

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
Dipartimento di Ingegneria Industriale DII - Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

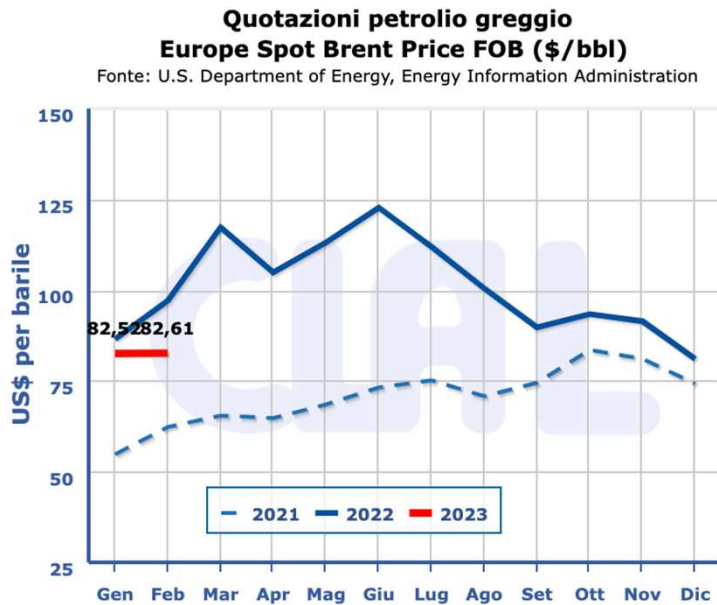
**“Biocarburanti e sostenibilità: analisi delle opportunità offerte
dall'impiego delle microalghe per la produzione di combustibile
per il trasporto aereo”**

Tutor universitario: Prof.ssa Roberta Bertani

Padova, 17/03/2023

Laureando: Federica Nobile
Matricola 1225289

Negli ultimi decenni, il settore del trasporto aereo ha registrato una fase di crescita pressoché costante, incrementando, di conseguenza, il suo impatto negativo sull'ambiente. Il rapporto dell'European Aviation Environmental del 2019 stimava una crescita dei voli del 42% tra il 2017 e il 2040, con conseguente aumento delle emissioni di Anidride Carbonica e Ossidi di Azoto rispettivamente del 21% e del 16%, entro il 2040.



A causa della pandemia, però, il numero di voli è sceso drasticamente da 9,3 milioni nel 2019, rispettivamente a 4,12 milioni e 5,07 milioni nel 2020 e 2021. Le tendenze a lungo termine mostrano che i voli all'anno cresceranno nuovamente fino a 12,2 milioni entro il 2050, con emissioni di CO₂ fino a 188 milioni di tonnellate.

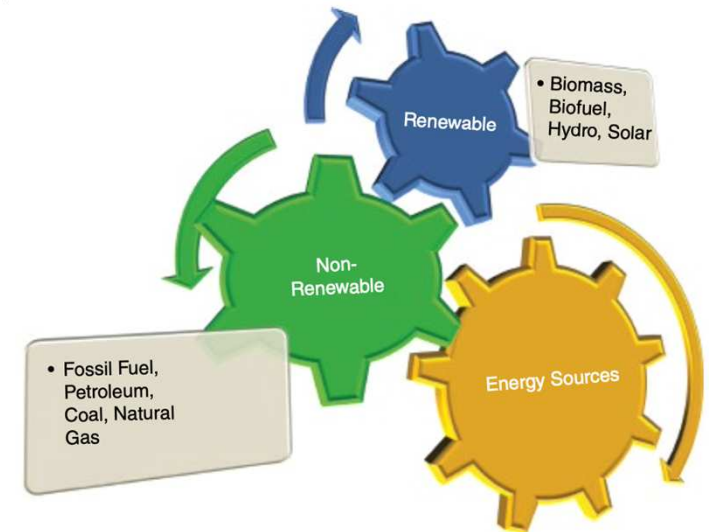
Gli obiettivi della presente relazione sono i seguenti:

- Analisi dei biocombustibili e del concetto di sostenibilità
- Introduzione alle alghe
- Metodi di coltivazione delle alghe
- Analisi della produttività lipidica delle microalghe
- Introduzione alle tecnologie di conversione dell'energia dalle alghe
- Conformità e driver attuali per carburanti alternativi



Secondo l'Agenzia europea dell'ambiente i carburanti sostenibili per l'aviazione (SAF) sono definiti come *"carburanti per aviazione a base biologica che riducono le emissioni di gas serra rispetto al carburante per aviazione convenzionale, evitando altri impatti negativi sulla sostenibilità"*

Uno dei passi cruciali affinché i combustibili a basse emissioni di carbonio possano sostituire efficacemente il carburante tradizionale consiste nell'ottenere la stessa densità di energia. Infatti, sia la densità energetica del carburante sia il peso dei componenti dell'aeromobile sono ritenuti fattori chiave in quanto il consumo energetico di un aereo è proporzionale alla sua massa.



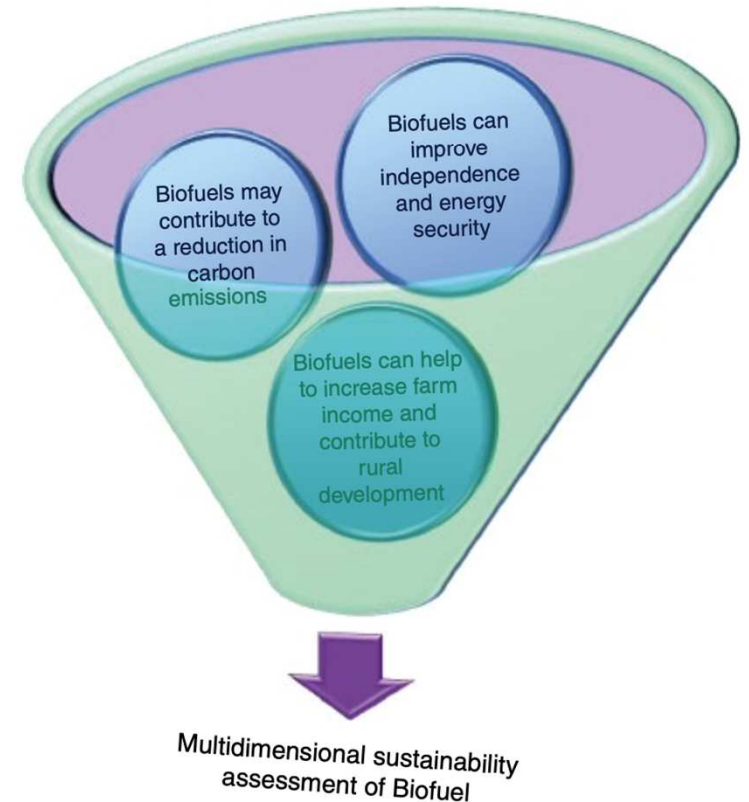
La sostenibilità è un principio chiave nella gestione delle risorse naturali e implica efficienza operativa, minimizzazione dell'impatto ambientale e considerazioni socio-economiche, tutte interdipendenti.

Il carburante per aerei derivato dalle microalghe costituisce un'ottima alternativa poiché esse presentano le seguenti proprietà:

- un buon contenuto lipidico
- catturano la CO₂ atmosferica
- possono crescere in acqua marina o nelle acque reflue
- crescono abbastanza velocemente in un periodo di tempo molto breve
- l'olio prodotto non è una minaccia per la sicurezza alimentare

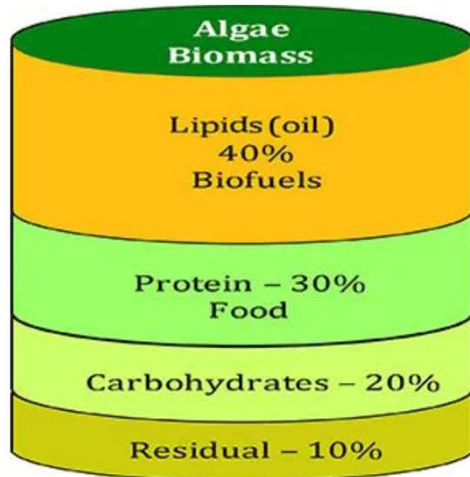
Sfide da affrontare:

- disponibilità della materia prima
- compatibilità del carburante alternativo con il carburante convenzionale
- riduzione al minimo dell'impatto sull'uso del suolo e sull'assunzione di acqua
- ottimizzazione delle tecniche di produzione



Le alghe sono piante primitive tallofite il cui corpo, detto tallo, è privo di radici, stelo e foglie, e sfruttano la clorofilla a come pigmento fotosintetico. La loro semplice struttura risulta sia funzionale allo svolgimento di tale processo biochimico sia all'adattamento a diversi ecosistemi.

Tra le principali componenti della biomassa algale vi sono i lipidi (trigliceridi e acidi grassi), carboidrati (amido, glucosio e altri polisaccaridi) e proteine.



Tra i fattori che ne influenzano la crescita vi sono:

- la penetrazione e la distribuzione della luce
- una buona miscelazione
- un pH e una temperatura di coltura di favorevoli.

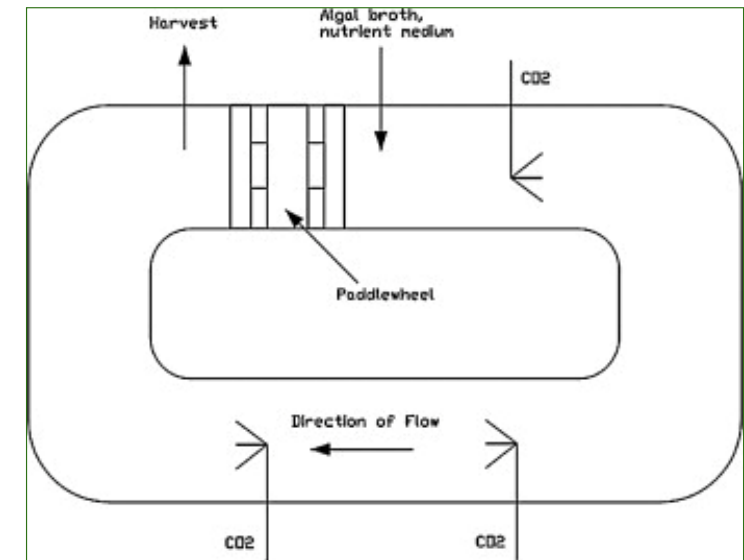


I due sistemi di coltivazione implementati si basano su tecnologie a **stagno aperto** e **fotobioreattori chiusi**.

I **sistemi a stagno aperto** sono tipicamente costituiti da un anello chiuso e vari canali di ricircolo, nei quali viene garantita la miscelazione e la circolazione per stabilizzare la crescita e la produttività delle alghe.

Vantaggi:

- metodo più economico per la produzione di biomassa algale su larga scala
- la produzione di bacini aperti non è necessariamente in competizione per terreni con colture agricole esistenti
- la manutenzione e la pulizia regolari sono più facili.



Svantaggi e problemi:

- richiedono ambienti altamente selettivi a causa della minaccia di contaminazione e inquinamento
- perdite per evaporazione
- fluttuazioni di temperatura nei mezzi di crescita
- limitazione della luce
- carenze di CO₂
- miscelazione inefficiente

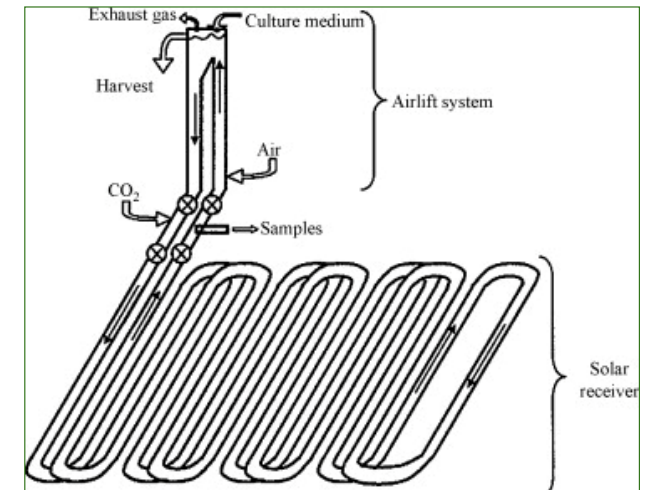


I **fotobioreattori** sono costituiti da una serie di tubi dritti in vetro o plastica che catturano la luce solare. I tubi hanno un diametro contenuto, di circa 0.1 – 0.2 m, per limitare le zone oscure al loro interno.

I fattori cruciali per favorire lo scambio di gas nei tubi sono proprio l'agitazione e la miscelazione.

I fotobioreattori tubolari sono caratterizzati da:

- un sistema di trasporto aereo
- un ricevitore solare
- una superficie molto ampia esposta alla luce solare
- minor rischio di inquinamento e contaminazione
- controllo più rigoroso del processo di produzione e tassi di produzione di biomassa potenzialmente più elevati.



L'**accumulo di lipidi** nelle microalghe può essere incrementato ottimizzando i fattori determinanti per la crescita, come l'intensità della luce solare e il controllo del livello di azoto.

Alte intensità luminose → aumento della produzione di lipidi
aumento del potere calorifico

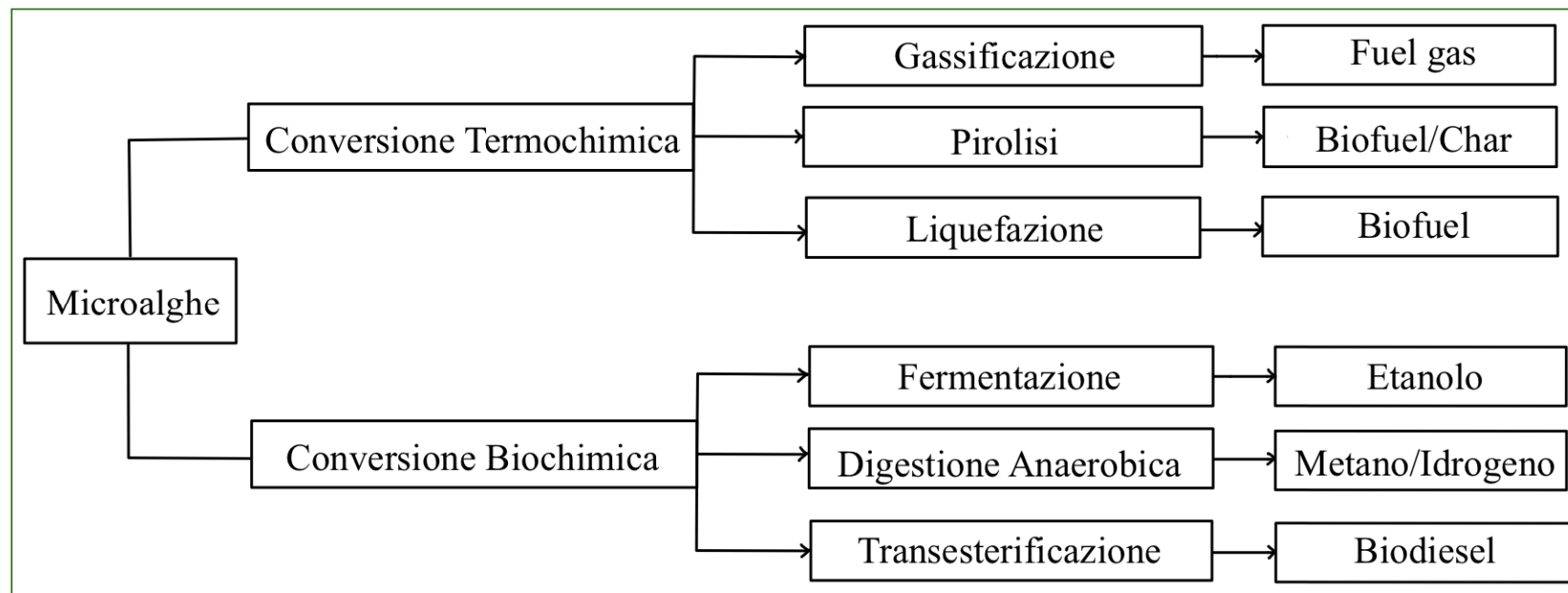
Limitazione dell'azoto → il metabolismo viene indirizzato verso la produzione di carboidrati e lipidi



Introduzione alle tecnologie di conversione dell'energia

I vincoli più stringenti per la conversione delle alghe in energia sono rappresentati dalle basse concentrazioni di biomassa nei brodi di coltivazione e dall'elevata umidità a valle del raccolto.

I fattori che influenzano la scelta del processo di conversione includono il tipo e la quantità di materia prima della biomassa, la forma di energia desiderata e i costi.

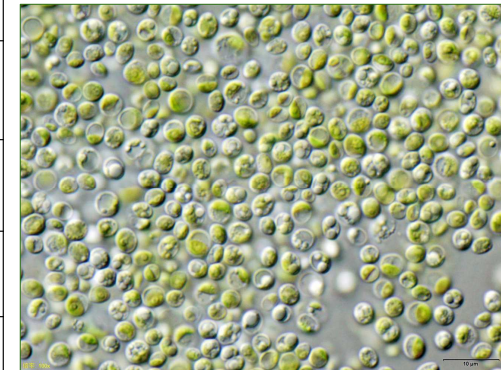


Conformità
lunghezza delle catene di carbonio compresa tra 8 e 16
elevato rendimento energetico
basso punto di congelamento + fluido antigelo
alto punto di infiammabilità

Driver per la scelta dei ceppi algali
produzione di lipidi e produttività della biomassa
resistenza alla contaminazione
intensità luminosa ottimale
tolleranza a livelli elevati di ossigeno e a temperature estreme

Molte specie di alghe sembrano posizionarsi come potenziali fonti di biocarburante da utilizzare nell'aviazione, inoltre, l'ASTM ha approvato e certificato la miscelazione di jet fuel convenzionale con bio-jet fuel derivato dalle alghe in un rapporto volumetrico 50/50, come la **Chlorella vulgaris**.

Parametro	Risultati \pm deviazione standard	Limiti dell'ASTM
Densità a 15°C [g/l]	0,8727 \pm 0,02	0,775 – 0,840
Viscosità a -20°C [cSt]	5,3 \pm 0,05	8 (massimo)
Punto di infiammabilità [°C]	67 \pm 0,5	38 (minimo)
Contenuto di acqua [%]	0,089 \pm 0,05	nd
Contaminazione totale [mg/kg]	5,64 \pm 0,1	24 (massimo)
Punto di congelamento [°C]	- 40 \pm 0,001	- 40°C (massimo)



Bibliografia

1. Liam Brennan, Philip Owende, (2010). Biofuels from microalgae - A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14, 557-577.
2. Sujith Nair, Hanna Paulose, (2014). Emergence of green business models: The case of algae biofuel for aviation. *Energy Policy*. 65, 175-184.
3. Joseph K. Bwapwa, Akash Anandraj, Cristina Trois, (2017). Possibilities for conversion of microalgae oil into aviation fuel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 80, 1345-1354.
4. Jackson Hwa Keen Lim, Yong Yang Gan, Hwai Chyuan Ong, Beng Fye Lau, Wei-Hsin Chen, Cheng Tung Chong, Tau Chuan Ling, Jiří Jaromír Klemeš, (2021). Utilization of microalgae for bio-jet fuel production in the aviation sector: Challenges and perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 149, 111396.
5. Joseph K Bwapwa, Anandraj Akash, Cristina Trois, (2019). Jet fuel blend from Algal Jet Fuel and Jet A1 in 50/50 volume ratio. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, Volume 14, Issue 2, June 2019, pages 234–240.

Sitografia

<https://www.eea.europa.eu/highlights/european-aviation-environmental-report-2022>

<https://www.clal.it/?section=petrolio>

<https://academic.oup.com/ijlct/article/14/2/234/5430499>

Immagini

Microalghe

Coltivazioni a cielo aperto

Fotobioreattori

Chlorella