

Dr. Óvári Gyula* – Fehér Krisztina**

Repülőgépek elektromos meghajtása – szükségyszerűség kompromisszumokkal

I. rész

A LÉGI JÁRMŰVEK ENERGETIKAI BIZTOSÍTÁSÁNAK ÁLTALÁNOS HELYZETE

A REPÜLŐESZKÖZÖK MŰKÖDTETÉSÉHEZ ALKALMAZOTT ENERGIAHORDOZÓK

A légi járművek belső égésű motorjait jelenleg szinte kizárólag szénből és hidrogénből álló, telített, el nem ágazó, kettős kötést nem tartalmazó paraffin vegyületek működtetik. Ezeknek – amennyiben az el nem ágazó szénláncukban a szénatomok száma 5–12 db, akkor *benzin*, ha az 12–15 között van, akkor *petróleum* (kerozin), míg a 15–20 szénatomszám esetén *dízelolaj* az elnevezésük. Már a 1970-es években kiobbant első energiaválság óta ismert tény, hogy a folyamatosan növekvő igények mellett a fosszilis eredetű energiahordozók kitermelési lehetősége néhány évtizedre korlátozódik, kiváltásukról pótlásukról időben gondoskodni szükséges. (E témával a Haditechnika folyóirat korábban is foglalkozott a Gázok és villamosság, mint lehetséges repülőgép-üzemanyagok címmel, a 2014./2–4. számaiban megjelent cikksorozatban – Szerk.)

Az üzemanyagok előállításához használatos nyersanyag, a kőolaj, napjainkban világviszonylatban rendelkezésre álló, ismert és becsült készleteinek területi megoszlását az 1. ábra szemlélteti. Emellett ugyan időnként megjelennek újabb, jelentős szárazföldi vagy tengeri lelőhelyek felfedezéséről szóló közlemények, később azonban kiderül, hogy a vártnál jóval kisebb tartalékot rejtnek. (Kivéve Szaúd-Arábiát, amelynek olajtartalékai a jelenleg ismertnek akár a kétszeresét is elérhetik.)

Földünk átlagos napi kőolajszükséglete 2018-ban 99,3 millió hordó volt, ami 2019-ben 100,8 millió hordóra emelkedett. A várható igények további növekedési üteméről és a kitermelhető mennyiség szükségzerű csökkenéséről, évtizedek óta különböző prognózisok készülnek. 2016-ban készült mértékadó becslések szerint legalább 2030-ig – az OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries

– Kőolaj-exportáló Országok Szervezete) szerint 2040-ig – folyamatosan és megbízhatóan rendelkezésre áll a szükséges mennyiségű kőolaj a hagyományos üzemanyagok előállítására. Ezt követően azonban gondoskodni kell a változatlanul növekvő igények – folyamatos működtetés biztosító – pótlásáról, helyettesítéséről. Természetesen az előzőkből megismert, világviszonylatban szükséges energiahordozó-mennyiségből az is következik, hogy amennyiben sikerül megtalálni az azt kiváltani képes alternatívá(ka)t, az új energiahordozó számára ugyanúgy szükséges az egész bolygónkat behálózó feldolgozó, szállító és elosztó logisztikai hálózat kiépítése.

A repülőeszközök üzemanyagainak előállításához szükséges kitermelhető nyersanyag mennyiségének csökkenése, valamint az irántuk mutatózó igény 2030–2040-ig tartó növekedése szükségyszerűen áremelkedést eredményez. Azonban a rendelkezésre álló nyersolajkészletek kitermelhetőségének, valamint az irántuk mutatózó igények változási trendjeinek pontos ismerete sem elég a várható árak alakulásának még közel megbízható előrejelzéséhez sem. Az árváltozások gazdasági politikai következményei számos társadalmi nehézséget okozhatnak.

Tapasztalatok szerint az árképzés hosszú távú, egyenletes fogyasztásnövekedés alapján prognosztizált trendjeit, időszakosan számottevően módosíthatják különböző, esetenként egymásnak is ellentmondó hatások:

- az aktuális piaci viszonyok, az OPEC által elrendelt kitermelési korlátok és azok betartása, ennek szerves részeként a spekuláció;
- utóbbival szoros összefüggésben a nemzetközi válságócokban, különösen a közel-keleti olajvezetékben vívott helyi háborúk, és ezek nyomán a katonai üzemanyag-szükségletek jelentős növekedése, esetlegesen egyes olajbányászati övezetek termelésből, szállításból történő időleges kiválása, kiiktatása, kitiltása (pl. Irán) és/vagy visszafogadása;

ÖSSZEFOGLALÁS: Napjaink egyik legnagyobb technikai kihívása az egyre csökkenő mennyiségben kitermelhető hagyományos, fosszilis eredetű energiahordozók kiváltása, pótlása. Bár a légi közlekedésben erre megnyugtató, hosszú távú megoldás még nem született, századunk '50-es éveire a túlnépesedett Föld akkori lakóinak kétharmadát befogadó metropoliszokban elkerülhetetlen a harmadik dimenzió bevonása a közlekedésbe, kizárólag karbonmentes módon. Erre jelenleg csak az elektromos meghajtású repülőeszközök jöhetnek számításba, amelyek ezirányú fejlesztése már tart, és a projektet az USAF (United States Air Force – Egyesült Államok Légierője) is támogatja.

KULCSSZAVAK: üzemanyag-fogyasztás, alternatív energiahordozók, elektromos meghajtás, városi légi közlekedés, eVTOL, környezetszennyezés, széndioxid

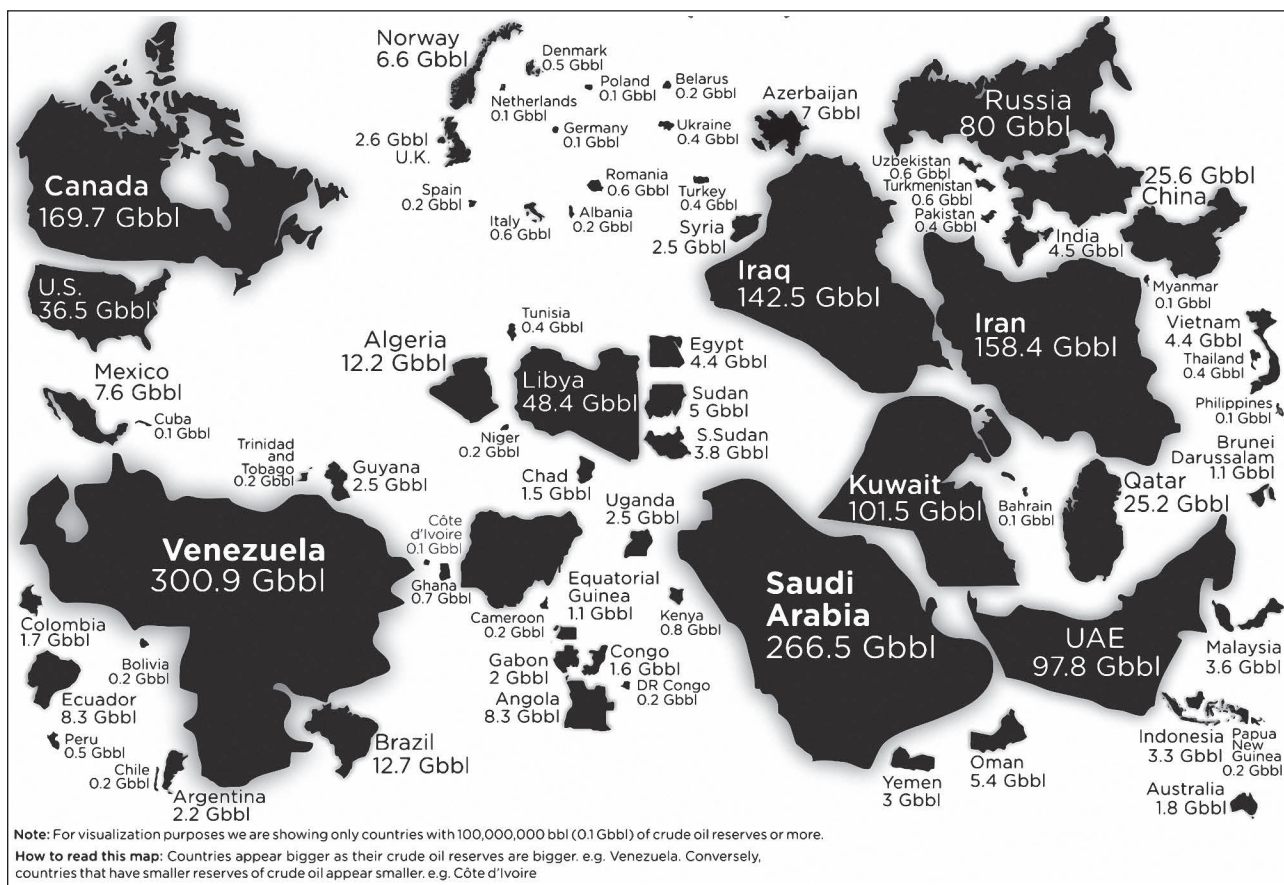
ABSTRACT: One of the greatest technical challenges of our days is the replacement and supplementation of conventional, fossil energy sources, which are available in decreasing quantities. Although, to date in aviation there has not been a long-term, reassuring solution to this, by the 50's of our century it will be inevitable the third dimension to get involved – using exclusively carbon-free methods - in traffic of the metropolises, which will take in two thirds of the population of our overpopulated Earth at the time. At present for that purpose, only aerial vehicles with electric propulsion can be considered, whose development is already under way, which is supported by the USAF as well.

KEY WORDS: fuel consumption, alternative energy sources, electric propulsion, Urban Air Mobility (UAM), eVTOL, environmental pollution, carbon dioxide

* 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



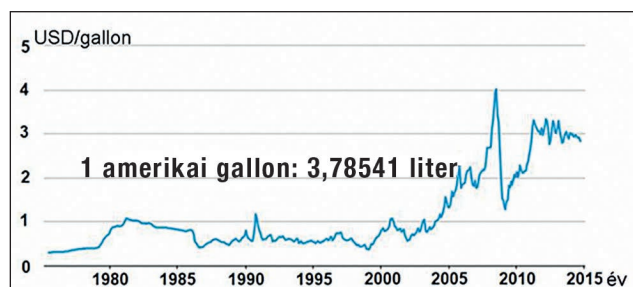


1. ábra. Földünk jelenleg ismert legnagyobb kőolajtartalékai. A kitermelt mennyiség milliárd hordóban (Gbbl) megadva, 1 hordó olaj: 159 l/136 kg. Az ábrán csak azok az országok szerepelnek, amelyek kőolajkészlete meghaladja a 100 000 000 hordó mennyiséget; méretük nagysága a kőolajkészletük arányát tükrözi (Forrás: howmuch.net)

- a kereslet-kínálat piaci szabályzóin túl – esetenként nem kis feszültséget okozva – az előállítási költségek közötti jelentős különbségek. Míg pl. Szaúd-Arábia 3 USD alatt állít elő 1 hordó olajat, ugyanerre Anglia, a tenger alól csak 17 (bruttó 44) USD-ért képes, az amerikai palaolaj kitermelése pedig még ennél is költségeesebb;
- a szintetikus üzemanyagok és/vagy adalékok részaránya a feltöltött üzemanyagban;
- az újonnan lendületes ipari, gazdasági fejlődésnek indult ázsiai hatalmak (Kína, India) rohamosan növekvő energiaigényei nyomán kibővült a kereslet árfehlajthatása, különösen az ezredfordulót követően.

A hadseregek – ezen belül is az USA – katonai szükségleteinek hatása meghatározóan befolyásolja a repülőgép-üzemanyagok árát. A repülőgép-tüzelőanyagból átlagosan

2. ábra. 1 gallon JET-A kerozin árváltozása az USA-ban 1970–2015 között

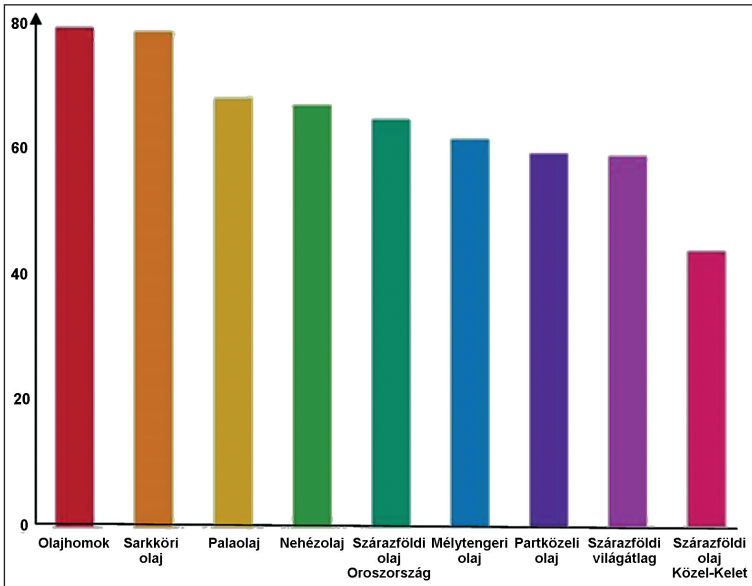


évi 20 milliárd liter beszállítást igénylő, folyamatosan magas harckészültségű USA hadseregének szükségletei világviszonylatban is alapvetően befolyásolják az üzemanyagárakat. Elemzések szerint 1 hordó kőolaj árának 10 USD-os emelkedése a Pentagon éves kiadásait 600 millió dollárral növeli. Egyebek mellett, a folyamatos közel-keleti katonai jelenlét miatt is – változatlan struktúrában – pl. 2008-ra, napi 10 millió literre növekedett a repülőgép-tüzelőanyag felhasználás.

Mindezek együttesen, 5 év alatt (2003–2008) öt-hatszorosára emelkedtek az olaj, illetve ennek egyenes következményként a kerozin árát (2. ábra).

Az olajár-növekedés járulékosan a nagy tömegű kitermelhetőség időtartamát is növeli, végső terminusát kitolhatja, hiszen a tudomány, technika fejlődésével és a klímaváltozás miatt (a tengeri jég olvadása nyomán új lelőhelyek hozzáférhetővé válásával) olyan felszínre hozatali, feldolgozási eljárások válhatnak elfogadottá, gazdaságosan alkalmazhatóvá (3. ábra), amelyek 15–20 évvel ezelőtt még vagy ismeretlenek voltak, vagy a 20–30 USD hordónkénti ár miatt a kitermelést megfontolásra sem érdemesítették.

Az előzőekben felsorolt ár-növelő hatásokkal szemben akad, aki tartós árcsökkenést prognosztizál. Pl. a Longview Economics meghatározó brit piackutató és elemző cég 2017-es tanulmánya szerint, 6–8 éven belül a nyersolaj ára a jelenlegi 51–57 USD ár ötödére, hordónként ~10 USD-ra süllyedhet. A tartós csökkenés oka az elektromos autók rohamos, a legtöbb államban pozitív diszkriminációval is támogatott terjedése, párhuzamosan a benzines és dízel meghajtású járművek üzemeltetésének adminisztratív



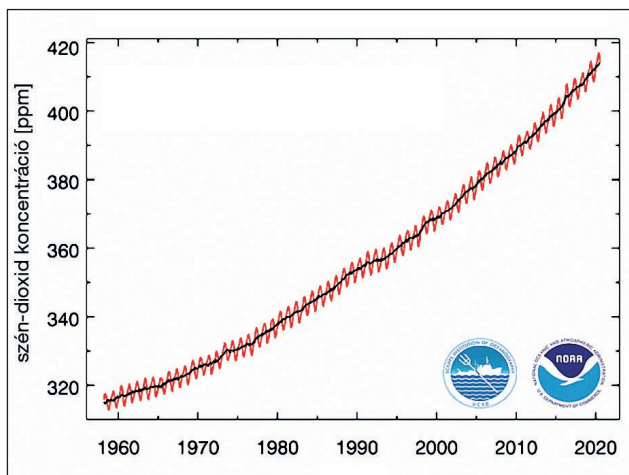
3. ábra. A kitermelés megtérüléséhez szükséges hordónkénti ár amerikai dollárban, 2015-ben (Forrás: NatGeo)

megnehezítésével. Ezenkívül, számos gazdaságilag meghatározó országban kívánják árusításukat 10-25 éven belül teljesen betiltani. Hasonló következtetésre jutó prognózis az orosz nyelvű szakirodalomban is olvasható.

A KÖRNYEZETSZENNYEZÉS CSÖKKENTÉSE, MAJD MEGSZÜNTETÉSE, MINT MEGHATÁROZÓ TÉNYEZŐ A JÖVŐ ALTERNATÍV ENERGIAFORRÁSAINAK KIVÁLASZTÁSÁBAN

Az egy évszázada egyre fokozódó mennyiségben felhasznált tüzelőanyagok elégetésének (is) létezésünket meghatározó járulékos kedvezőtlen következménye a klímaváltozást okozó, üvegházhatást előidéző gázok (döntően a szén-dioxid) koncentrációjának folyamatos növekedése Földünk légkörében. Ez a mennyiség napjainkra – különböző források szerint – meghaladja a 400 ppm-t (azaz, a levegő minden egymillió molekulájában 400 CO₂ molekula van), ami fokozatosan közelíti a 450 ppm-es – több forrás szerint – visszafordíthatatlansági küszöbértéket (4. ábra).

4. ábra. A Föld légkörének CO₂-koncentráció változása a Hawai Mauna Loa mérőállomás adatai alapján (Forrás: NASA/NOAA)

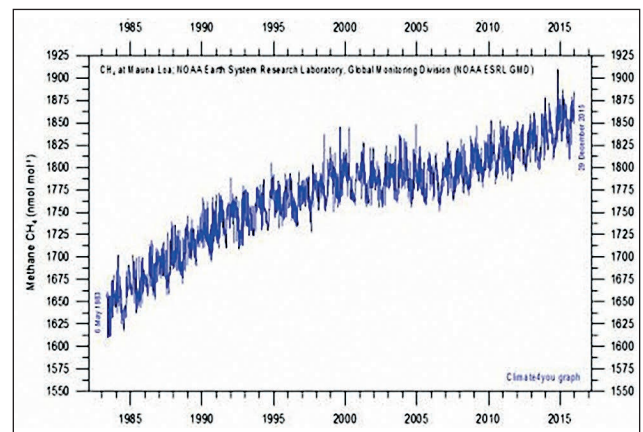


Az elmúlt közel negyven év metán- (CH₄) kibocsátását vizsgálva (5. ábra) megállapítható, hogy mennyiségét tekintve ugyan kevesebb a szén-dioxidnál, a légkörre gyakorolt hatása azonban ~85-ször károsabb annál.

Ebben a légi járművek szerepe közvetlenül ugyan kisebb (10. ábra, szénhidrogének), közvetve azonban nem hagyható figyelmen kívül, hogy a közlekedési eszközök – ezen belül a repülőeszközök – a szén-dioxid- és vízgőz-kibocsátás által számottevően hozzájárulnak a globális felmelegedéshez. Sajátos kölcsönhatás, hogy a metánkoncentráció 1998 és 2007 között relatíve stagnált. Az azt követő újabb folyamatos növekedés oka – valószínűsíthetően – a permafroszt területek folyamatos klimatikus felmelegedés okozta olvadásával összefüggő metán-hidrát – amely a légkörbe jutva metánná alakul – kiszabadulása.

Az ember klímaváltozásban betöltött szerepéről számos szakmai, nem ritkán politikai megfontolásokkal is átszótt vita zajlik. Ezek közül több álláspont megkérdőjelezi az emberi tényező jelentőségét, előszeretettel hivatkozva a természetben bekövetkező klímaváltozások periodicitására. Valóban, bolygónk történetében – a NASA (National Aeronautics and Space Administration – Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal) szerint – csak az elmúlt 650 000 évben hét jégkorszak is volt (amiket felmelegedési időszakok követtek), közülük a legutóbbi ~7000 éve érhetett véget.

Köztudott tény, hogy a légkörben az üvegházhatású gázokra valóban szükség van, mivel érzékeny egyensúlyuk biztosítja a jelenlegi ~15°C-os globális átlaghőmérsékletet. Koncentrációjuk kis változása is akár jégkorszakot, vagy jelentős hőmérséklet-emelkedést eredményezhet. A fő



5. ábra. A Föld légkörének CH₄-koncentráció változása a Hawai Mauna Loa mérőállomás adatai alapján (Forrás: NASA/NOAA)

6. ábra. A Föld légkörének CO₂-koncentráció változása az elmúlt 400 000 évben (Forrás: NASA)



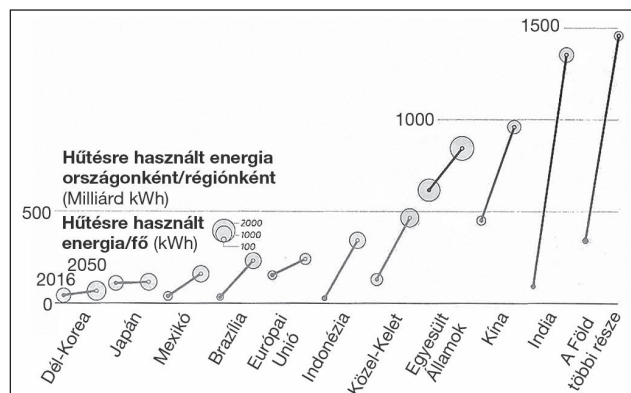
probléma, az 1950 óta a légkör CO₂ tartalmában bekövetkezett számszerűsíthető változás mértéke és dinamikája (6. ábra bekeretezett terület). Ez már semmiképpen nem tekinthető pillanatnyi apró kilengésnek, extrém természeti hatásnak. A növekedés minden bizonnyal összefügg Földünk, az '50-es években még ~3 milliárd főt számláló népességének, napjainkra 7,6 milliárd főre történt robbanásszerű gyarodásával, ami jelenleg már napi 200 ezer főre tehető. Ez együtt jár az energiaigényes, intenzív technikai, technológiai fejlődéssel és növekvő károsanyag-kibocsátással. Az egyre sokasodó embertömeg saját fennmaradását, túlélését jelenleg csak kényszerű környezetkárosítással képes biztosítani (tömeges trópusi esőerdő-irtás, mezőgazdasági területek szerzésére, állatállomány pusztítása, túlhalászása, túltenyésztése élelmezési céllal, téli hulladékégetés fűtés céljából stb. – Pl. Földünk jelenleg becsült 1,6 milliárdos szarvasmarha-állományának károsanyag-kibocsátása – döntően metán – már most is meghaladja bolygónk gépjárműparkjának szennyezését, és az előrejelzések szerint 2050-re ~70%-kal nő a szarvasmarhák száma.)

Erre mutat az is, hogy bár az elmúlt század utolsó negyedétől fokozatosan nőtt a környezettudatos szemléletmód szerepe és súlya, a várakozásokkal ellentétben ennek számszerűsíthető eredményei egyelőre visszafogottak. (2006-ról 2007-re például globálisan 3%-kal emelkedett a fölmelegedést okozó szén-dioxid-kibocsátás, amelyet döntően a fejlődő országok okoztak. Ezek közül is elsősorban Kína, amely megközelítőleg a globális növekedés feléért felelős.) Összetettként, 1990-től 1999-ig a növekedés értéke mindössze 0,8% volt. Világviszonylatban az ipari tevékenységek, a közlekedés és az erdőirtás okozta a CO₂-kibocsátás korábban soha nem tapasztalt mennyiségét, 9,34 milliárd tonnát ért el (a Global Carbon Projekt klímakutató adatai alapján).

Megjegyzés: hazánk széndioxid-kibocsátását 2017-re sikerült az 1990-es szinthez képest 32%-kal csökkenteni, amely megfelelőnek tűnik az EU által kitűzött 40%-os célérték eléréséhez. Az viszont kedvezőtlen irányvonal, hogy a recessziós éveket követően, 2013 óta folyamatos (7%-os) a növekedésünk, és nem igazán látszik az újabb csökkentés módja.

A 4–6. ábrák adatai jól áttekinthetően mutatják, de bolygónk éghajlatának tapasztalható átalakulása is azt jelzi, hogy a klímaváltozás nem jövőbeni jelenség, hanem már megjelent, és káros hatásai ellen a küzdelmet azonnal meg kell kezdeni, illetve ahol ez már megtörtént, folytatni szükséges. Különösen annak figyelembevételével, hogy mindez öngerjesztő folyamatot generál, mivel a klímaváltozás okozta felmelegedés szintén energiaigény-növekedést eredményez (7. ábra). Azaz, minél melegebb van, annál több – pl.

7. ábra. A klimatikus felmelegedés okozta hűtésre fordított energiaigény növekedése 2016–2050 között, országonként, illetve régióként (Forrás: NatGeo 2020. 04. p. 57)



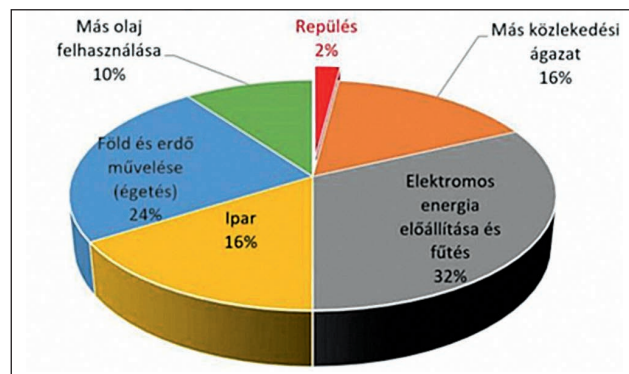
fosszilisenergia-felhasználást (is) igénylő – hűtőberendezést kell működtetni, ezzel is súlyosbítva a felmelegedést. Az ehhez szükséges járulékos energiaigény – a vonatkozó kutatások adatai alapján – elérheti akár az 58%-ot.

A REPÜLÉS HATÁSA A KÖRNYEZETRE

A légi közlekedés okozta szén-dioxid-kibocsátás mennyiségének pontos meghatározását több tényező is nehezíti. Az iparág szervezete szerint 2017-ben ez a mennyiség 859 millió tonna volt, amely a ~35 milliárd tonnás kibocsátásnak ~2,5%-a. (Jellemzően csak az Európai Unióban a légi forgalom szén-dioxid-kibocsátása az 1990-es 83 millió tonnáról 2017-re duplájára, 164 millió tonnára emelkedett, és ez az adat nem tartalmazza a katonai repülőgépek által kibocsátott CO₂-mennyiséget).

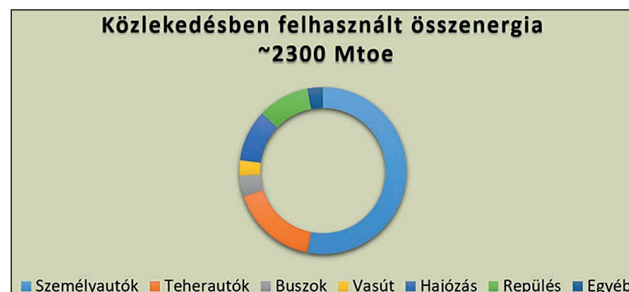
A repülés szerepét vizsgálva bolygónk légszennyezésében, fajlagos mutatók alapján jelenleg a legalacsonyabb értékű az ember okozta szén-dioxid-kibocsátásának alig több mint 2%-a (8. ábra), de a légi közlekedés máris a globális üvegházhatású gáz-kibocsátás 10%-ért felelős. Ez meghaladhatja akár a 20%-ot is, amennyiben ténylegesen gyakorlati eredmények születnek az egyéb emissziós források – legfőképpen a belső égésű motoros közúti járművek – visszaszorításában, például az elektromos meghajtás elterjesztésével. Ezzel, valamennyi közül, a légi közlekedés válhat a legnagyobb szén-dioxid-kibocsátó gazdasági ágazattá. Utóbbi érték a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO – International Civil Aviation Organization) Légiközlekedési Környezetvédelmi Bizottsága (CAEP – Council's Committee on Aviation Environmental Protection) előrejelzése szerint 2050-re akár az 50%-ot is elérheti.

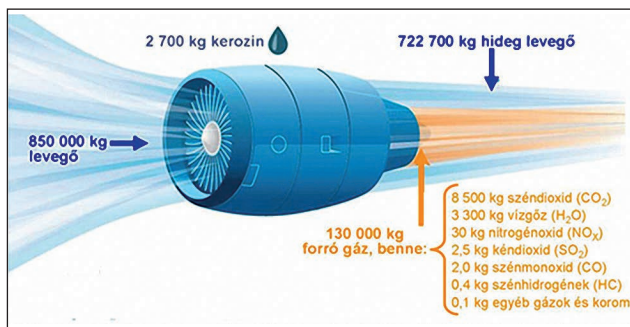
A közlekedési ágazatokon belül a repülés energia-felhasználási részesedése ennél lényegesen nagyobb, (9. ábra) annak ellenére, hogy a jelentős technológiai fejlődés következtében a '60-as évek repülőgép-hajtóműveivel képest a



8. ábra. Az embertől származó CO₂-kibocsátás összetevői

9. ábra. A közlekedési ágazatok által felhasznált energia-mennyiség (Mtoe – millió tonna olajegyenérték)





10. ábra. Egy 150 személyes, kéthajtóműves utasszállító repülőgép korszerű hajtóművének átlagos üzemanyag- és levegőfogyasztása, valamint gázkibocsátásának összetevői 1 óra alatt (Forrás: FOCA)

napjainkban gyártott típusok egy utasra jutó kilométerenkénti tüzelőanyag-fogyasztása közel 80%-kal csökkent. Az elkövetkezendő évtizedekben a légi járművek tüzelőanyag-hatékonysága prognosztizáltan 1–2%-kal javul. Sajnálatosan ennek kedvező járulékos következményeit a légi közlekedés várható évi 5%-os növekedése annullálja.

Ez egy öngerjesztő folyamat, mivel klímaváltozást okoz (7. ábra), ami szintén energiaigény-növekedést eredményez. A kutatások szerint akár 58%-kal is emelkedhet a globális energiaszükséglet 2050-ig.

Más fajlagos mutató, így az egy főre jutó szén-dioxid-kibocsátás miatt a repülés a leginkább környezetszennyező közlekedési forma, amelyhez az is hozzájárul, hogy a sztratoszféra határán, ahol kifejti hatását, a hajtóművekből távozó CO₂ és további szennyezőanyagok (nitrogén-oxidok, kén-dioxid, szén-monoxid – 10. ábra) hatása megtöbbszöröződik, nagyságrenddel növelve az okozott káros hatásokat. Ennek oka, hogy ebben a magasságban már csekély a függőleges irányú légmozgás, így az itt kibocsá-

tott anyagok akár több mint egy évszázadig megmaradhatnak, akumulálódhatnak. Ezt a tartós hatást az is fokozza, hogy fák, tengerek hiányában nincs ami megkösse a gázokat. Emiatt, ebben a zónában a hajtóművekből távozó és maradó – az egyébként környezetre veszélytelen – vízgőz is káros, mivel fokozza az üvegházhatást.

Természetesen ezek az értékek egyazon típusnál is némileg eltérhetnek a légi jármű rendeltetésétől, repülési üzemmódjától, karbantartottságától, pillanatnyi terhelésétől, környezete fizikai, meteorológiai jellemzőitől stb. függően. Hasonló teljesítményű és korszerűségű katonai légi járművek üzemanyag-fogyasztási és károsanyag-kibocsátási értékei ettől érdemben alig különböznek. Harci repülőgépek esetében azonban e mutatók rendszerint lényegesen kedvezőtlenebbek is lehetnek, mivel azok gyakran – funkcionális szükségszerűségből huzamos ideig is – a számított optimális repülési és hajtómű üzemmódjaiktól lényegesen eltérően működnek, repülnek (pl. manőverező légi harc, utánégető működtetés, csúcsmagasságon maximális sebességre történő gyorsítás, földközelségben való teherkövetés stb.).

Az ICAO CAEP környezeti trendértékelése szerint:

- a nemzetközi légi közlekedés tüzelőanyag-felhasználása a 2010-es szinthez képest 2040-re körülbelül 2,8–3,9-szeresére nő (a koronavírus hatása még nem volt ismert);
- a repülőgépek által a sztratoszféra alsó határán kibocsátott károsanyagok ott 50–200 évig is megmaradhatnak, akumulálódva pedig minden más közlekedési formához képest 3–4-szeres klímaváltozást előidéző hatást okozhatnak.

E területen a jelenlegi európai állapotokról és a rövid távú trendekről átfogó kép nyerhető az EASA 2019-es környezeti jelentéséből (1. táblázat).

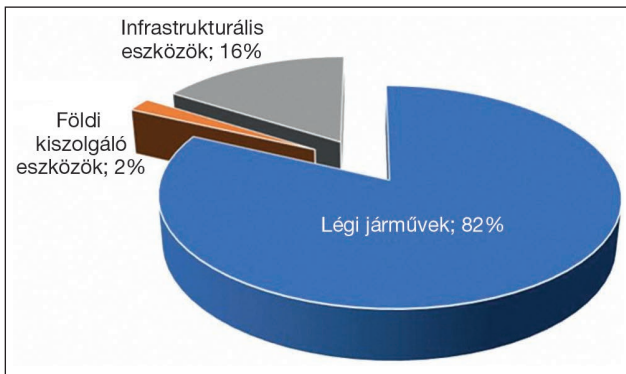
Ez az EASA-jelentés további fontos megállapításokat tesz a repülési szektorról:

1. táblázat. Európai repülés-környezeti jelentés 2019 (vezetői összefoglaló)

	Mutató	Egység	2017	%-változás 2014-hez képest	%-változás 2005-höz képest
Forgalom	Utások által kereskedelmi járatokon megtett kilométerek száma ⁽¹⁾	milliárd	1643	+20%	+60%
	A legtöbb héten kiszolgált várospárok száma ⁽¹⁾		8603	+11%	+43%
Zaj	Emberek száma Lden 55 dB zajkontúrok ⁽²⁾	millió	2,58	+14%	+12%
	Általános zajenergia járatonként ⁽³⁾	109 Joule	1,24	-1%	-14%
Károsanyag-kibocsátás	Repülések összesített CO ₂ -kibocsátása ⁽¹⁾	millió tonna	163	+10%	+16%
	Repülések összesített „nettó” CO ₂ -kibocsátása ETS csökkentéssel ⁽¹⁾	millió tonna	136	+3%	n/a ⁽⁴⁾
	Repülések összesített NO _x kibocsátása ⁽¹⁾	ezer tonna	839	+12%	+25%
	Kereskedelmi repülések általános üzemanyag-fogyasztása ⁽¹⁾	liter üzemanyag/100 megtett kilométer	3,4	-8%	-24%

(1) Összes indulás EU28+EFTA; (2) 47 fő európai repülőtér; (3) Összes indulás és érkezés EU28+EFTA; (4) Az ETS adatok nem vonatkoznak a 2005-ös évre (Forrás: EASA).





11. ábra. Energiafelhasználás megoszlása a repülésben

- a repülések száma 8%-kal növekedett 2014 és 2017 között, 2017 és 2040 között pedig várhatóan újabb 42%-kal emelkedik;
- bár a technológiai fejlesztések és a flották felújítása, valamint a hatékonyabb működés részben ellensúlyozta a megnövekedett forgalom hatásait, ennek ellenére azonban 2014 óta növekedett az összesített zajszint és a károsanyag-kibocsátás;
- 2011-ben a légiipar az EU környezeti zajszintekre vonatkozó irányelve alapján, a lakosságot érintő, Lden > 55dB-t meghaladó zajszintek 3,2%-ért volt felelős;
- a légi járművek által keltett zajnak való hosszú távú kitettség számos kedvezőtlen egészségügyi hatással hozható összefüggésbe (pl. ischaemiás szívbetegség, alvászavarok, idegességet és kognitív funkcióromlások). A lakosság körében végzett felmérések alapján a légi járművek által keltett zaj zavaróbbnak bizonyult más közlekedési eszközökénél;
- az évente 50 000-nél több repülőgépet befogadni képes főbb repülőterek száma 2017 és 2040 között várhatóan 82-ről 110-re emelkedik, így a légi közlekedési iparból származó zajszennyezés számos további populációt érinthet;
- 2016 során a légijármű-ipar a teljes EU 28 üvegházgáz-kibocsátás 3,6%-ért, illetve a szállítási iparágak károsanyag-kibocsátásának 13,4%-ért volt felelős;

(Illusztrációk a szerzők gyűjteményéből)

- a légi közlekedési ipar környezetvédelmi hatékonysága továbbra is fejlődik, és 2040-re a kilométerenkénti üzemanyag-fogyasztás (-12%) és a járatonkénti zajenergia (-24%) újabb csökkenése várható;
- a CO₂-n kívüli károsanyag-kibocsátások (pl. NO_x részecskék, azaz a nitrogén-monoxid és nitrogén-dioxid részecskék együtt) légköri hatásai sem hagyhatók figyelmen kívül, mivel az ezek által okozott felmelegedés már rövid távon is jelentős. 2040-re a CO₂- és NO_x-kibocsátás az előrejelzések szerint legalább 21%-kal, illetve 16%-kal növekedhet.

Az előzőekben megismertek alapján is belátható, hogy mivel ezek a repülőeszközök elkerülhetetlenül szennyezik a környezetet, mindössze ennek mértéke lehet befolyásolható, ezért ténylegesen az elkövetkező két-három évtizedre, 2050-ig, a karbonsemlegesség elérése tűzhető ki reális célul. Ehhez alapvető fontosságú feladat:

- a repülőgépek belső égésű hajtóműveinek építésben olyan új megoldások, technológiák kimunkálása, amelyek számottevő üzemanyag-megtakarítást és károsanyag-kibocsátás csökkenést eredményeznek;
- a meglévő repülőgépparkra olyan új repülési eljárások kidolgozása, amelyek az üzemanyag-fogyasztás csökkentésével mérsékelik a szennyező anyagok légkörbe jutását is;
- megkülönböztetett figyelemmel áttekinteni az üzemeltetés energiaigényének ~20%-át közelítő műszaki kiszolgálás (eszközök és infrastruktúra) rendszerének, magának a repülőtér működtetésének, benne a légi járművek gurulásának energiastruktúráját is (11. ábra).

(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 Egyetemen – 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.

A Haditechnika 2020-ban megjelent számai



A HADITECHNIKA folyóirat előfizethető:

valamennyi postafiókban; e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu; faxon: 303-3440.

A szerkesztőség új telefonszáma: 224-8306.