Öreg helikopter nem vén helikopter, a Mi-8-as helikopter – Magyarország számára is számításba vehető – modernizációs lehetősége, MTA DAB Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2014 konferencia kiadványa, pp. 1-15., url: http://store1.digitalcity.eu.com/store/clients/release/mtekmr_2014.pdf

Elektromos meghajtás

Jelenleg a repülőeszközök elektromos meghajtásához szükséges energia ellátás biztosítására 2(+1) módszere áll a figyelem és a fejlesztés középpontjában:

- napelemek;
- üzemanyagcella;
- hibrid meghajtás (döntően addig, míg az előző kettő a kívánt hatékonyságot és megbízhatóságot el nem éri!).

A napelem egy olyan eszköz, amely segítségével elektromágneses sugárzásból villamos energia hozható létre. Jelenleg már olyan fejlettségi szinten vannak ezek az elemek, hogy elegendő működésükhöz a természetes, vagy mesterséges fény, nem szükséges a közvetlenül a Napé. Gyártási technológiájukat tekintve mono-, illetve a polikristályos megoldásúak léteznek. Légijárműveknél egyelőre csak a repülőgépekre terveznek elhelyezni napelemeket, a helikoptereknél - hely hiányában - nem. Főként a monokristályos változatot használják, mivel nagyobb teljesítményt képes leadni.

Az első napelemes repülőgép, amelyet pilóta vezetett a Solar Challenger (1981-ben sikeresen repülte át az Angliát Franciaországgal összekötő csatornát). A fejlesztések folyamatosak voltak, és egyre több repülőgép készült és emelkedett levegőbe, mint például a Sunseeker (továbbfejlesztett változata: Sunseeker Duo), Icaré II, Solar Impulse illetve az UAV-k (Unmanned Aerial Vehicle - pilóta nélküli repülőgépek) csoportjába tartozó Helios (3. ábra) és Zephyr prototípusai [8].

1. táblázat A MI-8MT és MI-8MTG repülési teszteredményeinek összehasonlítása [6]

No	Vizsgált jellemző	MI-8MT bázis	MI-8MTG gáz üzemanyaggal			MI-8MT +260 kg kerozinnal
			L=const (640 km)	G _{terh} =const (1550 kg)	teljes feltöltés	
1.	m _{norm, felszálló} [kg]	11100	11130	11130	11130	11100
2.	m _{üres} [kg]	7523	7683	7683	7683	7623
3.	m _{üza, felszálló} [kg]	2027	1988	1897	2241	2287
	- kifogyasztó tartály:	345	345	345	345	345
	- főtartály:	1682	1643	1552	1896	1682
	- póttartály:	-	-	-	-	260
4.	Üza. fogyasztás [kg] H=const esetén	1682	1651	1560	1904	1941
5.	Óránkénti üzemanyag fogyasztás [kg/ó]	605	593	593	593	605
6.	Kilométerenkénti üza. fogyasztás [kg/km]	2,63	2,58	2,58	2,58	2,63
7.	Utazó sebesség [km/ó]	230	230	230	230	230
8.	H _{max, stat} [km]	4	4	4	4	4
9.	Hasznos terhelés [kg]	1550	1495	1550	1206	1191
10.	Repülési távolság [km]	640	640	605	738	738

2. ábra IL-114 repülőgép



forrás: Wikipedia, url: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Ilyushin_IL_114_at_the_MAKS-2009_%2801%29.jpg

3. ábra Helios repülőgép



forrás: Tillman: Helios Prototype flying wing, http://en.wikipedia.org/wiki/NASA_Helios#mediaviewer/File:Helios_Prototype_flying_wing.jpg

4. ábra Solar Impulse 2 repülőgép



forrás: <http://www.hkik.hu/media/40000/42395-solar-impulse-glides-over-012.jpg>

Mindközül kiemelkedik a Solar Impulse (prototípus) illetve a Solar Impulse 2 repülőgép (4. ábra) a bennük felhasznált csúcstechnológiák, valamint fejlesztések miatt.

Az utóbbival azt tervezték, hogy 2015-ben, hogy úgy körbepüljék Földet ~500 óra alatt (felváltva Bertrand Piccard és André Borschberg), közben több előre kijelölt városban is leszállnak. Jelenleg Hawaii szigetén tartózkodnak, és nagy valószínűséggel nem is folytatják 2015-ben útjukat a megsérült akkumulátorok és a nem megfelelő időjárás miatt.

A Solar Impulse 2 repülőgép szárnyán, - amelynek fesztávolsága megegyezik egy Boeing 747-ével - illetve a törzsén és a vezérsíkjain összesen 270 m² felületen, 17.248 db napelemet helyeztek el (4. ábra). Ezek, a gondolatokban található akkumulátorokat töltik, vagy közvetlenül villamos árammal látják el a négy darab, 13 kW-os teljesítményű motort, melyek akár 140 km/h-t maximális repülési sebesség elérését is biztosíthatják (8500 m-en) [9].

A napelemes repülőgépek közül ez az egyik legfejlettebb változata, ugyan nem bocsát ki

magából szennyező anyagot, de technikailag neuralgikus pontja változatlanul az akkumulátora, mely gátolja széleskörű felhasználhatóságát, mivel:

- a jelenleg rendelkezésünkre álló, legnagyobb fajlagos teljesítményűek egységnyi tömegre jutó energiataralma töredéke a kerozinénak;
- megbízhatóságuk még számottevően nagy kívánivalót maga után;
- feltöltésük, különösen teljesen lemerült állapotban, akár külső eszközzel, akár napfény segítségével hosszadalmas;

Fentiekén kívül, a rendkívül nagy felületű, alacsony szerkezeti tömegű repülőgép alkalmazhatósága nagymértékben függ az időjárási viszonyoktól.

A másik lehetőség, amellyel elektromos motort meghajtható, az üzemanyagcella által előállított energia. Ez egy katódból, anódból, katalizátorból és elektrolitból álló olyan szerkezet, amelyben vegyi reakciók által villamos áram jön létre egészen addig, amíg üzemanyag található benne. E a technológiával sem keletkezik káros anyag, és további jó

tulajdonságai miatt, mint például megbízhatóság, érzéketlenség a hőingadozásokra, kis tömeg és kiterjedés kedvezőbb az akkumulátornál. A NASA még az Apollo program keretein belül kezdte el az üzemanyagcellák fejlesztését az űreszközökhöz [10].

2008 májusában adta hírül a Boeing Vállalat, hogy három sikeres tesztrepüléseket végeztek a Diamond Aircraft Industries-vel közösen gyártott repülőgéppel (5. ábra). Felszálláshoz a 16,3 m fesztávú légitjármű, PEM (Proton Exchange Membrane) üzemanyagcellát és lítium-ion akkumulátoros hibrid energiaforrást használ és a repülés során elérheti a 100 km/h-s repülési sebességet, csak az üzemanyagcelláit használva is [11].

5. ábra Boeing FCD (Fuel Cell Demonstrator) projektjéhez használt repülőgép



forrás: Wikipedia, url:

https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_aircraft#/media/File:Boeing_Fuel_Cell_Demonstrator_AB1.JPG

Más gyártók is építettek üzemanyagcellával működő repülőgépet. Ilyen pl. a Lange Aviation GmbH, amely saját bevallása szerint is új ezen a szakterületen. A náluk dolgozó mérnökök alkották meg az Antares repülőgép családot (pl. 20E (6. ábra) és 18S/T, H2/H3).

6. ábra Antares 20E



forrás: Lange Aviation GmbH hivatalos honlapja, url: http://www.lange-aviation.com/htm/english/media/gallery_20E_03.html

Legújabb fejlesztésük a H3-as modell prototípusa, mely 32 kW-os elektromotorjai meghajtásához áramforrásként kizárólag hidrogénnel és oxigénnel működő üzemanyagcellát használ. Így, ez a légitjármű bár CO₂ kibocsátás mentes, de környezetbarátnak csak akkor tekinthető, ha az általa használt hidrogént is megújuló energiaforrások segítségével állítják elő. A többi Antares típusjelű repülőgéppel együtt lényegesen alacsonyabb zajszintje, mint a hagyományos repülőgépeké. A H3 további műszaki jellemzői: a 23 m-es szárnyfesztávolság, 750 kg felszálló tömeg, mellyel maximálisan 250 km/h sebesség, valamint 6000 km hatótávolság is elérhető [12].

Bár az üzemanyagcella több évtizedes találmány, mégsem terjedt el egyelőre a közlekedésben, mivel az általa leadott teljesítmény és súly-arány az akkumulátorénál ugyan kedvezőbb, de még mindig elmarad a hagyományos üzemanyagétól. További probléma, hogy jelenleg a nagymennyiségű hidrogén ipari előállításához szükséges, jelentős mennyiségű energia gazdaságosan csak környezetszennyező technológiákkal biztosítható.

Bio- és szintetikus üzemanyagok

A *bio-* és *szintetikus* üzemanyagok kutatása évek óta egymással párhuzamosan, összefonódva történik.

A *szintetikus üzemanyagok* halmazállapota legtöbbször égetésre alkalmas folyékony, (néha gáznemű), melyeket szénből, kőszénből, földgázból, vagy akár biomasszából, különböző eljárásokkal állítanak elő. Az első szintetikus üzemanyagot Németország készítette szénből még a második világháború előtt, de a fejlesztésnek kényszerlökést az 1944-es év adott, mikorra is a visszavonuló német csapatok sorozatban veszítették el a korábbi meghódított kőolaj és földgáz lelőhelyeik nagy részét [13]. Környezetvédelmi szempontból azért kedvező használatuk, mert égésük sokkal tisztább, mint a hagyományos üzemanyagoké, így kevesebb károsanyag kerül a levegőbe alkalmazásuk során.

Több szintetikus üzemanyag fajta létezik., melyek közül néhány fontosabb alapvető sajátosságai az alábbiakból ismerhető meg:

- A **GTL** (Gas to Liquid) földgáz alapú üzemanyag, melyet az USAF 2007-ben egy Boeing B-52-es repülőgépen használta először. Ezt követte 2008. február 1-jén egy Airbus A380 repülőgép, három órás tesztrepülésen próbált ki sikeresen (60/40) százalék arányú kerozin-GTL keveréket. Kedvező, hogy a gázturbinás hajtóművet ehhez a tüzelőanyaghoz már nem kellett átalakítani.
- A **CTL** (Coal to Liquids) szén alapú, emiatt megfizethető árú és elérhető, kénmentes, alacsony nitrogén-oxid kibocsátású alapanyag. A szállítástól a vegyiparig széles körben felhasználható, az Amerikai Légierő is előirányzata szerint 2025-re a repülés során felhasznált üzemanyagok 70%-a CTL lesz.

- A **BTL** (Biomass to Liquids) biomasszából előállított, cseppfolyósított üzemanyag. Két alapvető fajtája ismeretes, attól függően, hogy milyen alapanyagot használnak fel gyártásához. A magas cukor-, cellulóz-, vagy keményítő tartalmú növényekből bioetanol, a magas olajtartalmú növényekből biodízel készül. A British Airways 2017-re tervezi egy olyan üzem felállítását, ahol a keletkezett hulladékokból biodízelt és repülőgépekhez is használható bioüzemanyagot állítanak elő.
- **Bio-SPK** (Bio Derived Synthetic Paraffinic Kerosene) alapanyagául alga, faggyú egyéb természetes anyagok szolgálnak. Ezek közül az alga a legígéretesebb, amellyel egyre több kutatást folytat a Boeing, a General Electric és a Honeywell/UOP.
- **FT-SPK** (Fischer–Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene) üzemanyagot pedig a Fischer-Tropsch kémiai eljárással szénből állítják elő.

Kedvező, hogy a bio- és szintetikus üzemanyagok alkalmazásakor csökken a károsanyag kibocsátás, - bár még mindig megmarad a függés a fosszilis energiahordozóktól - ugyanakkor kedvezőtlen, hogy jelentős hányaduk előállításához nyersanyagként, táplálékul szolgáló, nagymennyiségű, különböző növények szükségesek.

Egyéb alternatív megoldások

A gazdaságos üzemeltetés nem csak - az olykor olcsóbb - alternatív üzemanyagok használatával lehetséges, erre lehetőséget kínál az olyan hajtóművek alkalmazása is, amelyek alacsonyabb üzemanyag-fogyasztásúak. Az egyik ebben a témában folyt kutatás az -

Európai Unió által is finanszírozott - *Delilah* (Diesel Engine Matching the Ideal Light Platform of the Helicopter) *Projekt*. Ez olyan komplex fejlesztés, melynek részeként egy olyan új, V8 elrendezésű turbódieszel motort hoztak létre, amely alacsonyabb zajszinten, akár 50 %-kal kevesebb üzemanyag felhasználásával (beleértve biodizelt és a BTL-t is) azonos teljesítményre képes [14]. Ezt egyelőre csak könnyű, egymotoros helikopter meghajtására használják.

A másik, hasonló környezetkímélő célú fejlesztés az Airbus *Bluecopter technológiája*. Egyfelől a Blue Pulse és Blue Edge megoldásokkal a forgószárny lapátok által keltett zaj, illetve vibráció szintje csökkenthető úgy, hogy ezzel együtt az utazósebesség növekszik. Ehhez hozzájárult még a sárkányszerkezet kedvezőbb aerodinamikai kialakítása és egy új hajtómű beépítése (Turbomeca Arrius 2F), amely kevesebb CO₂ és NO_x-ot bocsát ki. Jelenleg könnyűhelikopterekben használja fel az Airbus Vállalat ezen újításokat (pl.: EC-145).

Zajszenyezés

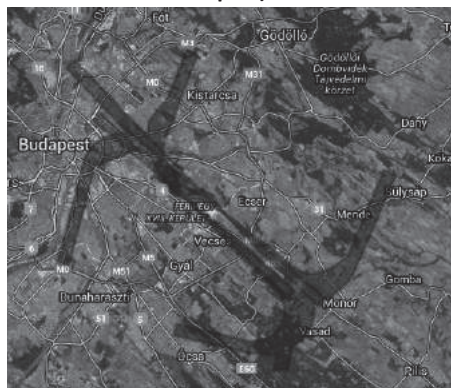
A repülőterek egyre növekvő forgalma mind nagyobb zajszenyezést is eredményez. Ez nem csak a légikikötőben tartózkodó utasokra, hanem az ott dolgozóakra, a repülőterek környezetében élőkre is kedvezőtlen hatást gyakorol. E kérdéskörrel foglalkozni napjainkban azonos fontosságú, mint a légszenyezés problémaköre. A zajszenyezés 65 decibelt meghaladó értékeknél jelentkezik. Ezt, egy négyhajtóműves szállító repülőgép, földközelségben átrepülve, 120 dB-es zajszintjével jelentősen túlszárnyalja, de egyetlen sugárhajtómű is 30 m távolságból 150 dB-es zajterhelést okoz. A zaj károsító hatása,

pszichés, vegetatív zavarokat vagy akár halláskárosodást is okozhat [15].

Ennek tudatában a hajtómű gyártók is igyekeznek csökkenteni a hajtóműveik zajszintjét, illetve a repülőtereken és környékükön is törekednek a zajkibocsátást különböző módszerekkel drasztikusan csökkenteni. Utóbbi, a legtöbb országban törvények is előírják, így hazánkban is a 176/1997. (X. 11.) kormányrendelet szabályoz a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének szabályait.

A 7. ábra a Liszt Ferenc repülőtér környezetében jelentkező, 2014-ben pontosan kimért zajterhelési zónákat mutatja be, a Budapest Airport honlapja alapján.

7. ábra Fel- és leszállási sávok (Budapest Airport)¹



A repülőgépek új eszközökkel, eljárásokkal történő mozgatása repülőterek gurulóján

Az üzemeltetés egyik lényeges gazdaságossági összetevője a felhasznált üzemanyag mennyisége és ezzel arányosan az ára.

¹ forrás: Budapest Airport hivatalos honlapja, url: http://www.bud.hu/budapest_airport/fenntarthatosag/kornyezetvedelem/zajterkep

Az előző fejezetekben bemutattam, hogy milyen alternatív üzemanyagok használhatóak fel a jelenleg alkalmazottak kiváltására, illetve milyen fejlesztések történtek a hajtóművek üzemanyag-fogyasztásának csökkentésére.

E lehetőségek mellett fontos annak vizsgálata is, hogy mennyi üzemanyag takarítható meg, illetve milyen mértékben csökkenthető a légi járművek károsanyag kibocsátása a repülőtéren (különösen a fel- és leszálláskor, illetve a guruló utakon) történő mozgásának racionalizálásával, mivel mérések igazolták, hogy ilyenkor teljes feltöltött üzemanyag-készletük 2-4%-át is elhasználhatják. Ez, egy forgalmas közforgalmú repülőtéren akár napi 44 tonna kerozin-mennyiséget is elérhet. Ennek csökkentésére két különböző megoldást is kimunkáltak.

Az egyik lehetőség, valamelyik futómű kerék villanymotorral történő meghajtása. Előnye, hogy csökken az üzemanyag fogyasztás, a gázturbinás hajtóművek amortizációja, a zajterhelés és környezetszennyezés. E módszerre három eljárást dolgoztak ki:

- Mototok,
- WheelTug,
- EGTS (Electric Green Taxiing System).

A német Mototok (8. ábra) villamos árammal működő, orrfutóra kapcsolódó vontató jármű. Egyaránt használható repülőgépek és helikopterek mozgatására is. A meghajtásához szükséges energiát a zselés akkumulátoraiból nyeri. Külön földi egység nem szükséges használatához. Néhány fontosabb alkalmazója: British Airways, philadelphiai nemzetközi repülőtér, zürichi repülőtér, a dán, francia és a kínai hadsereg [16].

A WheelTug (9. ábra) szerkezettel a repülőgép orrfutóját hajtják meg villamos motorral, így a pilóta saját maga kormányozhatja repülőgépét.

Elektromos ellátásáról a légi jármű segédhajtóműve gondoskodik. Előnye a környezetbarát és gazdaságos üzemeltetés mellett, hogy utólagosan is felszerelhető az orrfutóra. Jelenleg ezt a rendszert: KLM, Alitalia, Icelandair, Israir Airlines használja [17].

8. ábra Mototok használata rádióvezérléssel



forrás: Mototok hivatalos honlapja, url: <http://www.mototok.com/media-selector.php?tag-id=67>

9. ábra WheelTug orrfutóra szerelve



forrás: Fleets and Fuels, url: <http://www.fleetsandfuels.com/electric-drive/2013/03/wheeltug-nears-450-orders/>

Az EGTS (Electric Green Taxiing System) rendszert, a Honeywell (kiegészítő villamos rendszerek) és a Safran (futómű rendszerek) hozta létre. 2013-ban mutatták be ezt a fejlesztést a Párizsi Air Show-n, és még ez év decemberében az Airbus vállalattal alá is írtak egy szándéknyilatkozatot az A320-as családba történő beépítésről. Az energia ellátása ugyanúgy a segédhajtóműről történik, mint a

WheelTug-nál, de a meghajtó villanymotort nem az orr-, hanem a főfutóműre rögzítették és annak kerekét is forgatja [18].

A másik lehetőség a repülőgépek földi mozgatására toló-vontató (push-back) gépjárművek használata, amelyet az Airbus vállalat és az IAI (Israel Aerospace Industries) fejlesztett ki. A TaxiBot rendszer (10. ábra) a repülőgépet egészen a felszállópálya start-helyéig húzza ki úgy, hogy azt a pilóta kormányozza a fülkéből. A WB (Wide-Body) TaxiBot és NB (Narrow-Body) TaxiBot megoldások különböző méretű és felszálló tömegű repülőgépek vontatására szolgál (max. 23 csomós sebességgel). Felszállás előtt a jármű lekapcsolódik a repülőgép futóművéről, és a reptéri diszpécser által megadott koordináták alapján visszatér helyére. E járművek fejlesztéséhez mérnöki támogatást nyújtanak az Airbus és a Boeing vállalat is [19].

Megállapítható, hogy egyre fontosabb és sürgetőbb feladat a légitársaságok eddiginél

gazdaságosabb és környezetkímélőbb üzemeltetése. E a téren, - az előzőekben is olvasható - több módszert és megoldást is kimunkáltak. Bár jelenleg ezek közül egyik sem tekinthető teljesnek, kiforrottnak, de valószínűsíthető hogy módosításokat, finomításokat követően a felmerült kezdeti problémák kiküszöbölhetőek, és hatékony eszközei lesznek a környezetbarát repülőgép üzemeltetésnek.

10. ábra TaxiBot működés közben



forrás: <http://www.ricardo.com/en-GB/News--Media/Press-releases/News-releases1/2011/IAI-awards-Ricardo-contract-to-support-next-phase-of-TaxiBot-development/>

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1.] Békési B.: A megbízhatóság leggyakrabban használt mérőszámai. *Repüléstudományi Közlemények Különszám*, (2007) http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2007_cikkek/bekesi_bertold.pdf (2015. 10. 21.)
- [2.] 21/1998. (XII. 21.) HM rendelet az állami légitársaságok nyilvántartásáról, gyártásáról és javításáról, valamint a típus-és légialkalmasságáról
- [3.] Békési B.: A katonai repülőgépek üzemeltetésének, a kiszolgálás korszerűsítésének kérdései, *Doktori (PhD) értekezés* (2006) 21-24.
- [4.] Szilvási L.-Békési B.: Üzemeltethetőség, *Repüléstudományi Közlemények*, A XX. század haditechnikai forradalmának hatása a XXI. század katonai repülésére konferencia kiadványa, (2001) 115-122. http://www.repulestudomany.hu/index_rtk.html (2015. 10. 08.)
- [5.] Dr. Óvári Gy.: Gázok és villamosság, mint lehetséges repülőgép üzemanyagok, *Haditechnika XLVIII. 2.* (2014) 5-10.

- [6.] Dr. Óvári Gy.: Gázok és villamosság, mint lehetséges repülőgép üzemanyagok, *Haditechnika* XLVIII. 3. (2014) 5-10.
- [7.] Dr. Óvári Gy.: Gázok és villamosság, mint lehetséges repülőgép üzemanyagok, *Haditechnika* XLVIII. 4. (2014) 2-6.
- [8.] Békési B., Juhász M.: Pilóta nélküli légi járművek energia forrásai *Economica* 2014/1. (2014) 92-100.
- [9.] Solar Impulse repülőgép hivatalos honlapja www.solarimpulse.com
- [10.] Független Ökológiai Központ Alapítvány honlapja <http://www.foek.hu/korkep/enhat/uzemanyagcella/uzemanyagcella.html#tipus> (2014. 12. 02.)
- [11.] Koehler T.: A green machine (May 2008) http://www.boeing.com/news/frontiers/archive/2008/may/ts_sf04.pdf (2015. 10. 19.)
- [12.] Lange Aviation hivatalos honlapja <http://www.lange-aviation.com/>
- [13.] Haditechnikai Kerekasztal honlapján, A szintetikus üzemanyagok (2010. 01. 07.) <http://htka.hu/2010/01/07/a-szintetikus-uzemanyagok/> (2015. 10. 20.)
- [14.] Cordis hivatalos honlapja, Delilah Report Summary (2014-07-18) url: http://cordis.europa.eu/result/rcn/59206_en.html (2015. 05. 11.)
- [15.] Mennyire lehetünk zajosak? *Levegő Munkacsoport honlapja* https://www.levego.hu/sites/default/files/tanulsagos_ugyek/zaj/zaj.pdf (2015. 10. 22.)
- [16.] Mototok hivatalos honlapja <http://www.mototok.com/>
- [17.] WheelTug hivatalos honlapja <http://www.wheeltug.gi/>
- [18.] EGTS hivatalos honlapja <http://www.greentaxiing.com/>
- [19.] TaxiBot hivatalos honlapja <http://www.taxibot-international.com/>