

A green airplane silhouette made of leaves flying over a green landscape. The airplane is positioned in the upper right quadrant, flying towards the left. The landscape below is composed of various green plants and trees. A dark blue rectangle is located in the top left corner.

Emissieloze luchtvaart in 2050? De rol van brandstof en vliegtuig

Paul Peeters, Breda University of Applied Sciences; Utrecht, 24-05-2019

DISCOVER YOUR WORLD

Alternatieve brandstof noodzakelijk

- Emissieloze vliegtuigen vanaf circa 2050 (maar huidige vloot 25.000 plus 10.000 in bestelling)
 - Huidige vliegtuig 'lust' alleen kerosine
- Dus óf volume reduceren óf alternatieve brandstoffen:
 - Biobrandstof
 - Synthetische brandstof uit CO₂ (e-fuel; power-to-liquids)
 - Waterstof

Energie-efficiëntie

- Chlorofyl is inefficiënte energieomzetter:
 - Gemiddeld 0,1-0,2%
 - Landbouwgewassen: 0,2-0,4%
 - Ethanol Brazilië: 0,35%
 - Maximum theoretisch: 4,6-6,0%
 - Algen: ca 1-3%; misschien iets hoger na genetische modificatie
- Zonnepanelen (silicium):
 - 10-20%
 - Maximum theoretisch: 32% (mogelijk 40%)
- Wind: wat ruimtegebruik betreft vergelijkbaar met zon

Blankenship, R. E., Tiede, D. M., et al. (2011). Comparing Photosynthetic and Photovoltaic Efficiencies and Recognizing the Potential for Improvement. *Science*, 332(6031), 805.

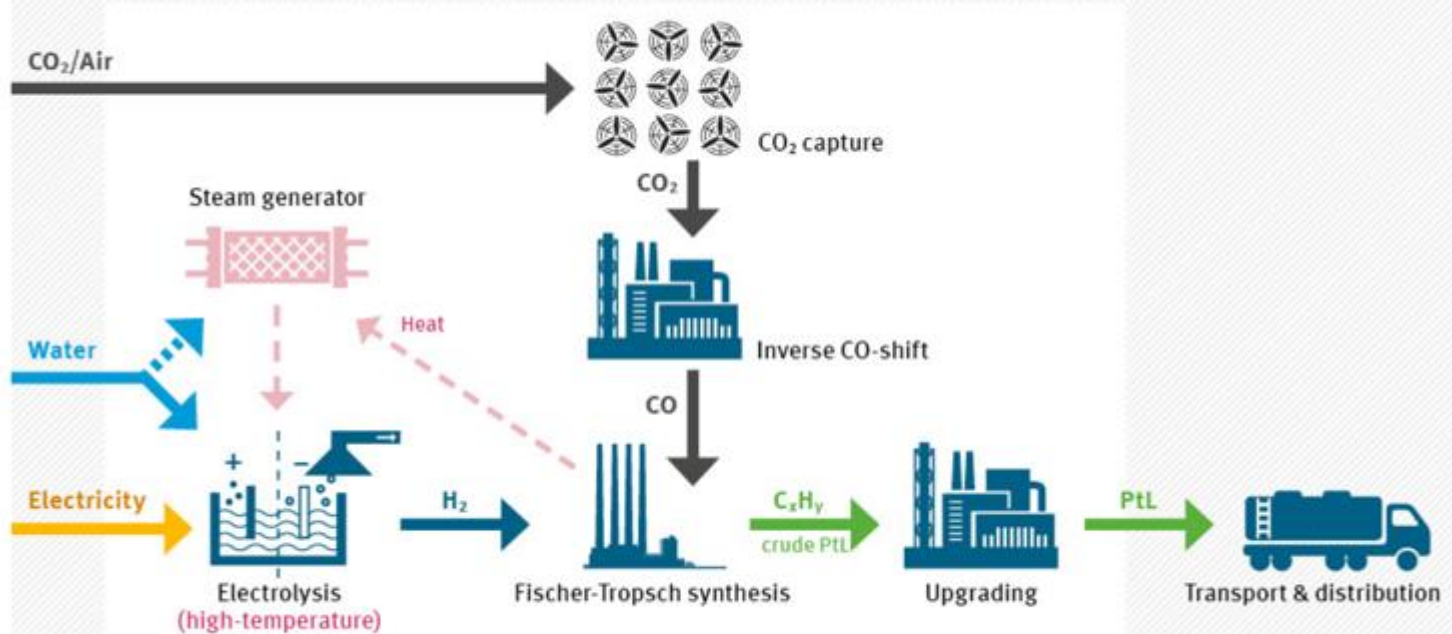
Pate, R. C. (2013). Resource requirements for the large-scale production of algal biofuels. *Biofuels*, 4(4), 409-435.

Biobrandstoffen beschikbaarheid

- EU 6-9% in 2030 (de Jong et al. 2018)
- Wereldwijd (GTTM, 2015-2100)
 - Duurzaam, ongesubsidieerd: 6%
 - Duurzaam, gesubsidieerd: 10%
 - Niet-duurzaam, ongesubsidieerd: 26%
 - Niet-duurzaam, gesubsidieerd: 31%
- Wereldwijd in 2050: 10-40% vervanging (7-30% CO₂-reductie; Wise et al., 2017)

Alternatief: e-fuels

PTL production via Fischer-Tropsch pathway (high-temperature electrolysis optional)

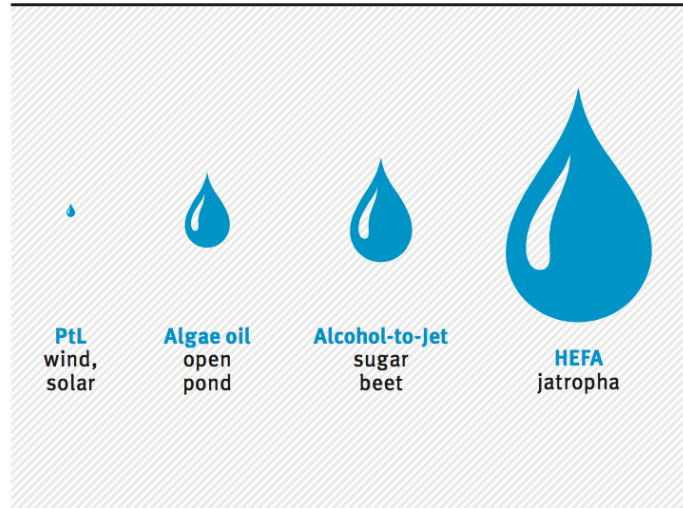


Source: LBST

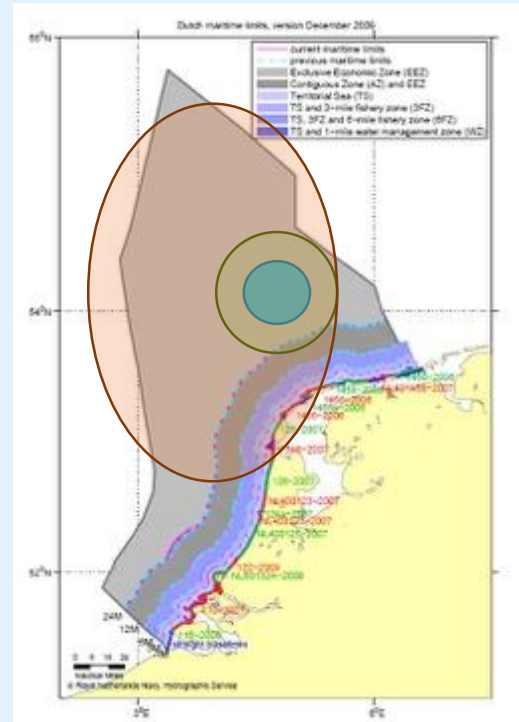
Milieuaspecten: water en ruimte

Water demand per liter of jet fuel

PtL water demand compared to selected biofuels
(volume representation, PtL water demand ~ 1.4 L_{H₂O}/L_{jetfuel})



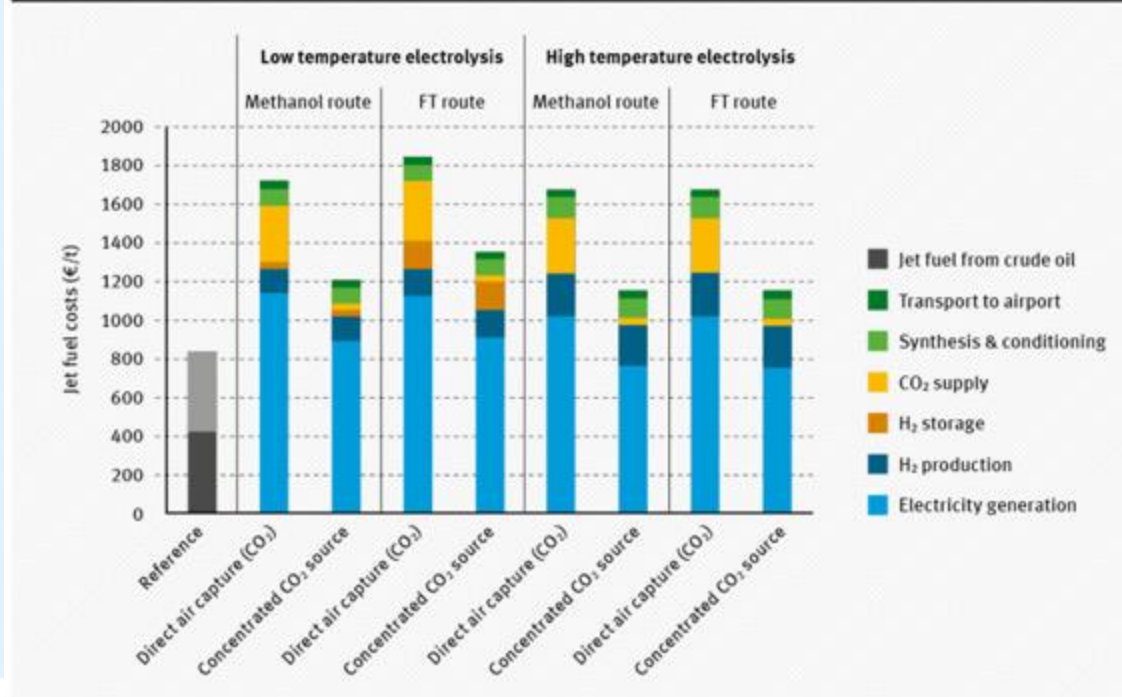
Source: LBST/BHL, 2016



Benodigd
windpark
(2030) e-fuel:
tussen 5% en
13% NL
Continentaal
plat
Ruimte voor
algen: 65-
100%

Kosten

Jet fuel costs projected for future PtL plants in 2050 (jet fuel reference price: 42–95 US\$/bbl;
renewable electricity costs: 40 €/MWh_{el}; equivalent full-load period: 3750 h_{eq}/yr)



Source: LBST

Direct air capture (DAC)

- CO₂ direct uit de atmosfeer halen
- Climeworks (Zwitserland) verkoopt er apparaten voor
- 2,5 ton CO₂ per dag
- 90 m² installatie:
 - 157 ha voor alle NL luchtvaart



TRL PtL

- TRL (Technology Readiness Level) schaal:
 - 1 is theoretisch idee
 - 5-6 is 'werkt in het lab'
 - 8 is klaar voor de markt
 - 9 is nieuw in de markt
 - 10 is lange ervaring mee in de markt
- Technology Readiness levels PtL proces:
 - Met geconcentreerde CO₂: 8-9
 - CO₂ DAC: 6-8

Vergelijking bio- en e-fuels

Issue	Biobrandstoffen	e-fuels
Klimaatteffect (%)	50-80%	90-99%
Ruimtegebruik	Hoog	Middel tot laag
Watergebruik	Hoog	Zeer laag
Concurrentie voedselproductie	Hoog risico	Relatief klein risico
Concurrentie met natuur	Hoog risico	Relatief klein risico
Potentie 100% vervanging	Gering	Groot
Bodemvruchtbaarheid	Groot risico	Bijna geen impact
Energiegebruik (factor)	1,4-2,0	2,0-3,0

Bosaanplant als compensatie (1)?

❑ **Geen** goed idee want:

- Olievoorraden zijn zeer veilige plek voor CO₂; bossen zijn nogal riskante plek voor CO₂. Het moet niet in de biosfeer komen.
- Bosaanplant is véél te belangrijk om financieel **afhankelijk** te maken van een activiteit als luchtvaart met zijn beperkte noodzaak en extreem lage eco-efficiency.
- **Psychologisch effect**: “ik compenseer dus ik heb geen enkel effect op het klimaat”;
 - Reactie luchtvaartsector op CORSIA overeenkomst: “This is our license to grow!” (Alexandre de Juniac)*)

Bosaanplant als compensatie (2)?

- Luchtvaart kan naar nul-emissies, mits afgedwongen door overheid. Bosaanplant/compensatie luchtvaart is **het** politieke argument tegen zulk beleid.
- Als 'compensatie' het nul-emissies-pad frustreert gaat luchtvaart tot 20% van het 2 graden CO₂-budget opmaken (150-250 Gton).
- Alles op verminderen inzetten reduceert budget tot 5% en leidt tot 99% reductie in 2100.

Timeline langetermijnsceario?

- Tot circa 2030: gebruik de beetjes biobrandstof die beschikbaar zijn en
- Tot 2022: ontwikkel e-fuels-techniek tot proeffabriek
- 2022-2030: opschalen e-fuel-productie (elk jaar 2-4% extra vervangen)
- 2020-2040: DAC CO₂ uit atmosfeer levert CO₂ in plaats van industrie
- >2050: emissieloze luchtvaart maar met hoog energiegebruik
- Nu-2070: ontwikkeling en introductie waterstof-elektrisch vliegtuig → vanaf 2070 sterke reductie energiegebruik.

Conclusie

- Biobrandstoffen erg riskante route naar een deeloplossing.
- E-fuels kunnen technisch en economisch wel; reductie volumegroei onvermijdelijk.
- Focus in beleid is noodzakelijk: e-fuels voor nu en H₂-el vliegtuig voor lange termijn.

Dank voor uw aandacht
