Settimana europea per la riduzione dei rifiuti

IL PROGETTO MODSEN: ENERGIA ELETTRICA DALL'IDROGENO PRODOTTO DAL TRATTAMENTO BIOLOGICO DEI RIFIUTI

Processi e tecnologie per ottimizzare il recupero dell'idrogeno dalla fermentazione dei rifiuti

Prof.ssa Cristina Cavinato

Università Ca'Foscari Venezia
Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica

Ca'Foscari sostenibile

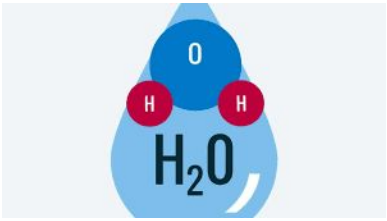
BIO-ENERGIA VERITAS
GREENPROPULSIONLAB

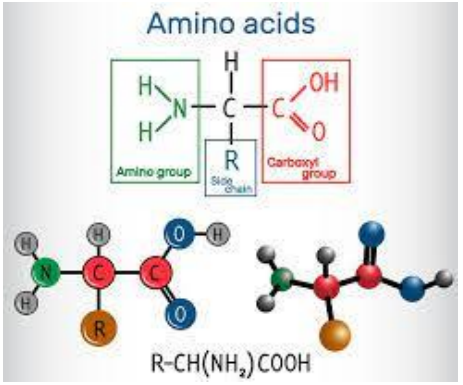
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Settimana europea per la riduzione dei rifiuti

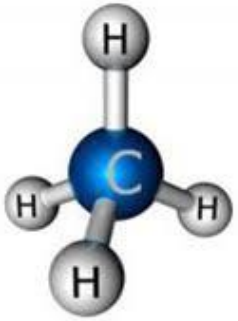
L'idrogeno è l'elemento chimico più diffuso in tutto l'Universo ed è l'elemento chiave alla base della vita sulla Terra. Il nostro corpo così come la totalità della materia organica è infatti principalmente costituita da idrogeno.

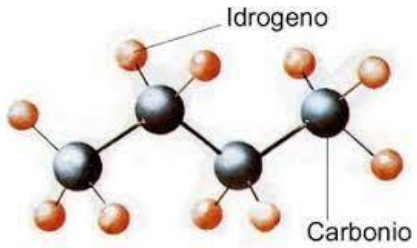
L'idrogeno condivide il suo unico elettrone con altri elementi, stabilendo un **legame covalente**.
Il primo esempio è il legame con l'ossigeno(**O**).





L'idrogeno è quindi anche alla base di tutti i combustibili fossili come il gasolio, il metano o la benzina, gli stessi che generano le emissioni di CO_2 che si sta cercando di abbattere.





BIO-ENERGIA VERITAS

GREENPROPULSIONLAB

Università Ca'Foscari Venezia

Processi e tecnologie per ottimizzare il recupero dell'idrogeno dalla fermentazione dei rifiuti-Prof.ssa Cristina Cavinato

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Quando si parla di "idrogeno" nel contesto energetico si intende in realtà la molecola di idrogeno H_2, molecola presente allo stato gassoso in condizioni ambiente e in realtà **molto poco diffusa in atmosfera**.

Il bilancio tra le emissioni di CO_2 nella produzione della molecola di idrogeno e i costi complessivi per la sua generazione, trasporto e stoccaggio è alla base dell'intero ruolo dell'idrogeno nella transizione energetica

Settimana europea per la riduzione dei rifiuti

I COLORI DELL'IDROGENO

	Idrogeno MARRONE	Idrogeno GRIGIO	Idrogeno BLU	Idrogeno TURCHESE	Idrogeno GIALLO	Idrogeno ROSA	Idrogeno VERDE
Processo	Gassificazione	Steam reforming	Steam reforming o gassificazione con CCUS	Pirolisi	Elettrolisi	Elettrolisi	Elettrolisi
Fonte energetica	Carbone	Gas metano	Gas metano Carbone	Gas metano	Energia elettrica dalla rete	Energia elettrica nucleare	Energia elettrica rinnovabile

La produzione mondiale di H2 si attesta attorno a **70 milioni di tonnellate l'anno e meno dell'1% è idrogeno "blu" o "verde";** il suo utilizzo avviene principalmente nelle raffinerie (oltre il 50% del totale), per la produzione di fertilizzanti e carburanti puliti come il metano sintetico, il metanolo e l'ammoniaca

BIO-ENERGIA VERITAS

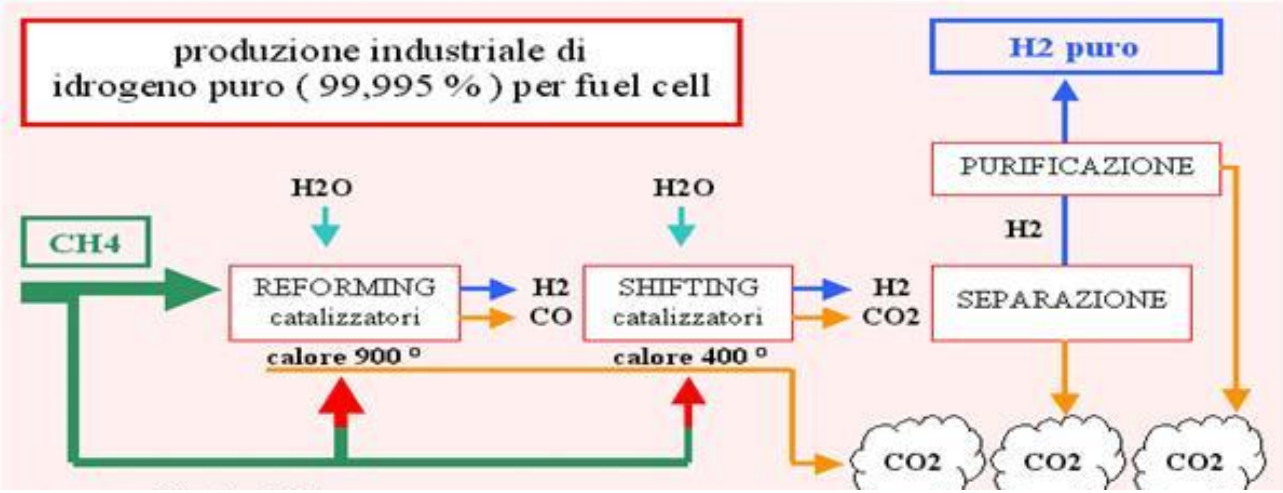
GREENPROPULSIONLAB

Università Ca'Foscari Venezia

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

STEAM REFORMING



Steam Reforming(SR) reaction $CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO + 3H_2$ $\Delta H_{(298)}=2.06\times10^5$ kJ/kmol	(8)
Water-Gas Shift(WGS) reaction $CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2$ $\Delta H_{(298)}= -4.10\times10^4$ kJ/kmol	(9)
Direct Steam Reforming(DSR) reaction $CH_4 + 2H_2O \leftrightarrow CO_2 + 4H_2$ $\Delta H_{(298)}=1.65\times10^5$ kJ/kmol	(10)

BIO-ENERGIA VERITAS

GREENPROPULSIONLAB

Settimana europea per la riduzione dei rifiuti

	Marrone	Grigio	Blu	Verde
Fonte	Carbone	Gas metano	Carbone/Gas metano	Energia elettrica rinnovabile
Pro	• Basso costo materia prima • Tecnologia matura e diffusa nel mercato	• Basso costo materia prima • Tecnologia matura e diffusa nel mercato	• Riduzione delle emissioni • Soluzione transitoria verso l'idrogeno verde	• Emissioni nulle
Contro	• Emissioni molto elevate	• Emissioni elevate	• Emissioni non nulle	• Costo elevato delle tecnologie • Attuale capacità installata inferiore al fabbisogno
Emissioni	18-20 $kgCO_2/kgH_2$	9-10 $kgCO_2/kgH_2$	Maggiore di 5 $kgCO_2/kgH_2$*	0 $kgCO_2/kgH_2$
LCOH attuale	1 - 1,5 USD/kgH_2	1 - 2 USD/kgH_2	2 - 2,5 USD/kgH_2	2,5 – 7 USD/kgH_2

**Si considera l'intero processo e si ipotizza l'utilizzo di combustibili fossili per alimentare energeticamente il proc[illegible]*
Carbon Capture e Storage

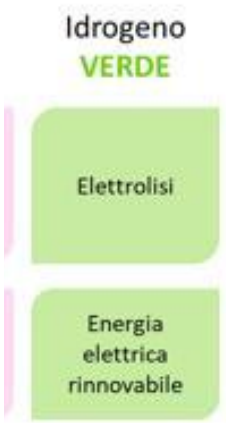
BIO-ENERGIA VERITAS

GREENPROPULSIONLAB

Università Ca'Foscari Venezia

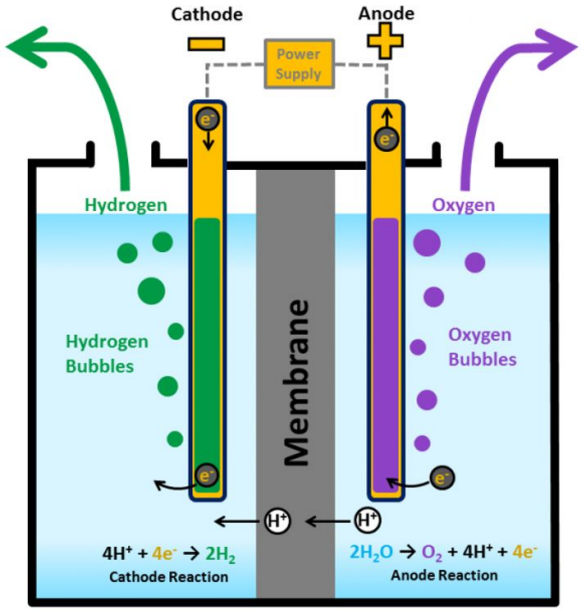
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Settimana europea per la riduzione dei rifiuti



L'idrogeno verde, ovvero la produzione di idrogeno mediante elettrolisi dell'acqua utilizzando elettricità prodotta da fonti rinnovabili, **è ad oggi l'unica tecnologia** presente sul mercato in grado di **rispettare appieno i limiti di emissioni imposte dalla RED II**: l'idrogeno verde è quindi il pilastro su cui è centrata tutta la Strategia europea dell'idrogeno.

L'idrogeno verde si basa sulla rottura della molecola dell'acqua H_2O che avviene quando questa è sottoposta ad tensione superiore a circa 1,48 V in una cella elettrolitica, sviluppando ai due elettrodi rispettivamente H_2 e O2.

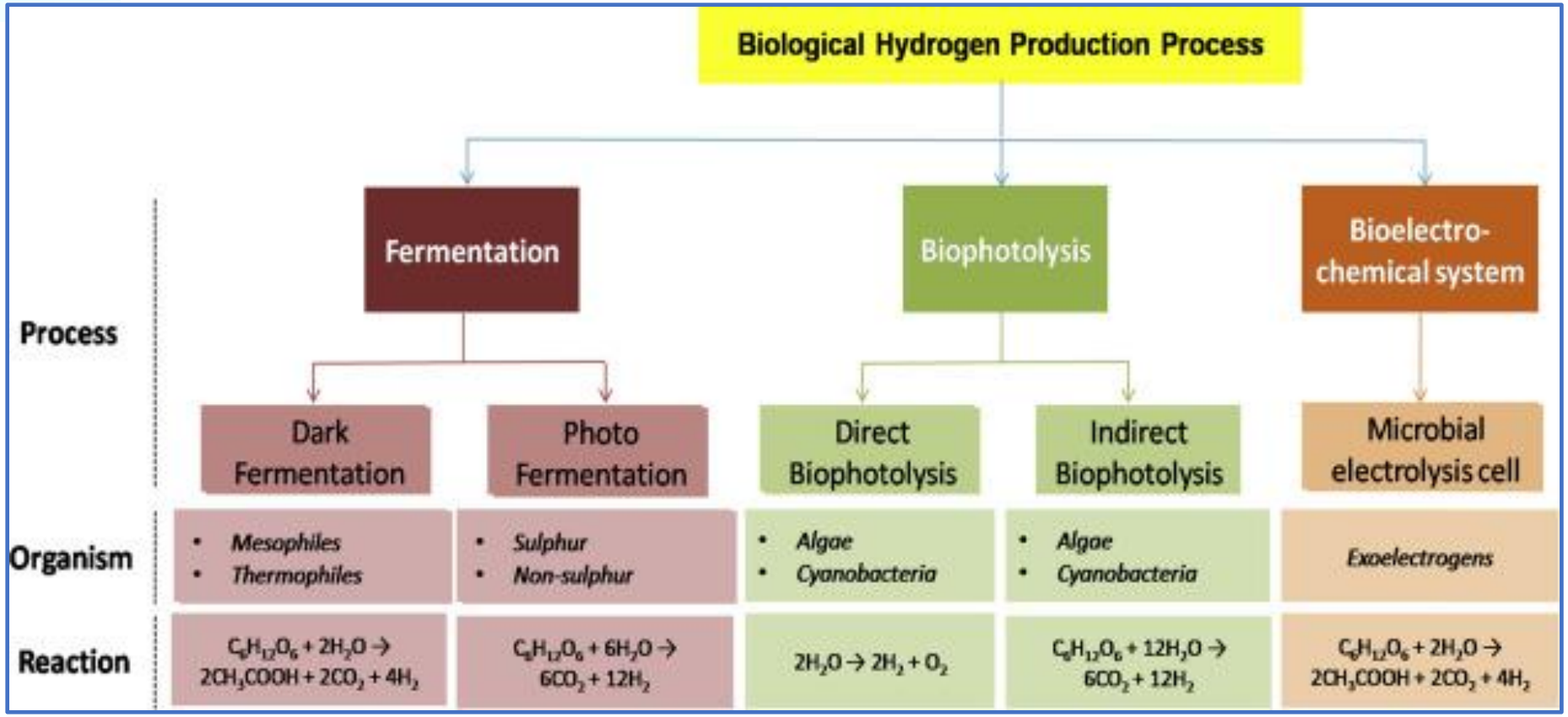


BIO-ENERGIA VERITAS

GREENPROPULSIONLAB

Università Ca'Foscari Venezia

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE



Balachandar Gopalakrishnan, Debabrata Das,et al. Dark-Fermentative Biohydrogen Production in Biohydrogen (Second Edition), 2019

BIO-ENERGIA VERITAS

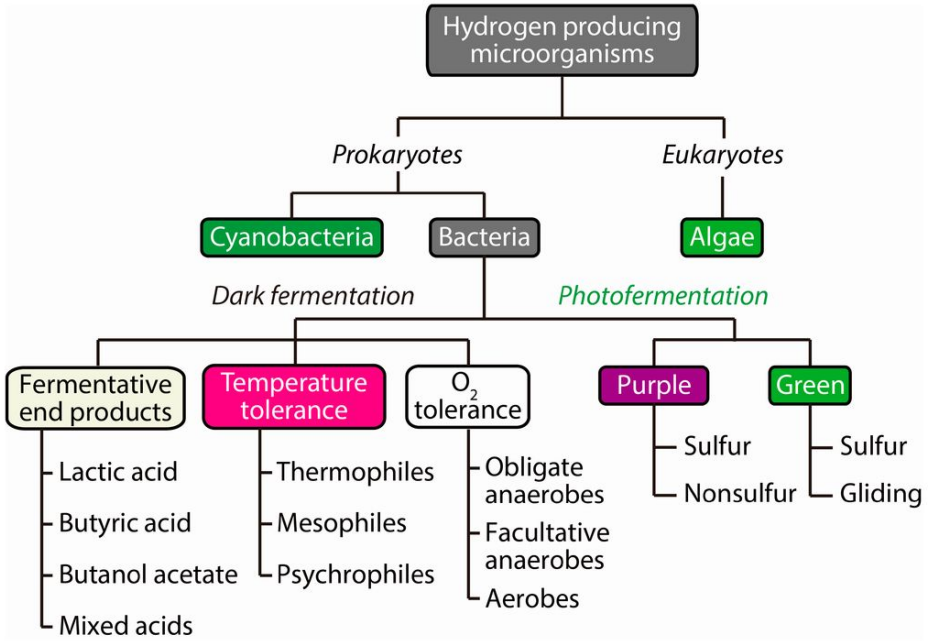
GREENPROPULSIONLAB

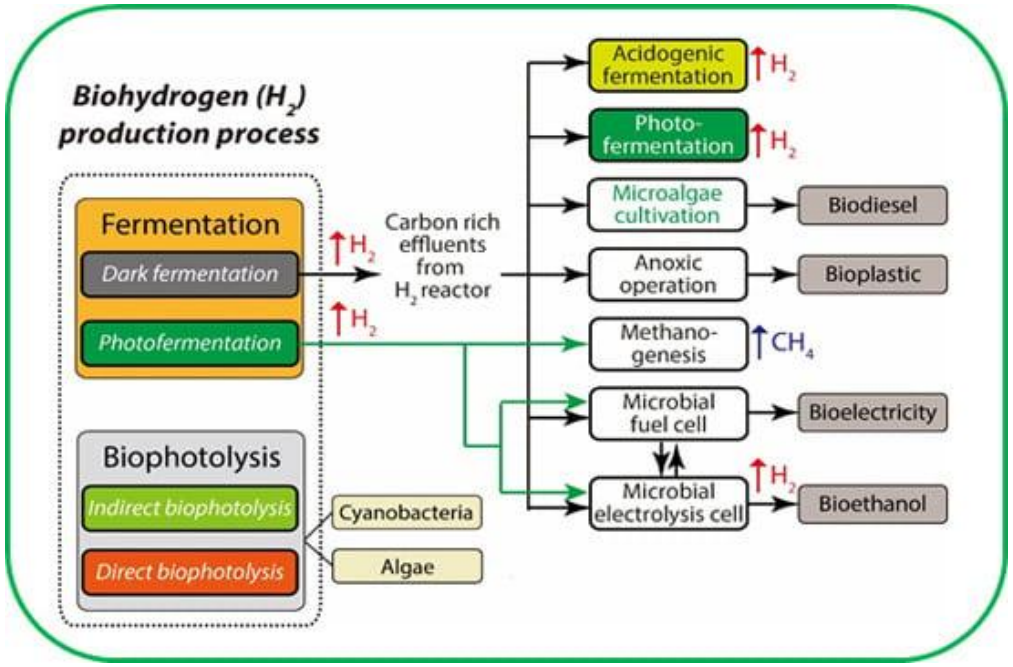
Università Ca'Foscari Venezia

Processi e tecnologie per ottimizzare il recupero dell'idrogeno dalla fermentazione dei rifiuti-Prof.ssa Cristina Cavinato

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE





Int. J. Mol. Sci. 2015, 16(4), 8266-8293; https://doi.org/10.3390/ijms16048266

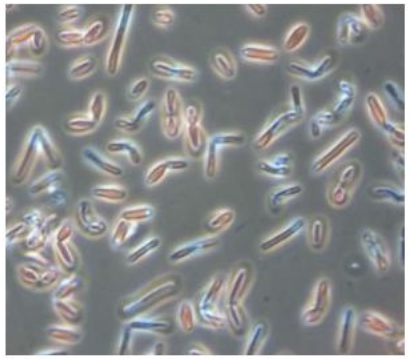
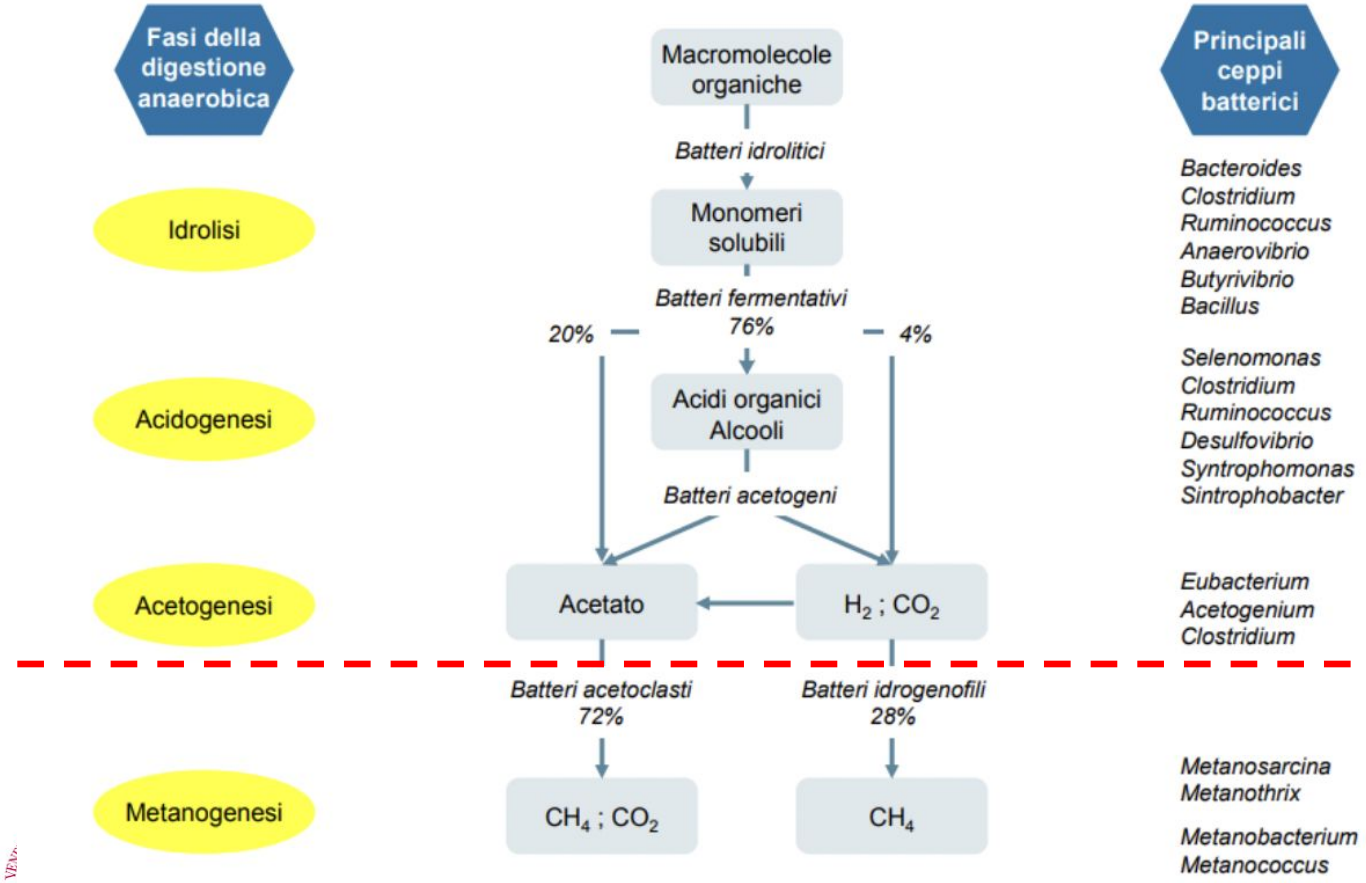


Figura 2 – Fotografia al microscopio a contrasto di fase di cellule del batterio mesofilo anaerobico Clostridium pasteurianum.

Biofotolisi diretta: è possibile produrre in condizioni anaerobiche idrogeno e ossigeno a partire da molecole d'acqua (senza produzione di CO_2 poiché non si parte da alcuna fonte carboniosa!), secondo la seguente reazione chimica:

$4H_2O$ + luce –> $2O_2$ + $4H_2$

PROCESSO DI DIGESTIONE ANAEROBICA A FASI SEPARATE

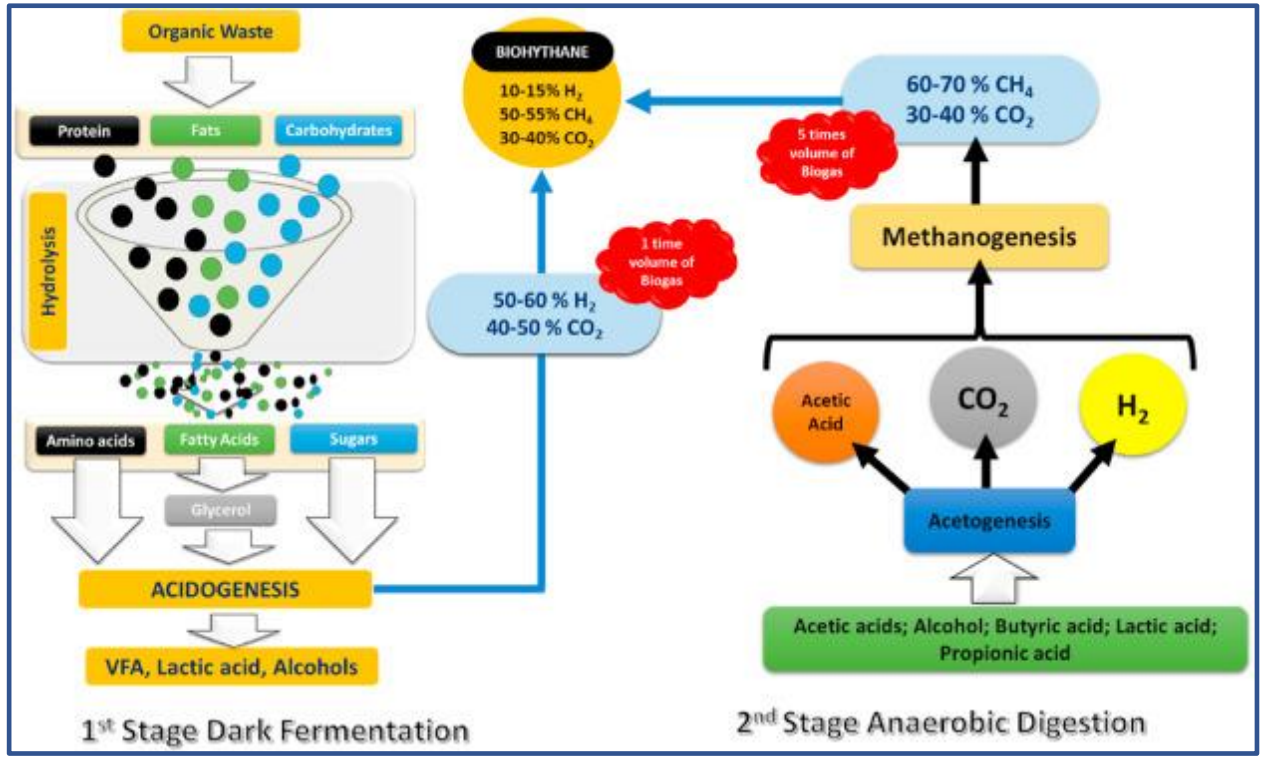


- Consolidata stabilità del processo grazie alla separazione delle fasi

-Possibilità di utilizzo di un inoculo per la fermentazione al buio

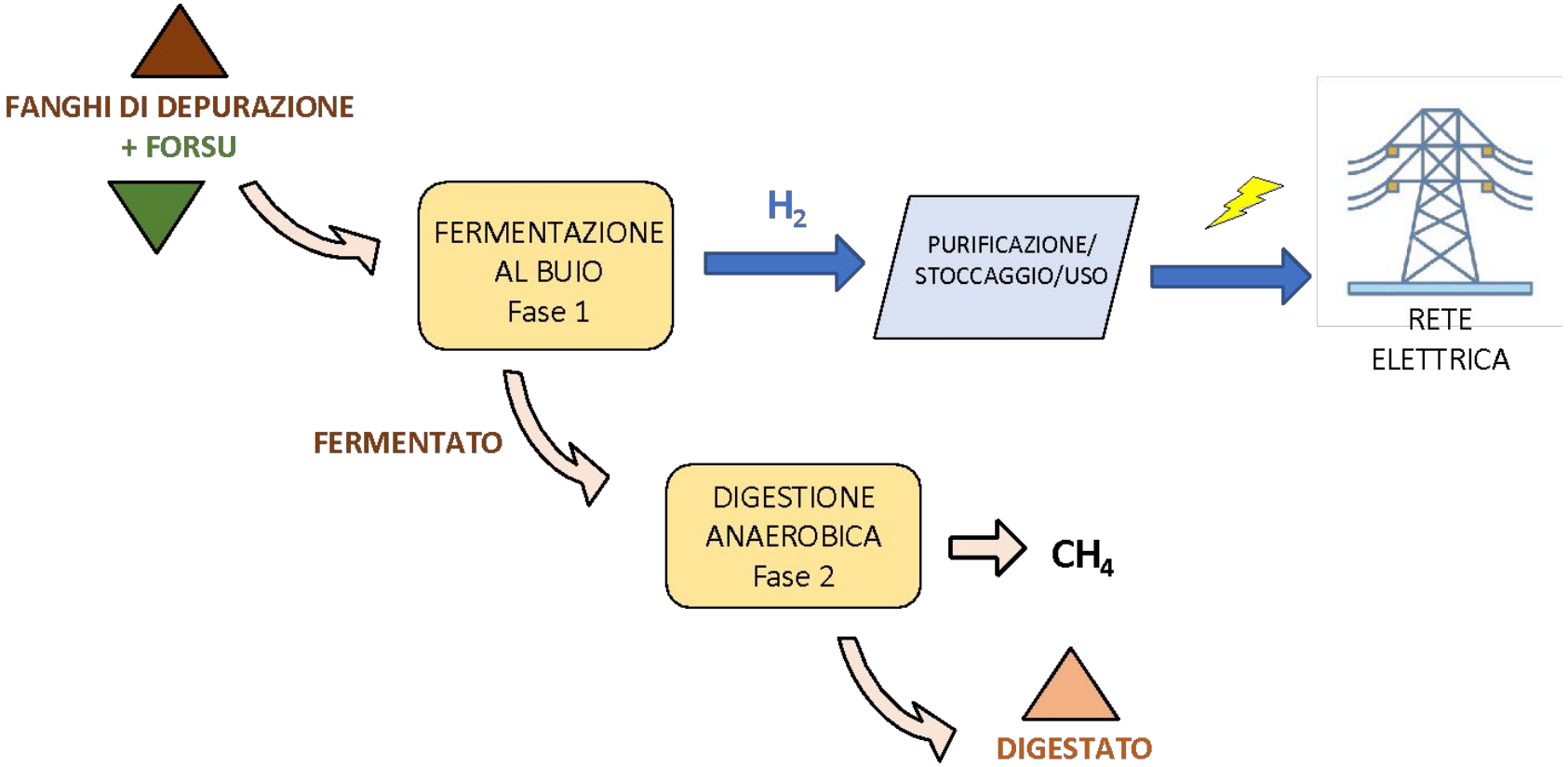
Fermentazione al buio

- Semplicità della configurazione del reattore
- Non dipendenza da fattori esterni e dalla luce
- Continuità nella produzione di idrogeno
- Possibilità di utilizzo di colture miste
- Possibilità di utilizzare una vasta gamma di rifiuti anche complessi
- Possibilità di scale-up



https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.10.132

PROGETTO MODSEN



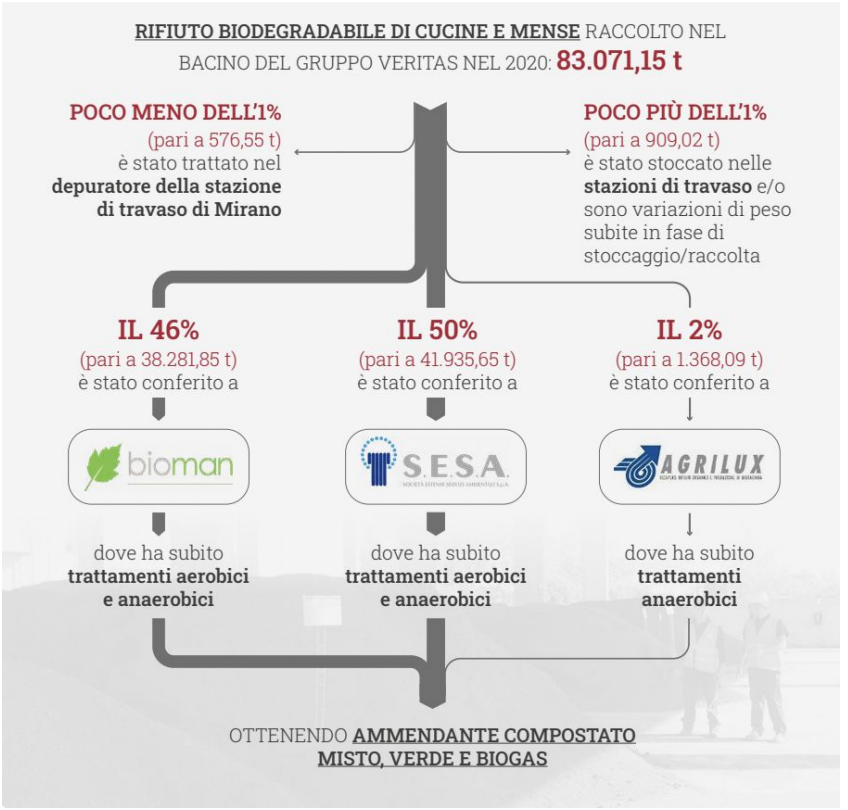
RIFIUTI, RISORSE E RECUPERO

Settimana europea per la riduzione dei rifiuti

PROGETTO MODSEN: I SUBSTRATI

REPORT VERITAS TRACCIABILITà 2022

n. 41, 4 novembre 2022-GENTE VENETA



BIO-ENERGIA VERITAS

GREENPROPULSIONLAB

Università Ca'Foscari Venezia

Processi e tecnologie per ottimizzare il recupero dell'idrogeno dalla fermentazione dei rifiuti-Prof.ssa Cristina Cavinato

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

PROGETTO MODSEN: I SUBSTRATI

WWTP

FANGHI DA DEPURAZIONE ACQUE REFLUE

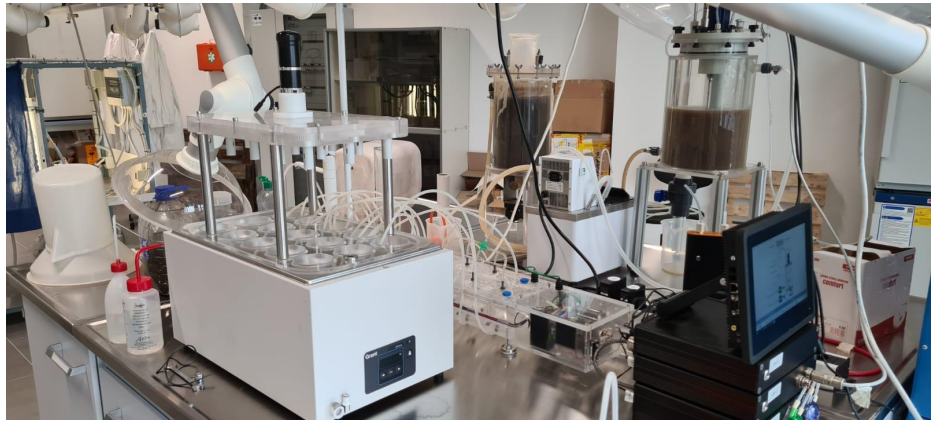
BIO-ENERGIA VERITAS

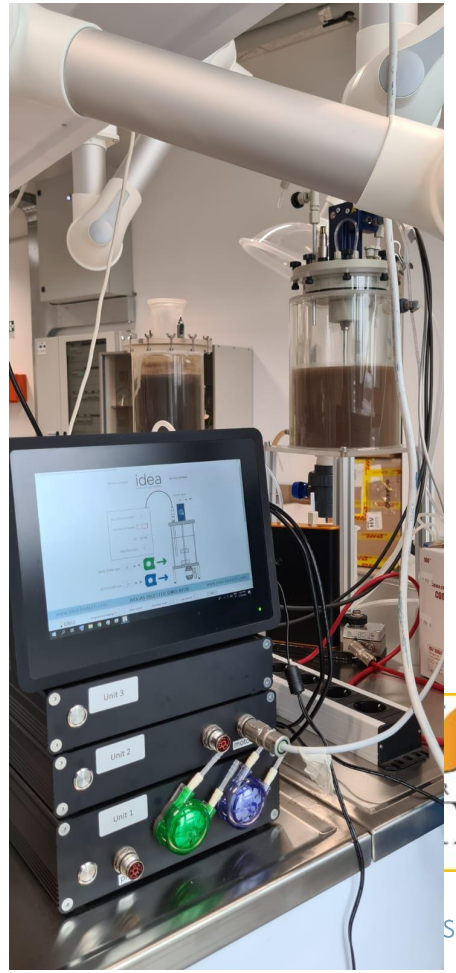
GREENPROPULSIONLAB

RIFIUTI, RISORSE E RECUPERO

Settimana europea per la riduzione dei rifiuti

Laboratorio di Impianti e Processi biologici per l'Ambiente, Campus scientifico di Mestre





Università Ca'Foscari Venezia

Processi e tecnologie per ottimizzare il recupero dell'idrogeno dalla fermentazione dei rifiuti-Prof.ssa Cristina Cavinato

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Necessità di eliminare/inibire i microorganismi che consumano idrogeno…

-Shock termico o trattamento chimico dell'inoculo

-Shock termico o trattamento chimico del substrato

COSTI AGGIUNTIVI

-Bassi HRT per favorire il "washout"

-Alti carichi organici.

PARAMETRI DI PROCESSO

…mantenendo le condizioni ideali

-Controllo del pH → VERIFICA COSTI E SOSTENIBILITA'

RIFIUTI, RISORSE E RECUPERO

Settimana europea per la riduzione dei rifiuti

BIO-ENERGIA VERITAS

GREENPROPULSIONLAB

BIO-ENERGIA VERITAS

GREENPROPULSIONLAB

Università Ca'Foscari Venezia

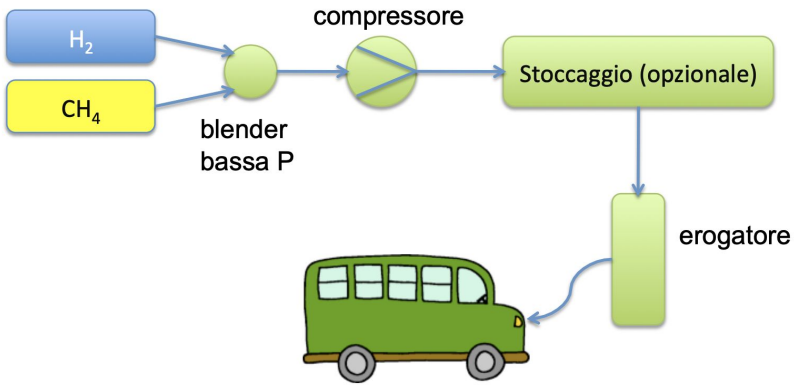
Processi e tecnologie per ottimizzare il recupero dell'idrogeno dalla fermentazione dei rifiuti-Prof.ssa Cristina Cavinato

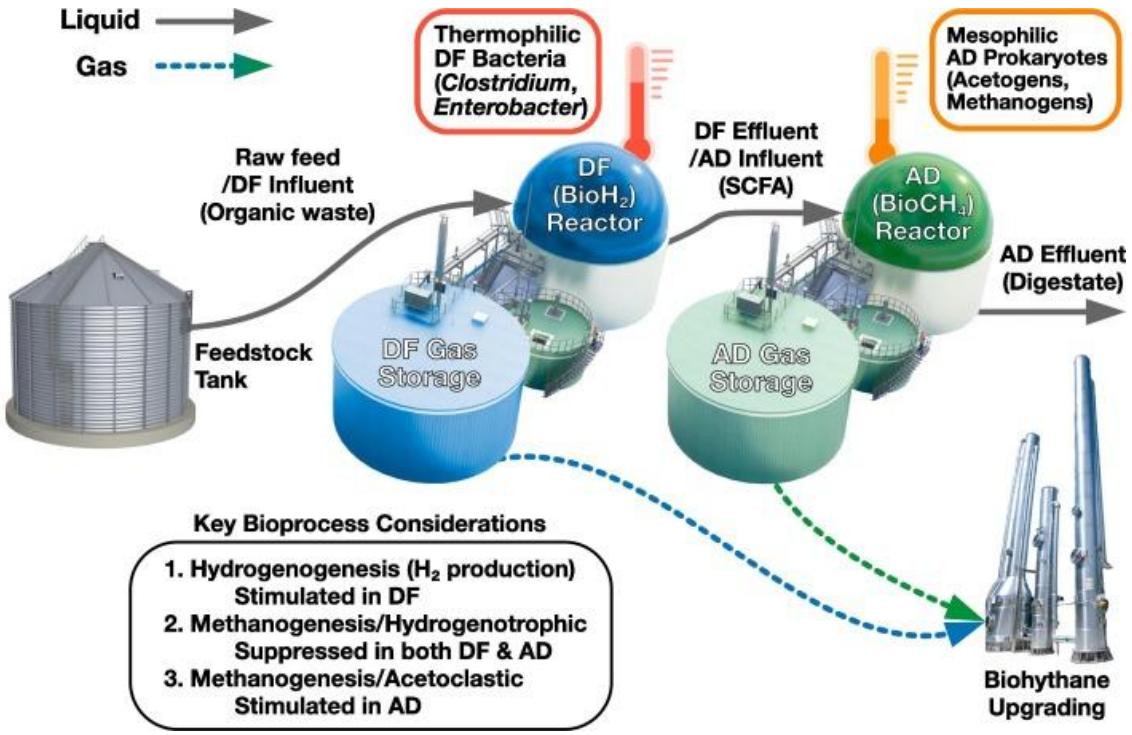
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

ENERGIA ELETTRICA

MA ANCHE BIOHYTHANE!





https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.10.132

Settimana europea per la riduzione dei rifiuti

IL PROGETTO MODSEN: ENERGIA ELETTRICA DALL'IDROGENO PRODOTTO DAL TRATTAMENTO BIOLOGICO DEI RIFIUTI

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!!

Università Ca'Foscari Venezia
Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica

Prof.ssa Cristina Cavinato- cavinato@unive.it

BIO-ENERGIA VERITAS
GREENPROPULSIONLAB

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE