

Il ruolo chiave dell'idrogeno nel futuro dei biocarburanti

Virtual meeting UNICHIM

18 novembre 2020

Vito Pignatelli, ENEA - Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili

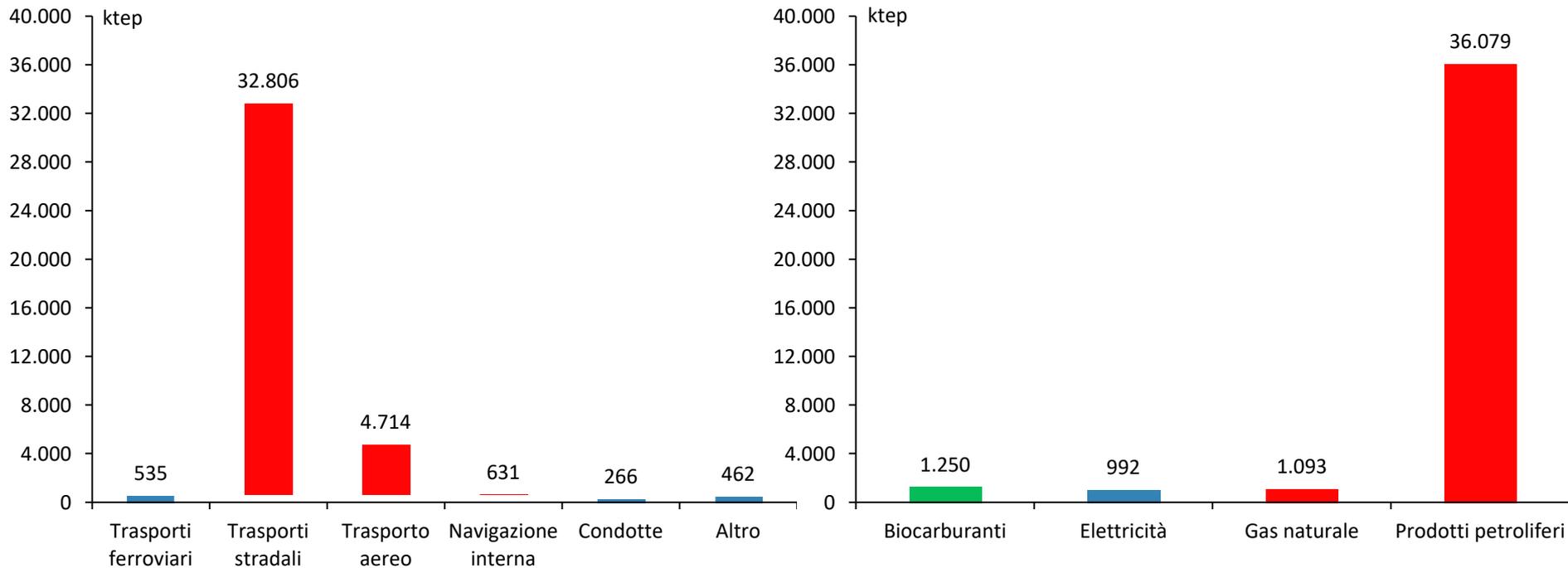


1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000



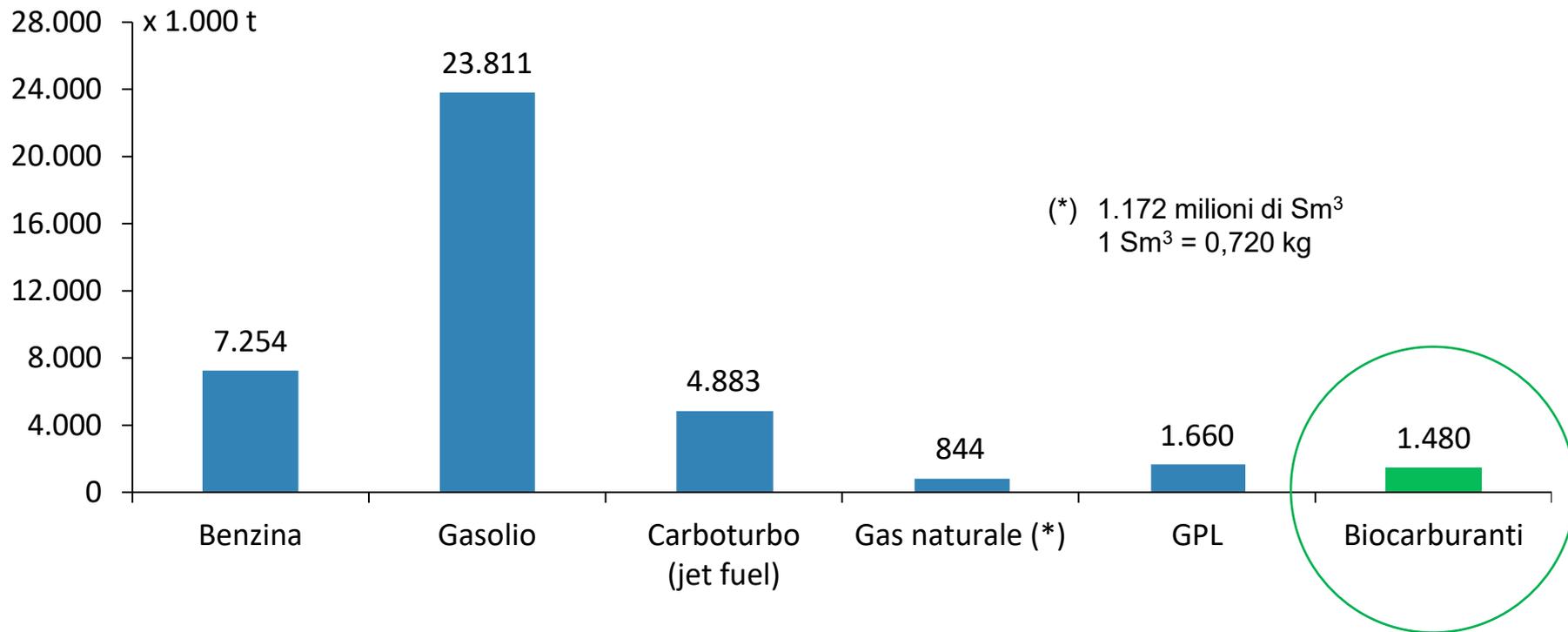
Consumi finali di energia nel settore dei trasporti in Italia per modalità e fonte energetica nel 2018

Consumi di energia nel settore dei trasporti = 31,5% del totale (32,1% nel 2019)



Elaborazione su dati GSE, Energia nel settore dei trasporti 2005-2019, giugno 2020

Consumi di carburanti nel settore dei trasporti in Italia nel 2019



Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico e GSE

Consumi di biocarburanti nel settore dei trasporti in Italia nel 2019

	Biodiesel (*)	Bio-etanolo	Bio-ETBE (**)	Biometano
Totale immesso al consumo (t)	1.409.548	16	35.384	35.163
<i>di cui sostenibile</i>	1.409.548		35.384	35.163
<i>di cui "single counting"</i>	353.206		35.383	
<i>di cui "double counting"</i>	1.056.342		1	35.163
<i>di cui "double counting avanzato"</i>	409.944		1	35.163
% sul totale	95,2%	0%	2,4%	2,4%

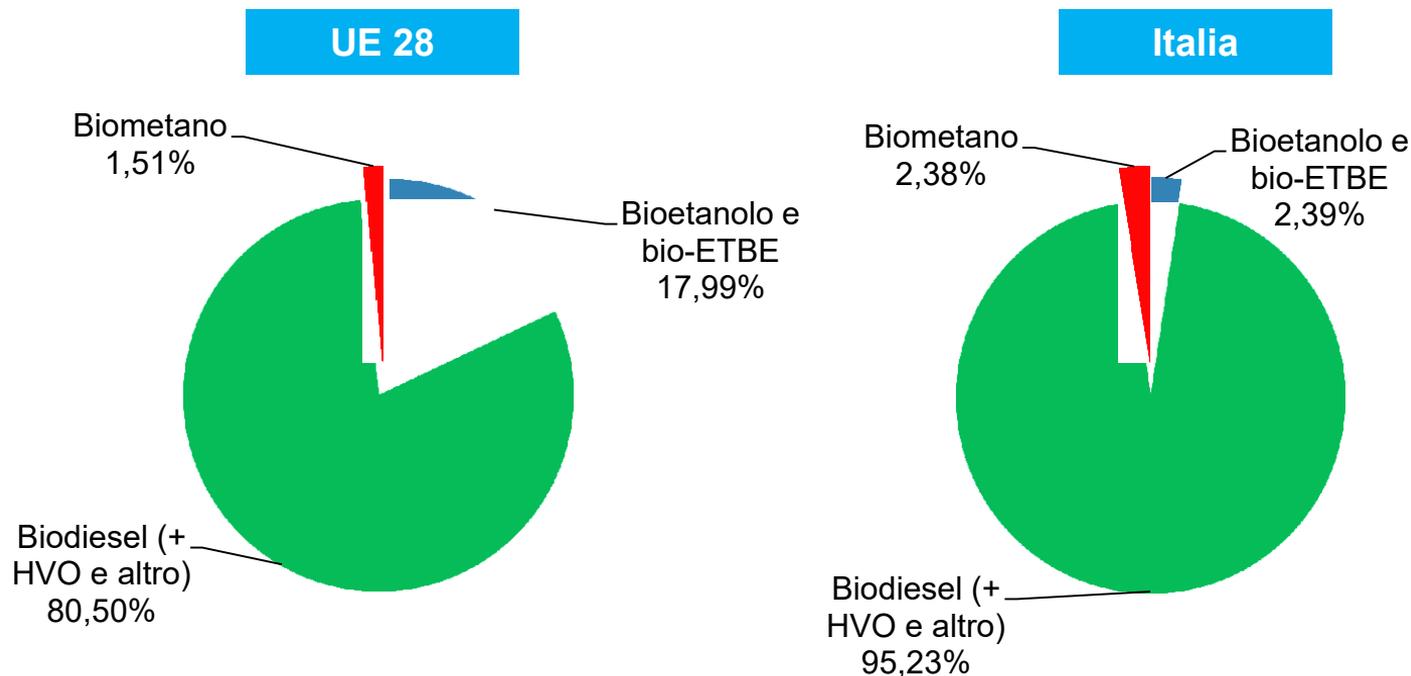
* Include anche l'olio vegetale idrotrattato (HVO), l'olio vegetale puro e il Diesel Fischer-Tropsch

** Si considera rinnovabile il 37% in peso del biocarburante, conformemente all'Allegato III della Direttiva 2009/28/CE

Contributo effettivo dei biocarburanti ai consumi finali di energia nei trasporti (40.420 ktep) = 3,2%

Fonte: GSE, Energia nel settore dei trasporti 2005-2019, giugno 2020

Consumi percentuali dei diversi biocarburanti nei Paesi dell'Unione Europea e in Italia nel 2019

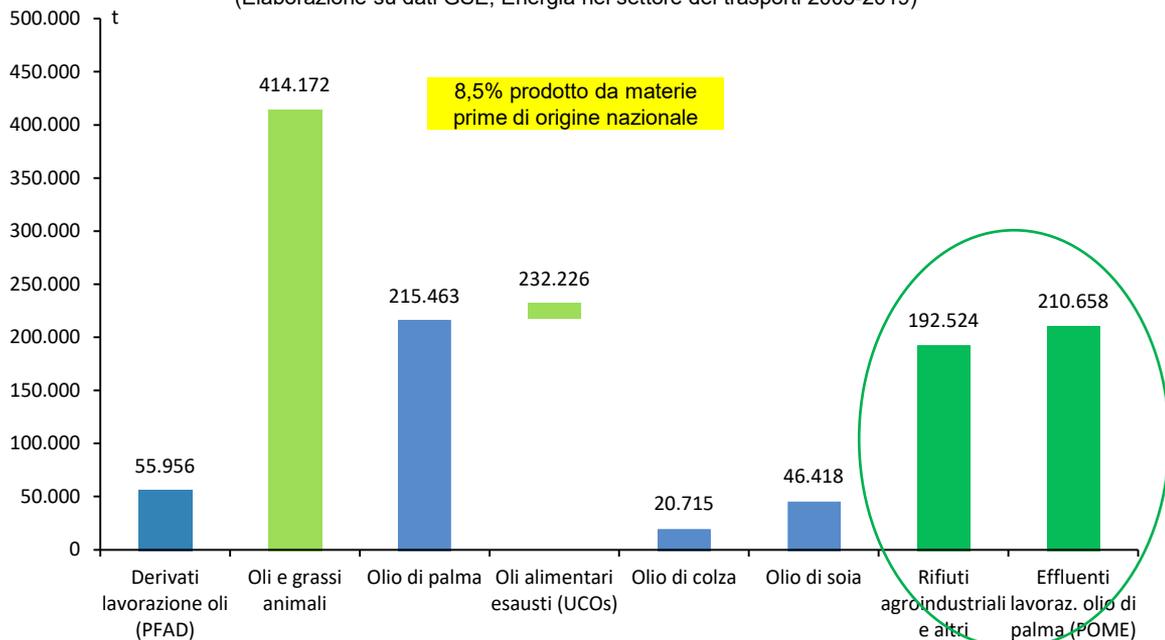


Elaborazione su dati EurObserv'ER - Biofuels Barometer, 2020 / GSE, Energia nel settore dei trasporti 2005-2019, giugno 2020

I biocarburanti avanzati

- Per biocarburanti avanzati si intendono tutti quelli, **liquidi o gassosi**, prodotti da scarti e residui agricoli ed agroindustriali, biomasse lignocellulosiche, alghe e colture di microalghe, **ad eccezione di quelli ottenuti da oli alimentari esausti e grassi animali non commestibili** (Direttiva 2001/2018/UE, Allegato IX)
- Questa definizione corrisponde in pratica a quella comunemente accettata per i **biocarburanti di seconda generazione** (carburanti da rifiuti, residui, materie ligno-cellulosiche, alghe ecc.)

Biocarburanti per veicoli diesel immessi al consumo in Italia nel 2019 per tipologia di materia prima (Elaborazione su dati GSE, Energia nel settore dei trasporti 2005-2019)



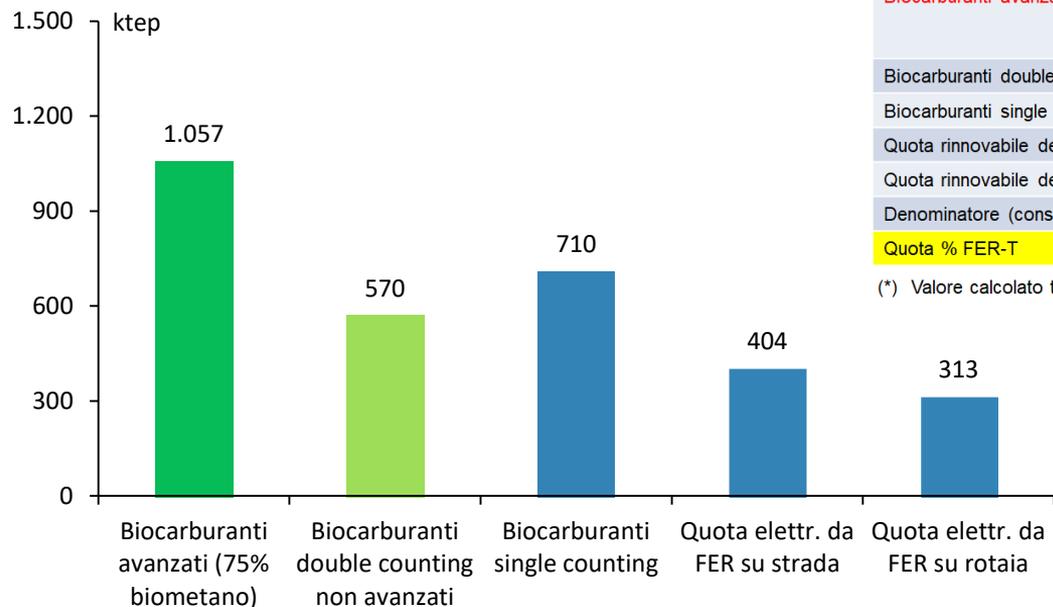
L'unico elemento che distingue un biocarburante convenzionale da uno avanzato è **la materia prima utilizzata** per la sua produzione, **indipendentemente dalla tecnologia e dalle caratteristiche del processo produttivo**

Materie prime per la produzione di biogas per il trasporto e biocarburanti avanzati

- a) Alghe, se coltivate su terra in stagni o fotobioreattori
- b) Frazione di biomassa corrispondente ai rifiuti urbani non differenziati
- c) Rifiuto urbano proveniente dalla raccolta domestica e soggetto alla raccolta differenziata
- d) Frazione della biomassa corrispondente ai rifiuti industriali non idonei all'uso nella catena alimentare, incluso materiale proveniente dal commercio e dall'industria agroalimentare, della pesca e dell'acquacoltura
- e) Paglia
- f) Concime animale e fanghi di depurazione
- g) Effluente da oleifici che trattano olio di palma e fasci di frutti di palma vuoti
- h) Pece di tallolio
- i) Glicerina grezza
- j) Bagasse
- k) Vinacce e fecce di vino
- l) Gusci
- m) Pule
- n) Tutoli ripuliti dei grani di mais
- o) Frazione della biomassa corrispondente ai rifiuti e residui dell'attività e dell'industria forestale
- p) Altre materie cellulosiche di origine non alimentare
- q) Altre materie ligno-cellulosiche, eccetto tronchi per sega e per impiallacciatura

Fonte: Direttiva 2001/2018/UE, Allegato IX Parte A

Contributo delle FER nel settore dei trasporti previsto in Italia nel 2030



	Fattore moltiplicativo	2022 (ktep)	2025 (ktep)	2030 (ktep)
Numeratore (*)		3.365	4.152	6.051
Biocarburanti avanzati	x 2	394	695	1.057
di cui biometano	x 2	277	511	793
di cui altri biocarburanti	x 2	117	184	264
Biocarburanti double counting non avanzati	x 2	672	630	570
Biocarburanti single counting		710	655	710
Quota rinnovabile dell'energia elettrica su strada	x 4	55	126	404
Quota rinnovabile dell'energia elettrica su rotaia	x 1,5	203	228	313
Denominatore (consumi finali lordi nei trasporti)		30.655	28.851	27.472
Quota % FER-T		11,0%	14,4%	22,0%

(*) Valore calcolato tenendo conto dei fattori moltiplicativi

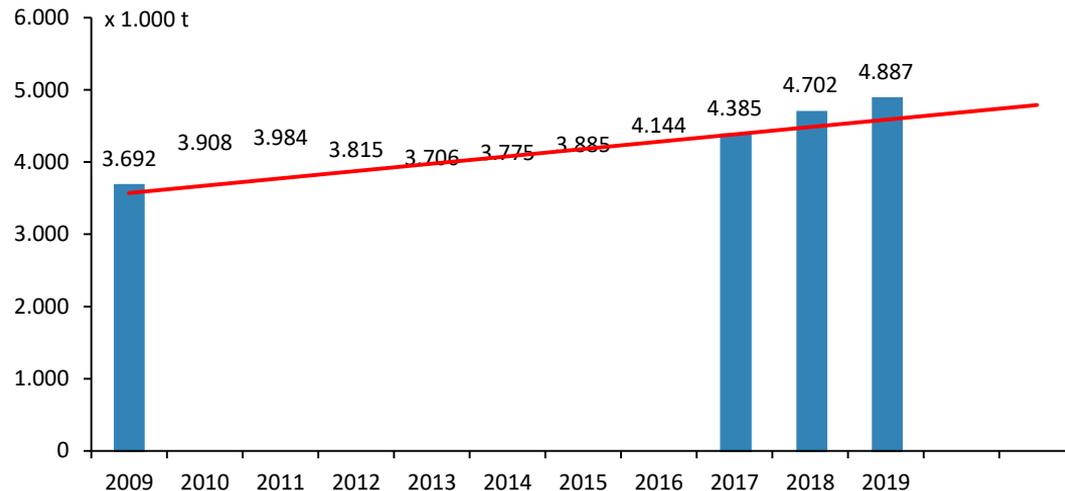
Contributo reale biocarburanti ai consumi finali lordi del settore (CFL-T) = 15%

Elaborazione su dati Piano Nazionale Integrato Energia e Clima, dicembre 2019

Nuovi mercati e opportunità per i biocarburanti: una sfida aperta per il futuro

Nei prossimi anni è previsto un forte incremento dei consumi di elettricità da FER nel trasporto stradale pubblico e privato, ma ...

- Per i sistemi di trasporto che richiedono un'elevata densità di energia per coprire lunghe percorrenze, in primo luogo il **trasporto aereo**, ma anche quello marittimo e stradale con mezzi pesanti su lunghe distanze, non ci sono alternative realistiche ai carburanti liquidi
- Questi sistemi di trasporto **dipenderanno a lungo dai soli biocarburanti** per coprire parte dei consumi con fonti di energia rinnovabili
- A causa delle loro proprietà chimiche, i biocarburanti tradizionali (biodiesel, etanolo e derivati) non sono in grado di soddisfare alcune stringenti specifiche per l'alimentazione degli aerei a reazione, come **la viscosità alle basse temperature e la densità energetica**

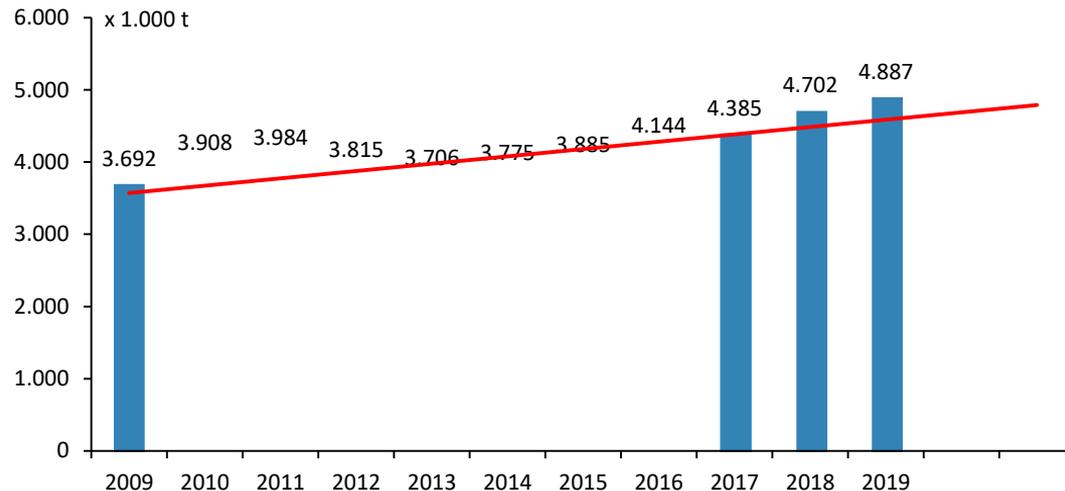


Consumi di carburanti per il trasporto aereo in Italia: anni 2009-2019
(Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico - Statistiche dell'energia, 2019)

Nuovi mercati e opportunità per i biocarburanti: una sfida aperta per il futuro

Nei prossimi anni è previsto un forte incremento dei consumi di elettricità da FER nel trasporto stradale pubblico e privato, ma ...

- Per i sistemi di trasporto che richiedono un'elevata densità di energia per coprire lunghe percorrenze, in primo luogo il **trasporto aereo**, ma anche quello marittimo e stradale con mezzi pesanti su lunghe distanze, non ci sono alternative realistiche ai carburanti liquidi
- Questi sistemi di trasporto **dipenderanno a lungo dai soli biocarburanti** per coprire parte dei consumi con fonti di energia rinnovabili
- A causa delle loro proprietà chimiche, i biocarburanti tradizionali (biodiesel, etanolo e derivati) non sono in grado di soddisfare alcune stringenti specifiche per l'alimentazione degli aerei a reazione, come **la viscosità alle basse temperature e la densità energetica**



Consumi di carburanti per il trasporto aereo in Italia: anni 2009-2019
(Elaborazione su dati Ministero dello Sviluppo Economico - Statistiche dell'energia, 2019)



Per sostituire il jet fuel, è necessario utilizzare una nuova generazione di **biocarburanti "drop-in"**

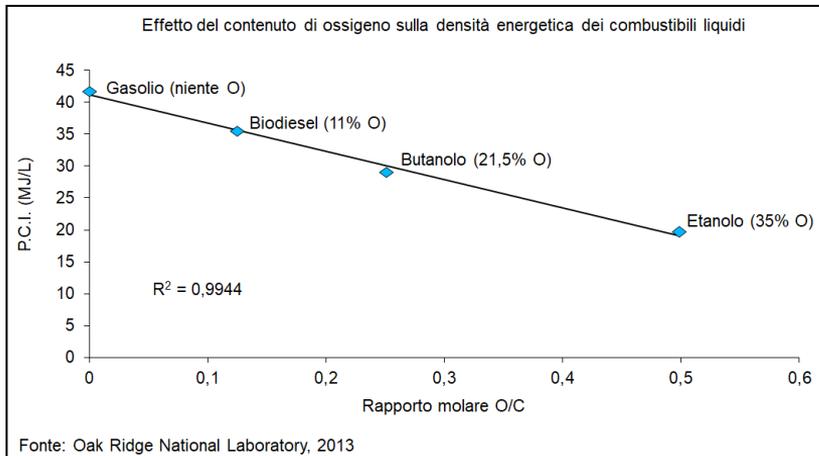
I biocarburanti "drop-in"

"Liquid bio-hydrocarbons that are functionally equivalent to petroleum fuels and are fully compatible with existing petroleum infrastructure"

(IEA Bioenergy, 2014)

I biocarburanti tradizionali sono chimicamente diversi dagli idrocarburi a causa della **presenza di ossigeno**, che ne peggiora le caratteristiche rendendoli inadatti all'uso per il trasporto aereo e creando problemi di incompatibilità in caso di miscelazione con i combustibili per autotrazione (il cosiddetto "**blending wall**")

Per trasformare un prodotto derivante dalla biomassa (come oli vegetali, grassi, alcoli, oli di pirolisi ecc.) in una miscela di idrocarburi, è necessario rimuovere il contenuto di ossigeno per portare il rapporto H_{eff} (idrogeno effettivo) / C il più vicino possibile al valore 2 tipico del gasolio e del jet fuel



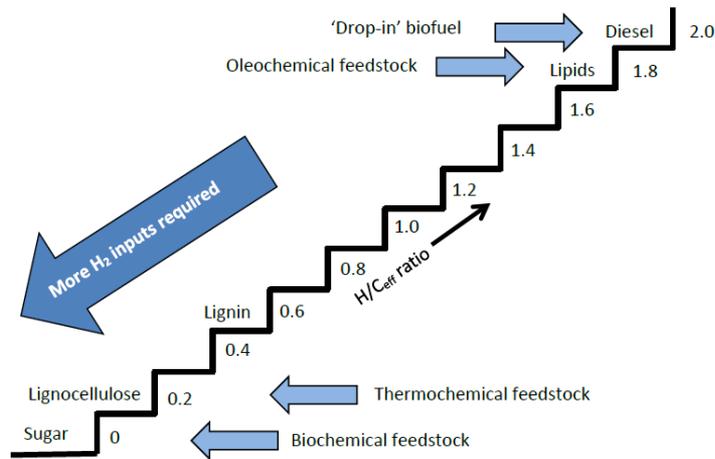
$$H_{\text{eff}}/C = \frac{n(H) - 2n(O)}{N(C)}$$

	Carburanti fossili	Oli e grassi	Carbone	Biomasse lignocellulosiche
H_{eff}/C	2	1,8	0,5	0,2

Il ruolo dell'idrogeno

- Analogamente a quanto avviene in raffineria, dove il petrolio greggio viene trattato con idrogeno per rimuovere zolfo, ossigeno e altri eteroatomi (hydrotreating) e "spezzare" gli idrocarburi a catena lunga (cracking), la produzione di biocarburanti "drop-in" **richiede l'apporto di idrogeno**

$$> H_{\text{eff}}/C = < \text{quantità di O da rimuovere} = < \text{richiesta di idrogeno}$$



(Fonte: EA Bioenergy, 2014)

- La rimozione dell'ossigeno avviene tramite reazioni di **idrodeossigenazione** (l'ossigeno viene allontanato come H₂O) e **decarbonilazione** (l'ossigeno viene allontanato come CO₂)
- Il secondo meccanismo, che non richiede idrogeno, porta all'accorciamento delle catene di C e ad un consumo di substrato (< resa di conversione)
- Il bilanciamento fra le due reazioni, che dipende dalle condizioni operative del processo e dalla natura del catalizzatore, determina **la resa finale del processo e la composizione della miscela di idrocarburi in uscita**

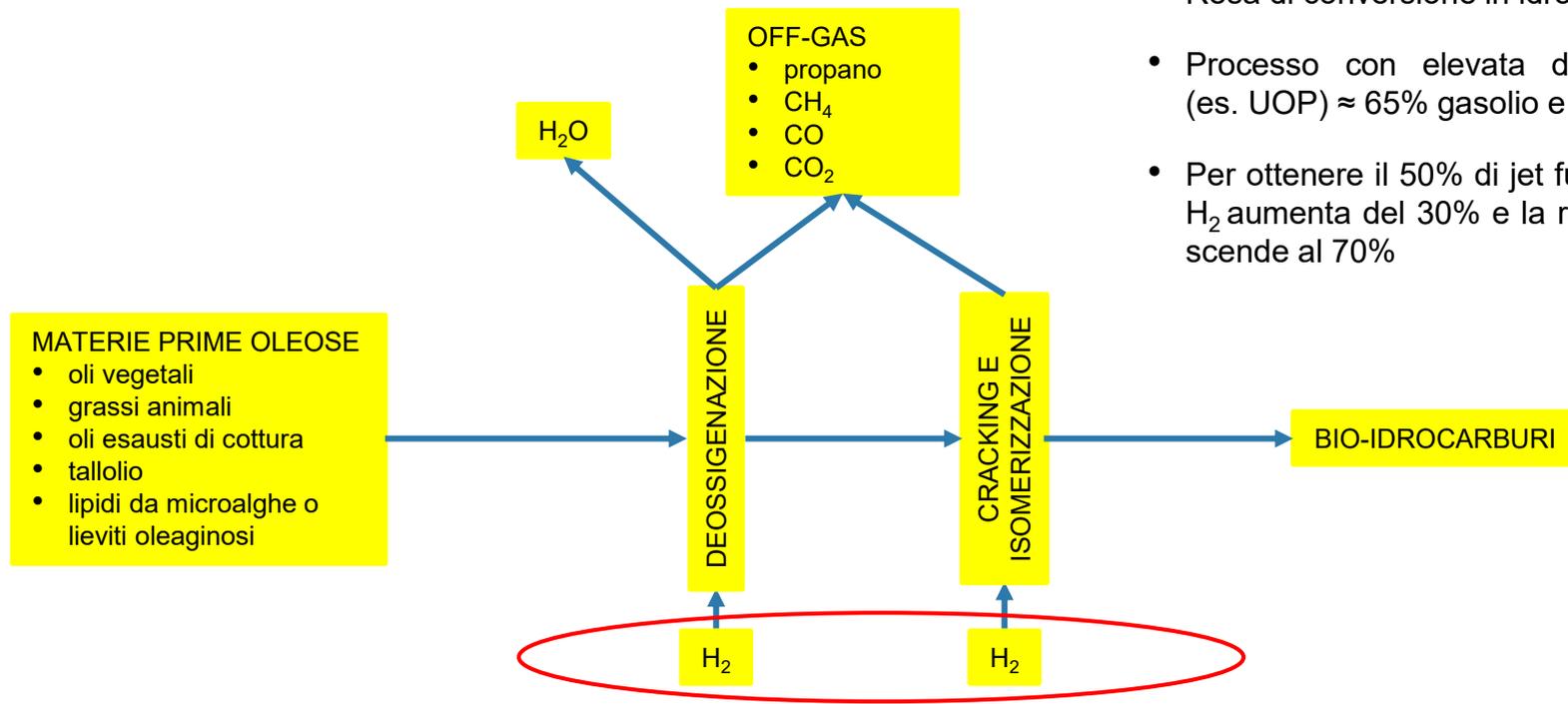
Processi e tecnologie per la produzione di biocarburanti "drop-in" di nuova generazione

I biocarburanti "drop-in" possono essere prodotti a partire da diverse materie prime, con processi e tecnologie che presentano diversi livelli di sviluppo, da quelli ancora oggetto di attività di RST a quelli già utilizzati su scala industriale, e sono riconducibili a tre principali categorie, o "**Piattaforme**":

- **Piattaforma oleochimica:** processi basati sull'idrogenazione catalitica di materie oleaginose o tallolio, che portano direttamente a miscele di idrocarburi alifatici (con presenza di aromatici nel solo caso del tallolio) a diverso peso molecolare, utilizzabili in sostituzione di benzina, gasolio e jet fuel
- **Piattaforma termochimica:** processi basati sulla gassificazione o pirolisi di materiali lignocellulosici, seguita dalla conversione catalitica del syngas (sintesi di Fischer-Tropsch) o dall'idrogenazione in più stadi successivi del bio-olio per arrivare a miscele di idrocarburi
- **Piattaforme biochimiche e ibride:** basate su processi biologici o sulla combinazione di processi biologici e termo-catalitici per la conversione di zuccheri di diversa origine in isoprenoidi (farnesene) utilizzabili direttamente in miscela con i carburanti, in particolare jet-fuel, o in prodotti intermedi (alcoli o acidi grassi) convertiti successivamente in idrocarburi

I biocarburanti "drop-in" presenti attualmente sul mercato in quantità significative sono gli **HVO (oli vegetali idrotrattati) e altri derivati dall'idrogenazione di materie oleaginose**. Se prodotti da scarti, rifiuti e biomasse residue di diversa natura (ad es. tallolio), o colture algali, sono considerati a tutti gli effetti **biocarburanti avanzati**

Produzione di biocarburanti "drop-in" mediante idrogenazione di materie prime oleose (Piattaforma oleochimica)



- Resa di conversione in idrocarburi \approx 80%
- Processo con elevata decarbossilazione (es. UOP) \approx 65% gasolio e 13% jet fuel
- Per ottenere il 50% di jet fuel la richiesta di H₂ aumenta del 30% e la resa complessiva scende al 70%

Principali produttori europei di biocarburanti "drop-in" da materie prime oleose (impianti attivi nel 2019)

Società produttrice	Paese	Località	Materie prime utilizzate	Anno di avvio produzione	Capacità produttiva (t/anno)
Neste	Finlandia	Kilpilahti, Porvoo	Oli vegetali (OVP e UCOs), grassi animali	2007 e 2019	380.000
Neste	Paesi Bassi	Rotterdam	Oli vegetali (OVP e UCOs), grassi animali	2011	1.000.000
ENI	Italia	Porto Marghera (VE)	Oli vegetali (OVP e UCOs), grassi animali	2014 (upgrading 2021)	360.000 (upgrading a 500.000)
UPM Lappeenranta	Finlandia	Lappeenranta	Tallolio	2015	100.000
Preem	Svezia	Goteborg	Tallolio (co-processing con gasolio)	2015 (upgrading 2023)	170.000 (upgrading a 1.000.000)
Galp	Portogallo	Sines	Oli vegetali (co-processing con gasolio)	2017	40.000
ENI	Italia	Gela	Oli vegetali (OVP e UCOs), grassi animali	2019	600.000
TOTAL	Francia	La Mède	Oli vegetali (OVP e UCOs), grassi animali	2019	500.000

Fonte: EurObserv'ER - Biofuels Barometer, 2020 / Siti WEB produttori

I lieviti oleaginosi sono microrganismi versatili, di grande interesse industriale, in grado di produrre diverse biomolecole. Il prodotto principale del metabolismo è rappresentato dai lipidi, in forma di trigliceridi, accumulati fino al 70% del peso secco cellulare

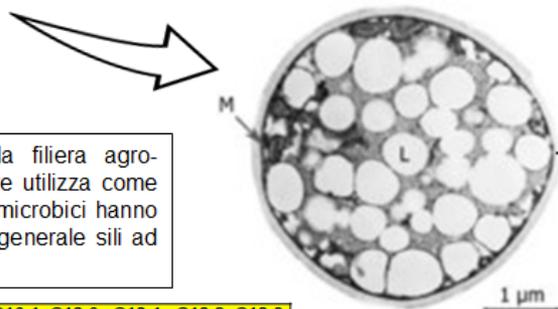


Gli oli microbici

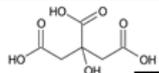
Diversi sottoprodotti della filiera agro-industriale possono essere utilizzati come fonte di carbonio. Gli oli microbici hanno composizioni variabili, in generale simili ad alcuni oli vegetali

	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Olive	0	15.2	1.3	2.3	66.4	13.2	1.6
Soia	0.1	5.5	0.5	3.3	65.5	18.3	6.8
Olio microbico	0.1	17.46	4.4	6.8	60.3	11.1	2.1

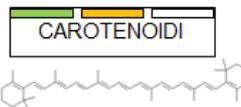
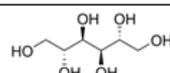
Patel, A. et al., 2017. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 604-616.



ACIDO CITRICO



POLIOLI



TRIGLICERIDI



CHIMICA

FARMACEUTICA

FUELS

ALIMENTARE

La composizione degli oli microbici è del tutto simile agli oli vegetali. Rappresentano delle piattaforme chimiche per l'industria oleochimica e sono di grande interesse per l'industria nutraceutica, in quanto fonte di omega-3

TRANSMETILAZIONE

EPOSSIDAZIONE

OZONOLISI

IDROGENAZIONE +
DECARBOSSILAZIONE

IDROFORMILAZIONE +
IDROGENAZIONE

METIL-ESTERI

BIODIESEL

EPOSSIDI

STABILIZZANTI DEL PVC
POLIESTERI
POLIURETANI

DIACIDI

A. PELARGONICO
A. AZELAICO

ALCANI/ ALCHENI

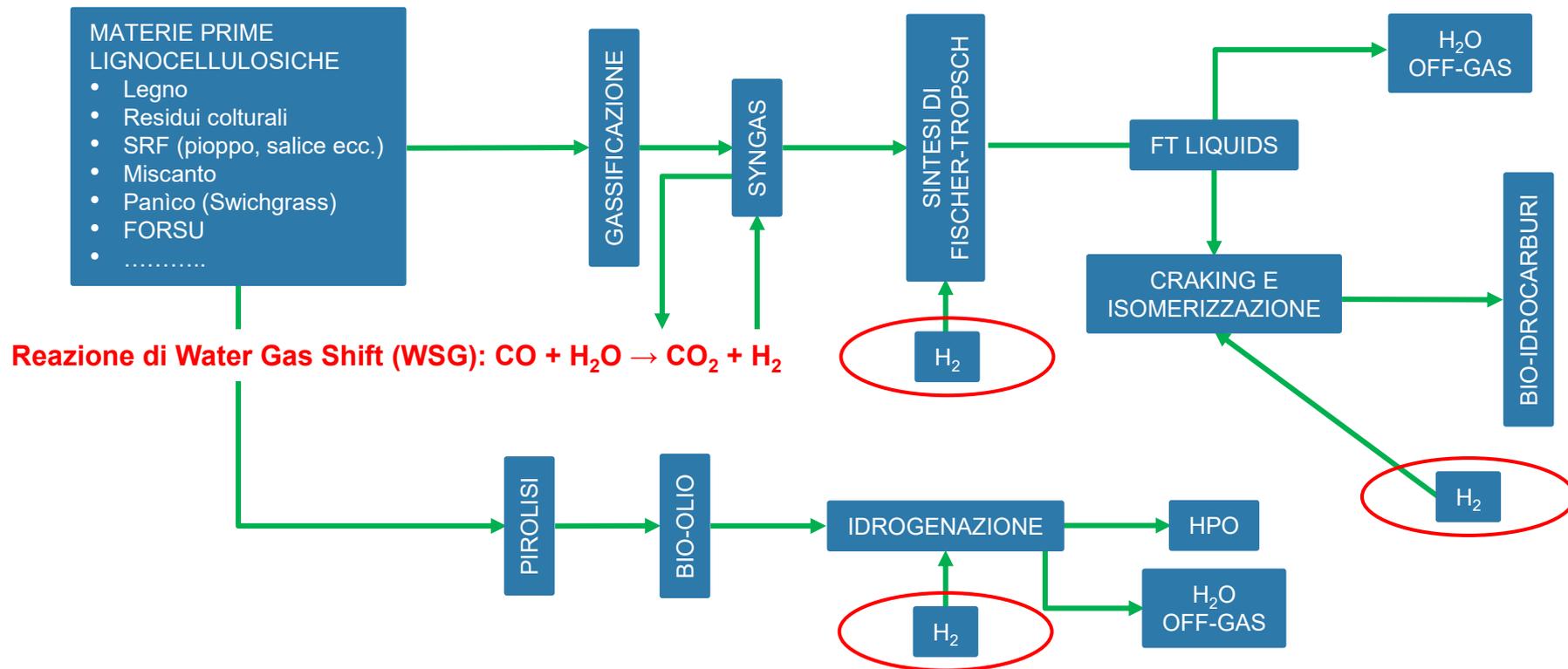
CARBURANTI
DROP-IN

ω-IDROSSIL ACIDO GRASSO

POLIESTERI
POLIETRI
POLIOLI



Produzione di biocarburanti "drop-in" mediante gassificazione e pirolisi di materie prime lignocellulosiche (Piattaforma termochimica)



Sintesi di biocarburanti liquidi e gassosi da processi di gassificazione nel Centro ENEA della Trisaia

La tecnologia più promettente per la produzione di un syngas ad alto contenuto di idrogeno per la conversione in biocarburanti è la gassificazione a vapore. L'autotermia è ottenuta con una miscela vapore-ossigeno

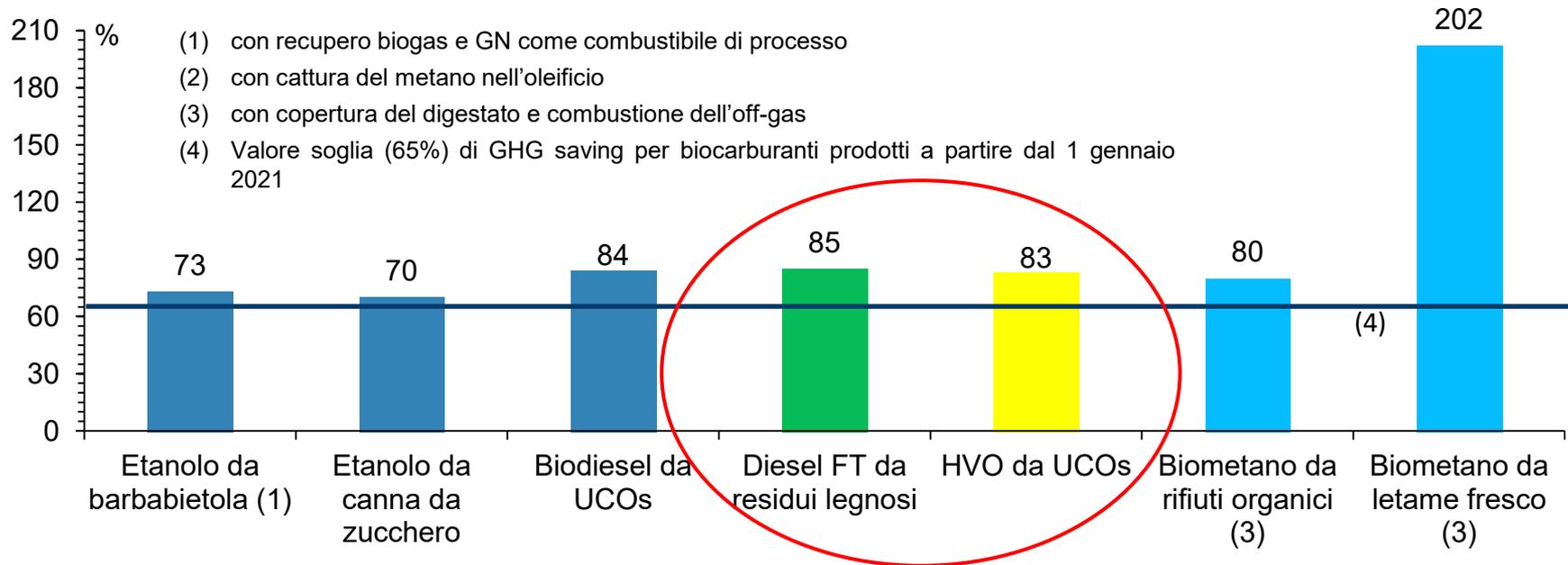
Biofuel	H ₂ /CO	Catalizzatore	P (atm)	T (C°)	η _{en} (LHV syngas/biom.)
Metanolo	2:1	Zn/Cr, Cu/Zn	50-300	300-450	40-50
FT-diesel	2:1	Fe, Co	20-30	250-300	40-50
Metano	3:1	Ni	5-30	300-450	65-70



Agente gassificante	Composizione gas secco (% v)						PCI (MJ/Nm ³)	H ₂ /CO
	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	N ₂	C ₂ H ₄		
Aria	9-10	12-15	14-17	2-4	56-59	< 1	3,8-4,6	0,70
Ossigeno	30-34	30-37	25-29	4-6	2-5	< 1	9-10	0,96
Vapore	32-41	24-36	20-22	10-12	2-5	2-3	12-13	1,46
Vapore / O ₂	30-33	28-32	22-27	9-11	2-5	1-2	11-12	1,10



Riduzione delle emissioni di GHG per alcune filiere di produzione di biocarburanti (valori standard)



Elaborazione su dati Direttiva 2001/2018/UE, Allegati V e VI

Idrogeno e decarbonizzazione dei biocarburanti

Fonti e tecnologie per la produzione di H ₂	% della produzione totale
Reforming del metano	76%
Gassificazione del carbone	22%
Elettrolisi <i>di cui elettrolisi dell'acqua</i>	2% 0,1%
Produzione mondiale di H₂	70 milioni di t/anno

Fonte: IEA - The Future of Hydrogen, giugno 2019



Impianto per la produzione di 22.000 t/anno di idrogeno da steam reforming del metano nei pressi di Colonia (DE).Fonte: Air Liquide, 2015

Il contributo effettivo dell'idrogeno alla decarbonizzazione della produzione di biocarburanti dipende dalle fonti energetiche primarie utilizzate per la sua produzione, e può essere considerato reale solo se per questo si utilizzano fonti rinnovabili e/o tecniche di "sequestro" della CO₂

L'idrogeno: un combustibile pulito per la decarbonizzazione del sistema energetico

- L'idrogeno è un combustibile estremamente pulito e versatile: può essere infatti utilizzato direttamente per l'alimentazione di motori e bruciatori, o per la produzione diretta di elettricità con elevata efficienza in celle a combustibile e, in tutti questi casi, **il prodotto finale della sua conversione energetica è unicamente acqua**
- Le tecnologie per l'utilizzazione energetica dell'idrogeno hanno conosciuto negli ultimi anni un notevole sviluppo, ed esistono numerosi esempi di applicazioni, dagli autobus e automobili ad alcune centrali cogenerative, dove l'idrogeno è utilizzato per la produzione di elettricità con celle a combustibile
- Per quel che riguarda il futuro ruolo dell'idrogeno per la decarbonizzazione dei trasporti, il PNIEC italiano **prevede per il 2030 un contributo intorno all'1% dei consumi totali di energia del settore** (0,8% in miscela o previa conversione in metano e 0,2% con l'uso diretto in autobus, auto e treni)



Autobus a idrogeno a Bolzano
Fonte: L'Automobile, 2017

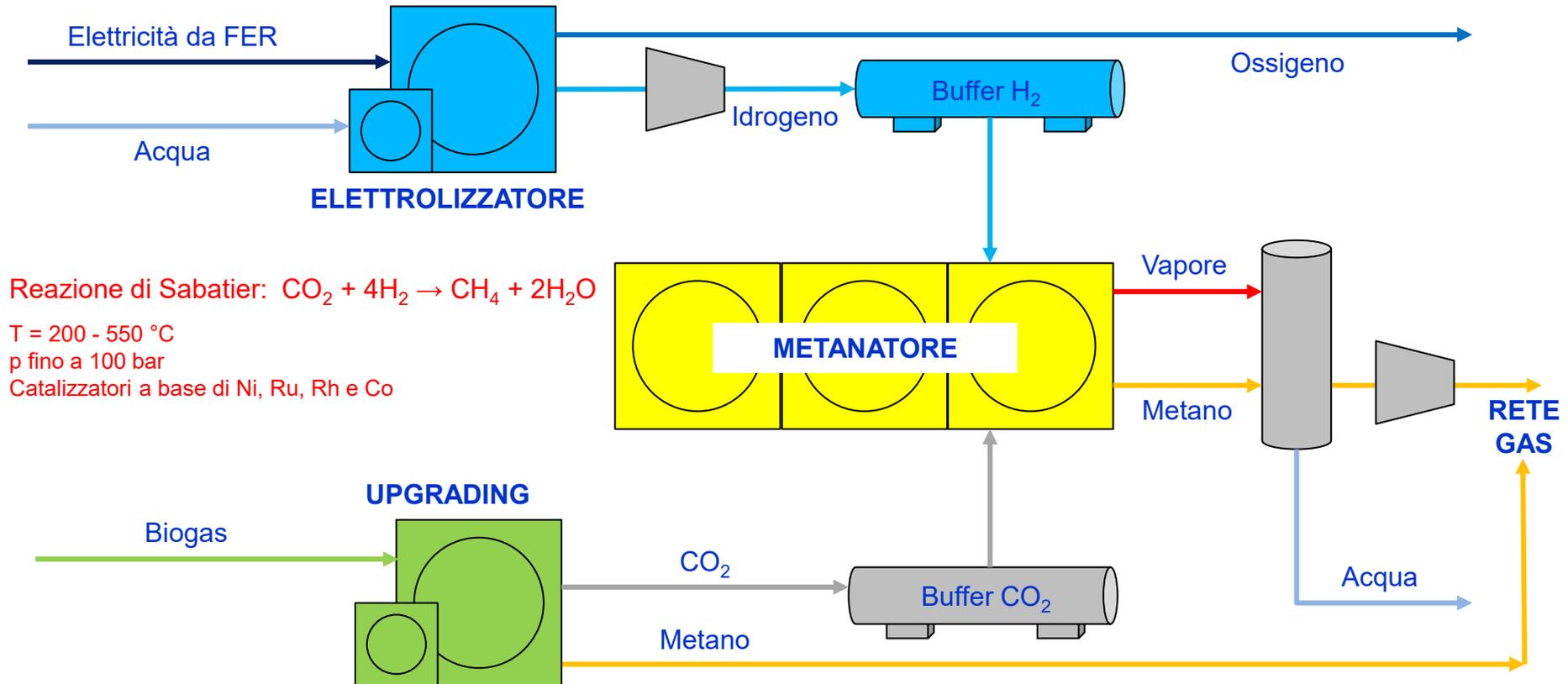
Idrogeno e bioenergie: produzione di biocarburanti "drop in" e biometano

L'idrogeno - da qualunque fonte - può essere utilizzato come reagente per la produzione di **biocarburanti "drop in"** (bio-benzine, gasolio e biojet fuel) mediante deossigenazione e/o decarbonilazione di oli vegetali o biolio da pirolisi di biomasse e rifiuti, o di **biometano** tramite conversione della CO₂ contenuta nel biogas

- I processi per la produzione di biocarburanti liquidi sono complessi e costosi e risentono fortemente delle economie di scala. Gli unici esempi di realizzazioni industriali sono all'interno di raffinerie (o bioraffinerie)
- La produzione di biometano può avvenire con diverse tecnologie, termochimiche o anche completamente biologiche, e non richiede grandi impianti. Se l'idrogeno è ottenuto per via elettrolitica si parla di tecnologie di **"Power to Gas" (P2G)**



Power to Gas: metanazione catalitica



Impianto Audi e-gas, Werlte (Bassa Sassonia)

- L'impianto produce SNG utilizzando la CO₂ proveniente da un sistema di upgrading di un impianto di biogas e H₂ prodotto da tre elettrolizzatori alcalini della potenza totale di 6.3 MW
- L'elettricità rinnovabile per la produzione di H₂ proviene da un parco eolico offshore nel Mare del Nord. L'impianto può operare con il surplus di elettricità per 4.000 ore/anno
- L'idrogeno reagisce con la CO₂ in un reattore catalitico a temperatura e pressione elevate, e il calore recuperato del reattore di metanazione è usato per rigenerare l'ammina del sistema di upgrading
- Il metano prodotto (Audi e-gas), pari a circa 1.000 t/anno, può alimentare una flotta di 1.500 Audi A3 a CNG con una percorrenza media di 15.000 km/anno

Fonte: Audi, 2014 / Lappeenranta University of Technology, 2016



Partners del progetto
Audi AG, ETOGAS GmbH

Tipologia impianto
Impianto industriale

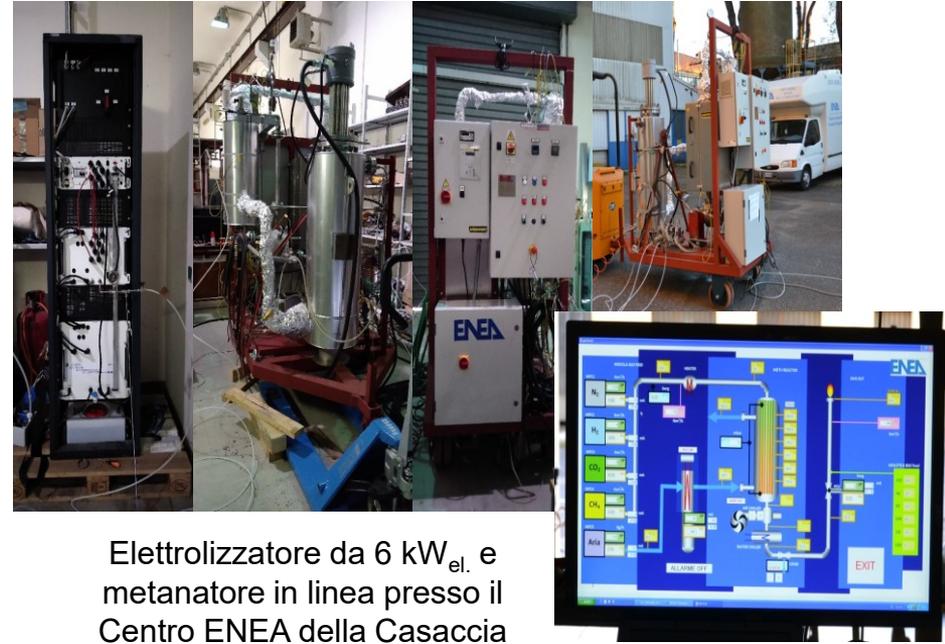
Prima immissione in rete
SNG: 2013



Attività di ricerca ENEA sul Power to Gas

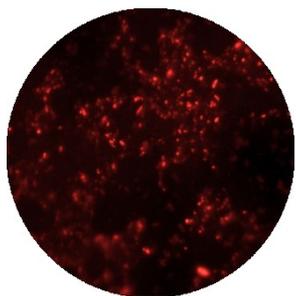
Background ENEA sulle tecnologie per il P2G

- Sperimentazione su scala di laboratorio di catalizzatori commerciali di diversa tipologia
- Testing di sistemi e componenti su apparati sperimentali fino alla taglia di 1 m³/h di gas prodotto
- Modellazione di sistema, analisi economiche e ambientali
- Coordinamento di progetti di R&I, collaborazioni con Università
- Technology transfer, brevetti, supporto a P.A. e policy makers

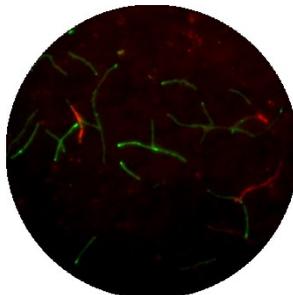
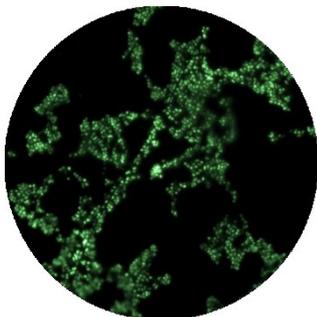


Biometanazione della CO₂

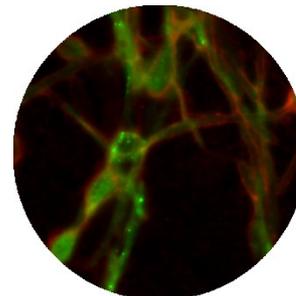
Metanogeni idrogenotrofi: $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$



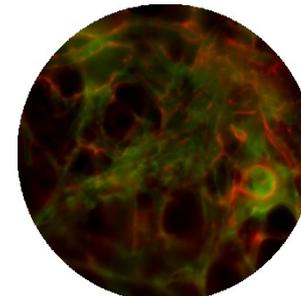
Methanobrevibacter smithii



Methanobacterium beijingense



Methanolobus zinderi



Fonte: ENEA C.R. Casaccia, 2019

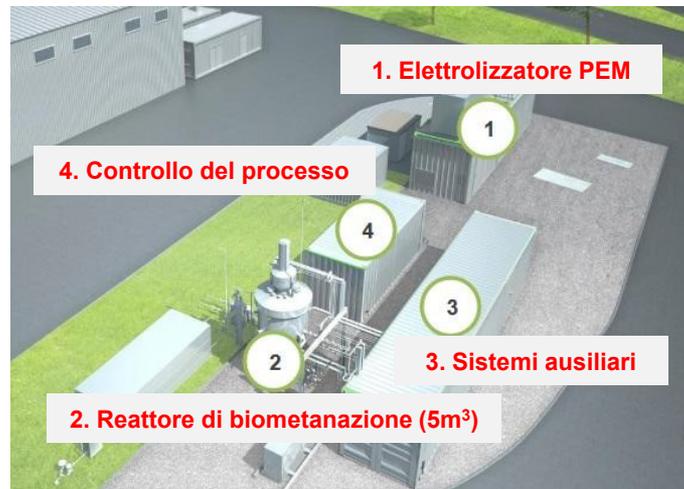
Microscopia in epifluorescenza:
colorazioni con Ioduro di Propidio
e Syto-9

Impianto BioPower2Gas, Allendorf (Eder)



Immagine: www.agroenergia.eu

Fonte: IEA Bioenergy, 2018



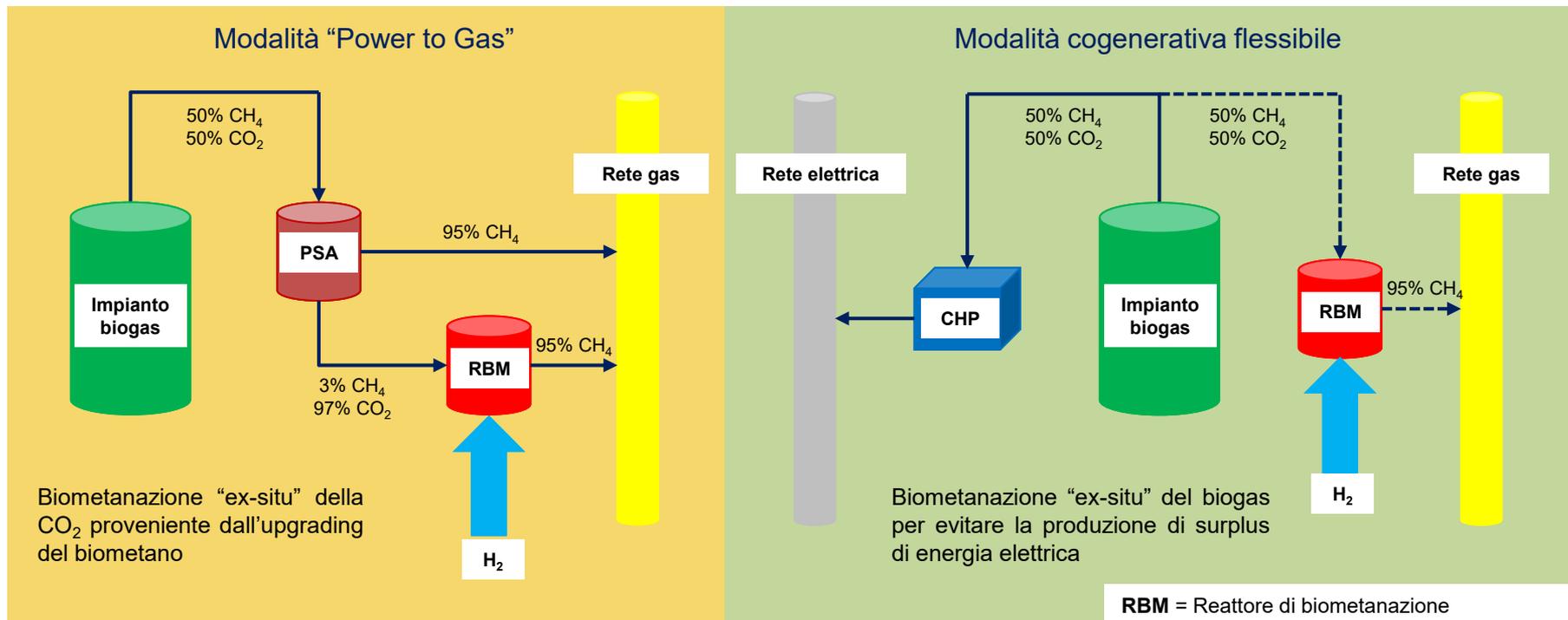
Partners del progetto

MicroEnergy GmbH (Viessmann Group),
CUBE Engineering GmbH, EAM EnergiePlus
GmbH, IdE Institut dezentrale
Energietechnologien gGmbH, Audi AG

TRL: 8 (sistema completo e qualificato)

Prima immissione in rete SNG: marzo 2015

Impianto BioPower2Gas: modalità di funzionamento



RBM = Reattore di biometanazione
PSA = Unità di upgrading con tecnologia PSA

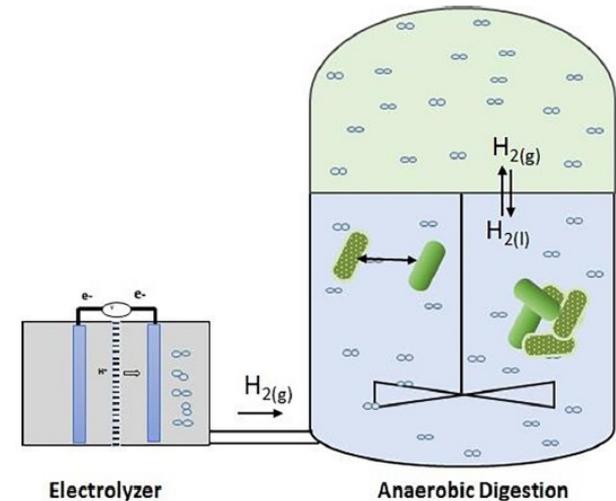
Fonte: Viessmann Group, 2015

Metanazione biologica in situ: iniezione di H₂ nel digestore

Stato dell'arte

Nella metanazione in-situ la velocità di produzione del metano è molto più bassa di quella ex-situ in quanto il flusso di H₂ iniettato è strettamente correlato alla produzione interna di CO₂

- La pressione parziale di H₂, un parametro chiave nell'efficienza nella digestione anaerobica, deve essere mantenuta a valori al di sotto di 10 Pa per non rallentare e arrestare il processo di acetogenesi, determinando di conseguenza un accumulo di metaboliti solubili e un arresto nella produzione di metano
- Il consumo della CO₂ può determinare un incremento del pH a valori ≥ 8.5 che inibiscono il processo di digestione anaerobica



Fonte figura: Aryal et. Al., 2018

Metanazione biologica in situ: iniezione di H₂ nel digestore

Principali problematiche aperte

- Ottimizzazione della diffusione dell'H₂ (solubilità 50 volte < della CO₂) nella fase liquida intervenendo su:
 - Sistema di iniezione del gas (sistemi di iniezione compatibile con le tipologie di reattori full-scale, ad esempio iniettori ad effetto Venturi)
 - Ricircolo del gas e del liquido
- Controllo e contrasto all'aumento del pH, utilizzando un'alimentazione a base di substrati ricchi in carboidrati solubili
- Possibile apporto di CO₂ aggiuntiva da fonti esterne per rendere la tecnologia più flessibile
- Scale-up del processo su un numero maggiore di impianti pilota e dimostrativi di taglia significativa (> 500 L)

Attività di ricerca ENEA sulla biometanazione della CO₂

Studio del processo di biometanazione in situ e in termofilia su un reattore CSTR, alimentato con scotta tal quale, con biomassa microbica immobilizzata su supporti in materiale plastico



Impianto sperimentale di biometanazione del biogas
(C.R. ENEA Casaccia)

Caratteristiche dell'impianto sperimentale

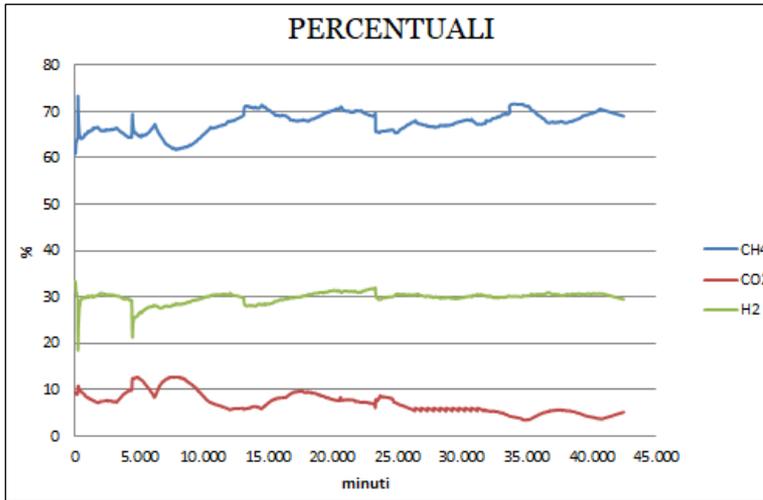
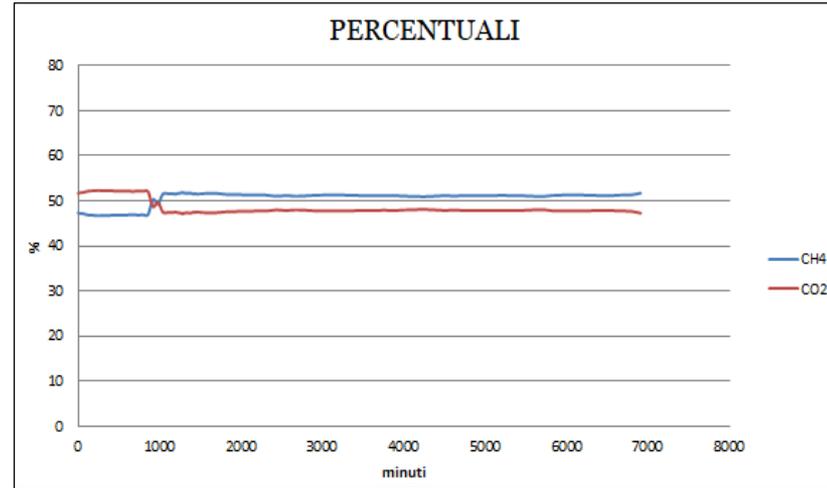
- Volume reattore 50 L
- Alimentato con scotta tal quale
- Temperatura interna 55 °C
- HRT = 30 giorni
- Microrganismi immobilizzati nella zona centrale del reattore (circa metà del volume utile)
- Riciclo del biogas dallo spazio di testa al fondo del reattore

Attività di ricerca ENEA sulla biometanazione della CO₂: risultati preliminari

Produzione di metano

Controllo:

- CH₄ = 51,2% ± 0,16
- CO₂ = 48,8% ± 0,25



Aggiunta di H₂ 50 ml/min.;
Riciclo biogas 6 L/min.

- CH₄ = 68,2% ± 1,87
- CO₂ = 6,63% ± 1,77

Attività di ricerca ENEA sulla biometanazione della CO₂: iniziative in programma

- Scale-up del processo di biometanazione in situ su impianto pilota CSTR da 1 m³ alimentato con diverse tipologie di biomasse
- Studio e sperimentazione su reattori di laboratorio di diversa configurazione della biometanazione ex-situ di biogas reale e CO₂ da processi chimico-fisici di upgrading a biometano
- Studio e sperimentazione di processi di biometanazione bistadio (in situ + ex-situ)
- Sperimentazione delle miglior soluzioni individuate su scala di impianto pilota

Digestore pilota da 1 m³ della piattaforma sperimentale sui processi avanzati di digestione anaerobica e biometanazione del C.R. ENEA Casaccia



Una sfida aperta per il futuro

- L'unico modo per superare il gap dovuto ai limiti di immissione al consumo dei biocarburanti convenzionali, **in particolare per il settore del trasporto aereo**, è una crescita significativa del contributo di altre forme di energia rinnovabile, elettricità, carburanti rinnovabili di origine non biologica e **biocarburanti avanzati "drop-in"**
- I biocarburanti "drop-in" presentano le stesse caratteristiche dei carburanti convenzionali in termini di miscibilità, compatibilità, stabilità, trasportabilità e stoccaggio da parte delle infrastrutture di distribuzione e, ovviamente, facilità di utilizzo da parte dei veicoli, natanti o velivoli attualmente esistenti. Questo fa sì che possano essere miscelati con i carburanti tradizionali in qualsiasi percentuale **senza problemi di "blending wall"**
- L'idrogeno avrà un ruolo chiave nella decarbonizzazione del sistema dei trasporti, perché **di fondamentale importanza per la produzione di biocarburanti "drop-in"**. La sostenibilità reale di questa tecnologia dipenderà direttamente dalle modalità e dalle fonti utilizzate per la sua produzione
- La produzione di idrogeno con elettricità da FER permetterà non solo di decarbonizzare ulteriormente i biocarburanti "drop-in", ma anche di **valorizzare la CO₂ con tecnologie avanzate di P2G e P2L**

Vito Pignatelli
vito.pignatelli@enea.it



1101 0110 1100
0101 0010 1101
0001 0110 1110
1101 0010 1101
1111 1010 0000

