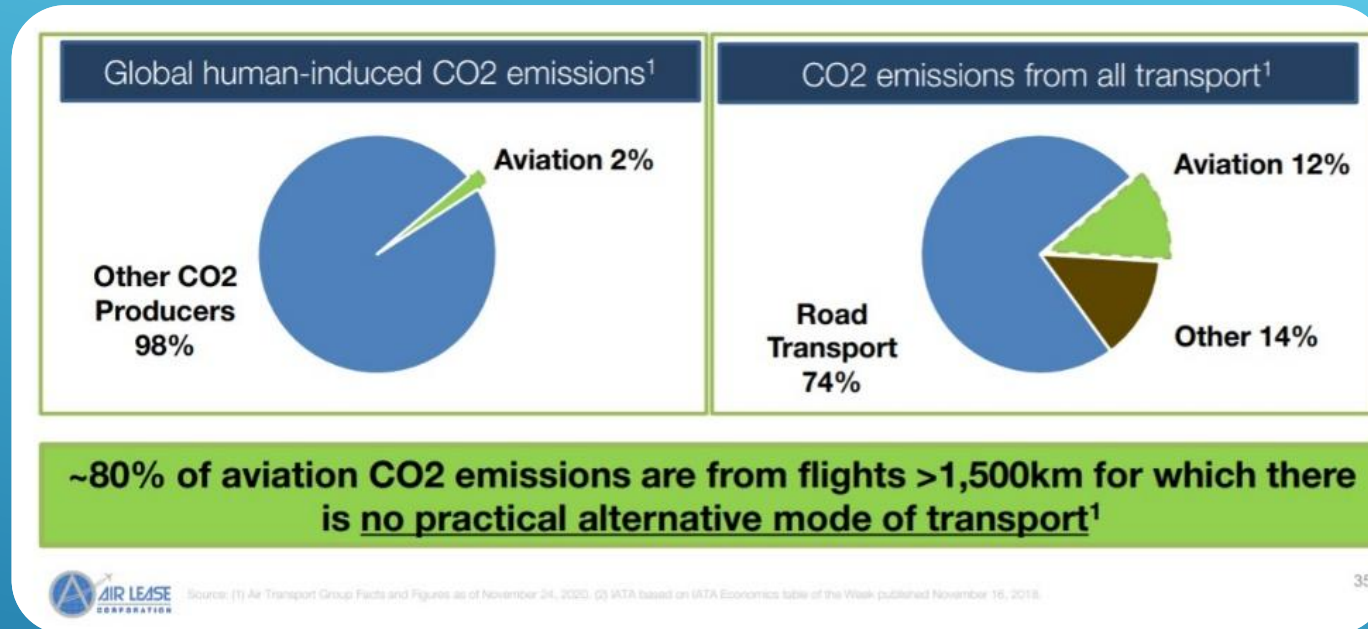


# A LÉGIKÖZLEKEDÉS ZÖLD LÁMPÁJA

## Fenntartható repülés a jelenben

Cikk témája: The green light for air transport, aka sustainable aviation in the present című tudományos cikk (Bagdi Zs., Csámer L., Bakó G., 2023. Cognitive Mobility)

# FÓKUSZBAN A CO<sub>2</sub>



- ▶ Globálisan, ember által kibocsátott CO<sub>2</sub> mennyiség **2%**-ért felel a légitözlekedés
- ▶ Globálisan, közlekedés által kibocsátott CO<sub>2</sub> mennyiség **12%**-ért
- ▶ A légitözlekedés által kibocsátott CO<sub>2</sub> **~80%**-a olyan repülési utakból származik, amelyek távolsága több, mint **1500 km**, ahol nem mutatható fel praktikus alternatíva.
- ▶ Az 500 km-es táv alatti légitözlekedés, mindösszesen az **1-2%**-át teszi ki az európai légitözlekedésnek.

- ▶ 2020-ban, az iparágban kibocsátott CO<sub>2</sub>-t csaknem harmadára csökkentette a pandémia (2021-re 49%-al)
- ▶ 2019-ben 914 millió tonna CO<sub>2</sub>-t bocsátottak ki légi járatok
- ▶ 2022 IATA konferencia megszületett döntés: 2050-es klímasemlegesség elérése

CO<sub>2</sub> KIBOCSÁTÁS A PANDÉMIA TÜKRÉBEN

- ▶ SAF
- ▶ Elektromos meghajtás
- ▶ Hidrogén üzem

LEHETSÉGES MEGOLDÁSOK

A decorative graphic consisting of several parallel white lines of varying lengths, slanted upwards from left to right, located in the bottom right corner of the slide.

- ▶ Alternatív üzemanyag eredete: fahulladék, alga, alkohol, cukornád, használt étolaj...
- ▶ **Lényege:** Az üzemanyagban található szén biomasszából származik, elégetésükkel a növényvilág által kivont CO<sub>2</sub> kerül vissza a légkörbe. Megjegyzés: A fenntarthatóság úgy érhető el, ha a biomassza fenntartható gazdálkodásból származik.
- ▶ Amennyiben ez elérhető, úgy **80-90%**-kal csökkenthető a teljes élelciklusra számított CO<sub>2</sub> emisszió a kerozinhoz képest.
- ▶ Keverési arány: 1-15%

**SAF** (SUSTAINABLE AVIATION FUEL)

# SAF



- ▶ 2021 december 1-én az amerikai United Airlines lett az első légitársaság, ami utasokat szállított, az egyik hajtóművében **100%**-ban SAF üzemanyagot használva.
- ▶ Több, mint **100 utas** a fedélzeten
- ▶ Megállapították, hogy a repülés során a két hajtóműben nincs szignifikáns működési különbség

# SAF

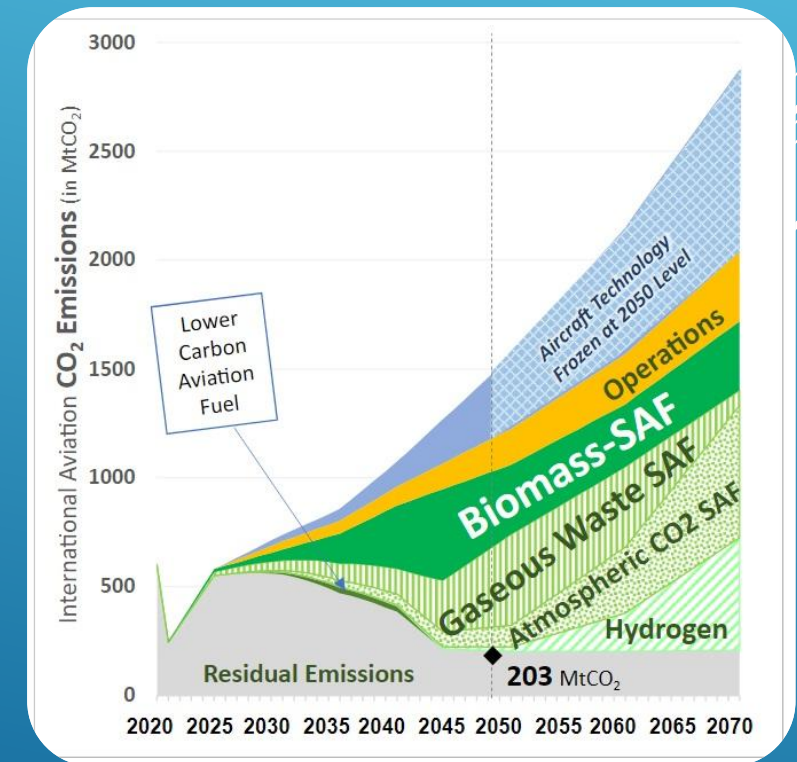


- ▶ 2022. ☐ Sikeres első repülés **100%**-os SAF használattal. (ATR)

## ▶ SAF tények:

- i. teljes mértékben cserélhető a kerozinnal, hajtóműmódosítás nélkül
- ii. Jelenleg a legjobb elérhető karbonlábnyom csökkentő technológia, főleg hosszútávú repüléseknél
- iii. A légitözlekedésben elhasznált üzemanyagok csupán **0.1%**-a SAF (EU-ban 1%).
- iv. A ReFuelEU jogszabály szerint minden EU-ban működő légitársaságnak minimum 70% SAF-ot kell használnia.
- v. **3-6-szoros** áron állítható elő az alternatív üzemanyag
- vi. Jelenleg a gyakorlatban az 50%-ig terjedő SAF keverés figyelhető meg a hagyományos JET A vagy JET A-1 üzemanyaggal vegyítve
- vii. nem lehetséges kellő mennyiségű, növényi származékából készült fenntartható üzemanyagot előállítani, emiatt szükség van szintetikus előállításra is.
- viii. 2050-re az SAF üzemanyag a repülés teljes üzemanyag fogyasztásának megközelítőleg **15%**-át teheti ki.

# SAF



5050 5052 5030 5032 5040 5042 5020 5022 5000 5002 5010



- ▶ 2016 és 2022 közötti időszakban több mint, 300 elektromos repülőgép-projekt, valamint közel 200 elektromos repülőgép start-up vállalkozás indult útjára.

## ELEKTROMOS MEGHAJTÁS



# Az elektromos repülőgépek gazdaságossága

- ▶ A kétülékes Pipistrel elektromos hajtású repülőgép energiaköltsége óránként mintegy **1 \$**
- ▶ míg egy hagyományos, szintén kétülékes Cessna C152 típusú, belsőégésű dugattyús motorral szerelt példányé körülbelül **34 \$** (~2022)
- ▶ Megállapítható tehát, hogy egy üzemóra alatt az energiaköltség harmincnegyed része az elektromos repülőgép esetében, de még a teljes üzemköltséget összevetve is közel negyede a fosszilis energiahordozóval hajtott géppel szemben.

**ELEKTROMOS** MEGHAJTÁS

# A hatótávolság és a hasznos teher

- ▶ A mai korszerű lítium akkumulátorok adott feltételek mellett mintegy 50x nehezebbek, mint a kerozin.

Üzemanyag	Energiasűrűség (MJ L <sup>-1</sup> )	Energiasűrűség (MJ kg <sup>-1</sup> )
JP-8 JET üzemanyag (kerozin)	34,5	43,4
Diesel	36,2	42,5
Benzin	32	44
Hidrogén (folyékony)	120	8
Methanol	15,6	19,7
Lítium-ion akkumulátor	N/A	0,6

ELEKTROMOS MEGHAJTÁS

## Tesztek: Liaoning General Aviation Research Institute

- ▶ A senjangi Liaoning General Aviation Research Institute prototípusa, egy vállszárnyas kompozit gép kétágú légcsavarral.
- ▶ maximális felszálló tömege **1200 kg**
- ▶ fesztávolsága 13,5 m
- ▶ Egy feltöltéssel **másfél órát** képes repülni
- ▶ maximális sebessége pedig **200 km/h**
- ▶ A legnagyobb távolság pedig, amit eddig Senjangból repültek vele, **300 km** volt
- ▶ ehhez szükséges akkumulátorkapacitás csaknem **70 kWh**

**ELEKTROMOS MEGHAJTÁS**



## Tesztek: Eviation Alice

- ▶ Eviation vállalat Alice kétmotorosa egy hat-kilenc utasra méretezett üzleti célú gép
- ▶ hasznos terhe **1200 kg**
- ▶ Ilyen terhelés mellett a hatótávolság **815 kilométer** lesz, amit több, mint **400 km/h** sebességgel képes teljesíteni
- ▶ Ezeket az adatokat a gép mintegy **harminc perces töltés** révén tudja biztosítani



**ELEKTROMOS MEGHAJTÁS**

## Az elektromos repülőgépek csúcsebessége

- ▶ Rolls-Royce – Spirit of Innovation
- ▶ A repülőgép nagy teljesítményű, ultrakönnyű elektromos hajtásrendszere **400 kW** teljesítményt (500+ LE) ad le
- ▶ 3 új világrekord
- ▶ A rekorddöntő futamok során a repülő **623 km/h** csúcsebességet ért el
- ▶ továbbá a **3000 méteres** magasságba való feljutás leggyorsabb idejét **202 másodpercre** csökkentette, amely így 60 másodperccel megdöntötte az eddigi csúcstartó idejét

**ELEKTROMOS** MEGHAJTÁS



## A cél megközelítése

- ▶ **Szükségszerű:** villamos hajtómotorok adott teljesítményre levetített villamos fogyasztását csökkenteni és/vagy a töltéstároló telepek kapacitás/tömeg arányát számottevően (legalább egy nagyságrenddel) növelni
- ▶ Jelentős a fejlődés például a szilárd test akkumulátorok (SSB) terén, amelyek a Li-ion akkukhoz képest **4x** nagyobb energia- és teljesítménysűrűséget ígérnek.

**ELEKTROMOS** MEGHAJTÁS

- ▶ A szakértők fontosnak tartják, hogy megújuló energia alkalmazásával vízbontással előállítható hidrogén kerüljön előtérbe.
- ▶ Az ICAO szerint 2050-ig jelentős hatást nem fog gyakorolni a szén-dioxid csökkentésben a hidrogén alkalmazása a meghajtásokban.
- ▶ Egyes becslések szerint az energia megosztásban megközelítőleg 1,9%-ot fog kitenni.

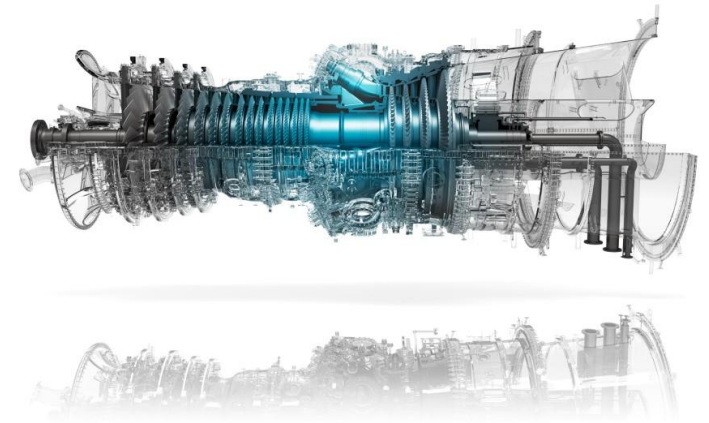
HIDROGÉN ÜZEM



## Hidrogén meghajtású gázturbinák

- ▶ Az Airbus szerint 2035-re menetrendszerinti járatokat teljesíthetnek az első hidrogén üzemű utasszállító repülőgépek, akár **200 utassal** is a fedélzeten, **3500 km**-es maximális távolságra
- ▶ **2050** előtt viszont nem tartják valószínűnek a szakemberek a technológia széles körű elterjedését.
- ▶ A folyékony hidrogén tárolása számos akadályba ütközik □ üzemanyag-tartályok tervezése és repülőgépbe illesztése
- ▶ A folyékony hidrogén szállítása költséges és bonyolult folyamat □ **-252 Celsius**
- ▶ Megállapítható, hogy a távlati jövő zöld üzemanyaga a hidrogén.

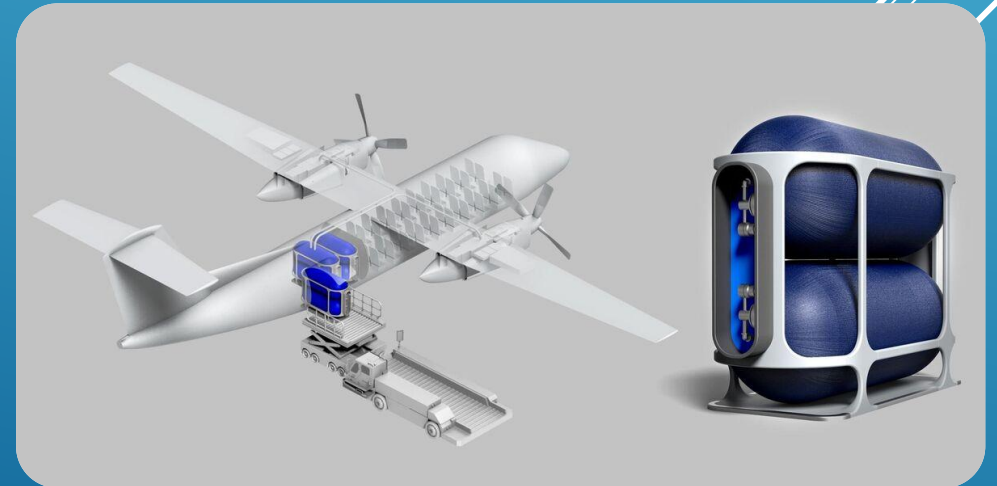
**HIDROGÉN ÜZEM**



# Hidrogén üzemanyagcellás hajtómű

- ▶ Hidrogén nem csupán gázturbinák üzemanyagaként szolgálhat, ahol a hajtóműből kilépő gázsugár bizonyos tolóerővel kiáramló égéstermékét használják fel, hanem légcsavar forgatására felhasznált üzemanyagcellás kialakítású motorok is működhetnek a zöld üzemanyaggal.
- ▶ elektrokémiai reakció során a hidrogént elektromos energiává alakítják át, így forgatva meg légcsavart elektromos motor által
- ▶ A technológia nem bocsát ki szén-dioxidot égéstermékében, legjelentősebb mellékterméke a víz
- ▶ nulla a nitrogén-oxid kibocsátás és nem képződik kondenzcsík
- ▶ Az Airbus előreláthatólag a ZEROe programját a 2020-as évek végén indítja el. A programban fejlesztésre kerülő üzemanyag cellás repülőgépektől közel **2000 km**-es hatótávot várnak el, megközelítőleg **100 utas** szállítása mellett.
- ▶ Légcsavar használatából adódó repülési korlátok: alacsonyabb sebesség, kisebb utazómagasság

**HIDROGÉN ÜZEM**



## Tesztek: De Havilland Dash-8

- ▶ Egyik erőforrásánál hidrogén üzemanyagcellás meghajtás
- ▶ 15 perc repülési idő, 3000 méteres repülési magasság, 315 km/h sebesség
- ▶ Kisebb zajterhelés
- ▶ Kevesebb rezgés
- ▶ 2025-ben kereskedelmi forgalomba állhat a 40 személyt szállító repülőgép

HIDROGÉN ÜZEM



- ▶ Jelenleg kerozinnal képesek vagyunk relatív nagy magasságon, nagy sebességgel, nagy távolságokra repülni, akár több száz utast szállítva, vagy sok tonna árut célba juttatva.
- ▶ Közeljövőben lehetséges megoldás: SAF + elektromos meghajtás
- ▶ Távoli jövő potenciális zöld üzemanyaga: hidrogén (gázturbina és üzemanyagcellás hajtómű)
- ▶ Jövő technológiájának célja: a repülési jellemzőket lehetőleg nem csorbítva nagyságrendekkel csökkentés a károsanyag kibocsátásokat, fókuszálva a szén-dioxid gázra

## KONKLÚZIÓ

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET

[www.erenfield.com](http://www.erenfield.com)

## References

- Airbus (n.d.) <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2021-06-airbus-establishes-zero-emission-development-centres-in-germany-and> (Downloaded: 6 March 2023)
- Airways (n.d.) <https://airwaysmag.com/first-flight-eviations-aiace/> (Downloaded: 6 March 2023)
- Asia Times (n.d.) <https://asiatimes.com/2019/10/liaoning-tourist-first-flight-of-electric-ry4e/> (Downloaded: 6 March 2023)
- ATAG (n.d.) <https://www.atag.org/facts-figures/> (Downloaded: 6 March 2023)
- Bakó, G.; Molnár, Z.; Bakk, L.; Horváth, F.; Fehér, L.; Ábrám, Ó.; Morvai, E.; Biro, C.; Pápay, G.; Fűrész, A.; Penksza, K.; Pácsonyi, D.; Demény, K.; Juhász, E.; Dékány, D.; Csernyava, L.; Illés, G.; Molnár, A. (2021): Toward a High Spatial Resolution Aerial Monitoring Network for Nature Conservation—How Can Remote Sensing Help Protect Natural Areas? - Sustainability 2021, 13, 8807. <https://doi.org/10.3390/su13168807>
- CO<sub>2</sub> Value Europe (n.d.) <https://co2value.eu/first-flight-in-history-with-100-sustainable-aviation-fuel-sof-on-a-regional-commercial-aircraft-this-summer/> (Downloaded: 5 March 2023)
- Dat 2018, T. Tran, [Jessica M. Palomino](#), [Scott R. J. Oliver](#) (2018), 7301-7314, Desulfurization of JP-8 jet fuel: Challenges and adsorptive materials, *RSC Adv.*, DOI: [10.1039/C7RA12784G](https://doi.org/10.1039/C7RA12784G)
- Sally Deborah, Pereira da Silva, Fernando Coelho, Eugenio Roberta, Aparecida Fantinel, Lucio de Paula, Amaral Régis Ruoso: 2023 Modeling and detection of invasive trees using UAV image and machine learning in a subtropical forest in Brazil, ECOL INFORM
- DHL Group (n.d.) <https://www.dpdhl.com/en/media-relations/press-releases/2021/dhl-express-shapes-future-for-sustainable-aviation-order-first-ever-all-electric-cargo-planes-aviation.html> (Downloaded: 6 March 2023)
- Edgar (n.d.) Emissions Database for Global Atmospheric Research, [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report\\_2021](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2021) (Downloaded: 6 March 2023)
- GE Aviation (n.d.) <https://www.ge.com/news/reports/this-idea-is-fly-the-story-of-the-first-passenger-flight-using-only-sustainable-aviation> (Downloaded: 5 March 2023)
- ICAO (n.d.) <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/SAF.aspx> (Downloaded: 5 March 2023)
- ICAO-Environment (n.d.) <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/climate-change.aspx> (Downloaded: 6 March 2023)
- ICAO Committee on Aviation Environmental Protection Report (n.d.) [https://www.icao.int/environmental-protection/IATAG/Documents/REPORT%20ON%20THE%20FEASIBILITY%20OF%20A%20LONG-TERM%20ASPIRATIONAL%20GOAL\\_en.pdf?label=IwAB2NHDPtSTZ0HgwR7x74Mdo00BX2mS21EHHzGF-l3CMAY1rUimvval37-Sw](https://www.icao.int/environmental-protection/IATAG/Documents/REPORT%20ON%20THE%20FEASIBILITY%20OF%20A%20LONG-TERM%20ASPIRATIONAL%20GOAL_en.pdf?label=IwAB2NHDPtSTZ0HgwR7x74Mdo00BX2mS21EHHzGF-l3CMAY1rUimvval37-Sw) (Downloaded: 6 March 2023)
- IEA (n.d.) <https://www.iea.org/articles/what-does-net-zero-emissions-by-2050-mean-for-bioenergy-and-land-use> (Downloaded: 5 March 2023)
- Jana Müllerová, Tomáš Bartaloš, Josef Brůna Josef, Brůna Show, Michaela Vitková (2017): Detection and monitoring of invasive plant species using remote sensing, International Journal of Remote Sensing 38(8-10):2177-2198 DOI: 10.1080/01431161.2016.1275059
- Oxera (n.d.) <https://www.oxera.com/insights/agenda/articles/can-the-private-sector-help-to-get-the-rail-industry-back-on-track/> (Downloaded: 6 March 2023)
- Rolls-Royce (n.d.) <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2021/19-11-2021-spirit-of-innovation-stakes-claim-to-be-the-worlds-fastest-all-electric-vehicle.aspx> (Downloaded: 6 March 2023)
- Rolls-Royce (n.d.) <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2021/19-11-2021-spirit-of-innovation-stakes-claim-to-be-the-worlds-fastest-all-electric-vehicle.aspx> (Downloaded: 6 March 2023)
- Scientific American (n.d.) <https://www.scientificamerican.com/article/sustainable-aviation-fuel-acces-helicopter-and-plane-flight-tests/> (Downloaded: 5 March 2023)
- Ying S. X. (2022) Electric Aircraft. ICAO Climate Change Mitigation, 120-123. URL: [https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022\\_Art30.pdf#search=electric](https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022_Art30.pdf#search=electric)