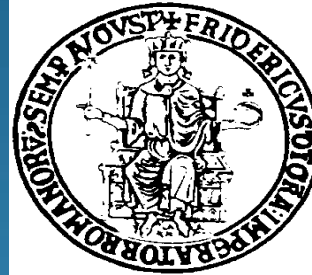


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale  
Corso di Laurea in

## INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

Classe delle Lauree in Ingegneria Civile e Ambientale, Classe N. L-7  
Presentazione della tesi di laurea

## PRODUZIONE DI IDROGENO DA REFORMING DI ACQUE DI VEGETAZIONE

### **Relatore**

Ch.mo Prof. Ing.  
Massimiliano Fabbricino

### **Candidato**

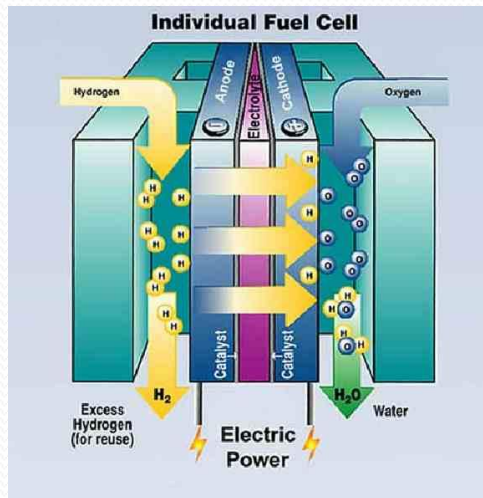
Laura Cinquegrana  
Matricola N49/349

Anno Accademico 2014/2015

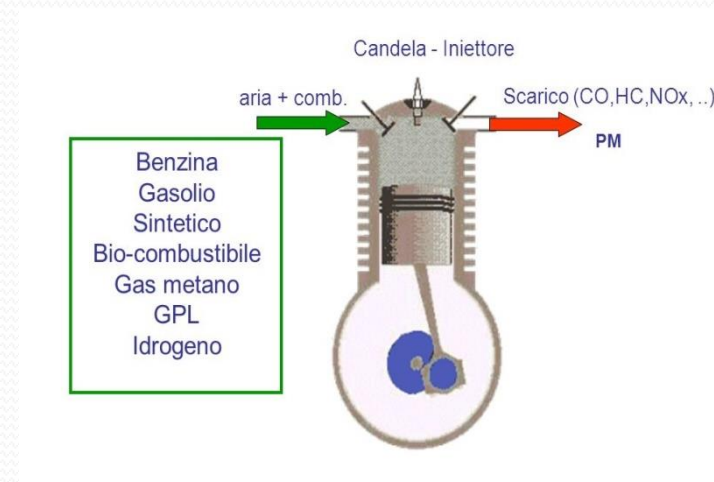
# IDROGENO: UNA FONTE DI ENERGIA

- L'idrogeno può essere utilizzato come combustibile:

Per generare energia elettrica



Nei sistemi di trasporto



## VANTAGGI

H<sub>2</sub>O unico prodotto di scarto

Emissioni di CO<sub>2</sub> assenti

## SVANTAGGI

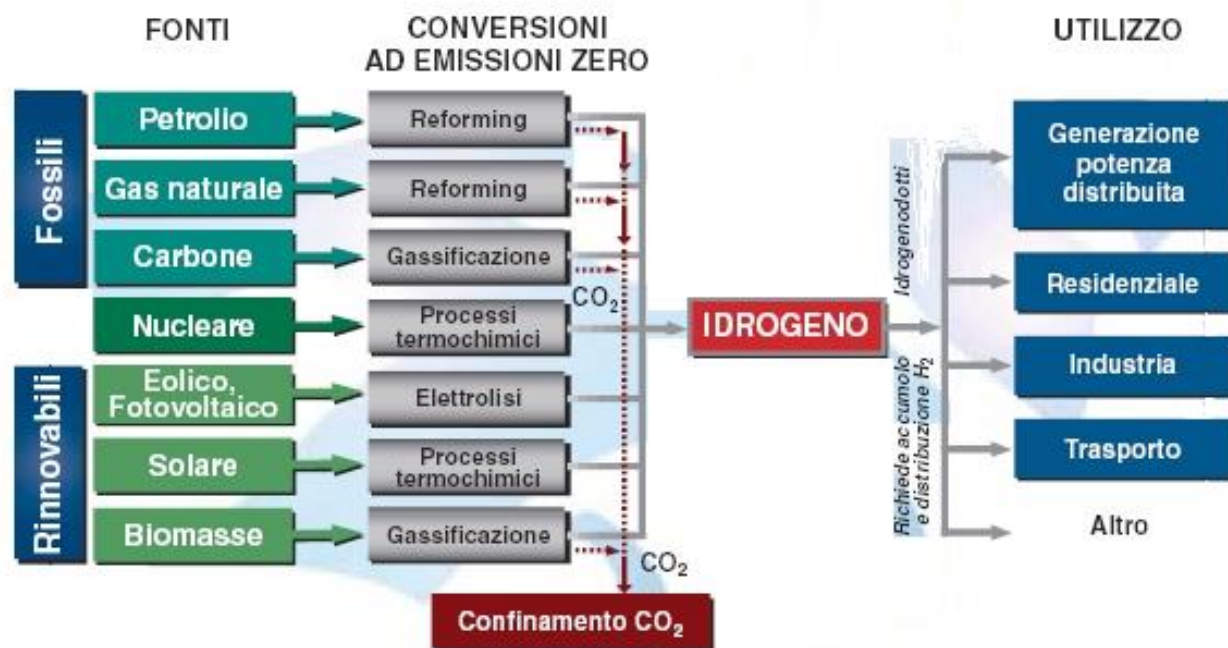
Efficienza da migliorare

Costi energetici poco sostenibili

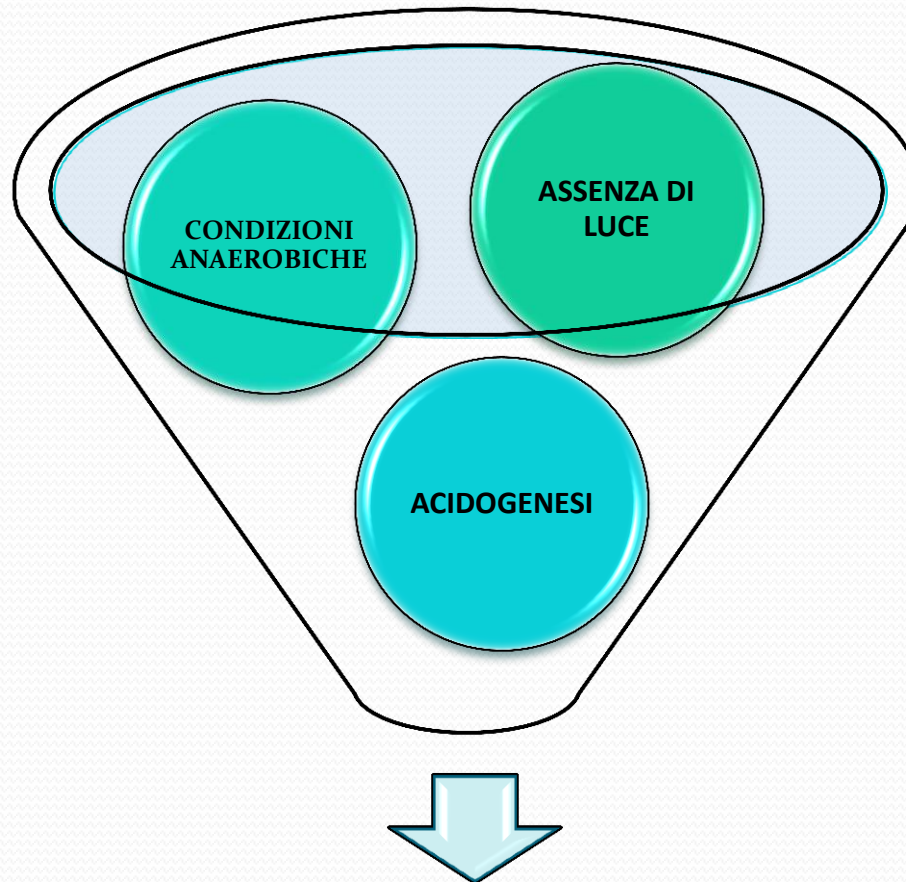
# IDROGENO VETTORE ENERGETICO

90% da idrocarburi

Fonti alternative

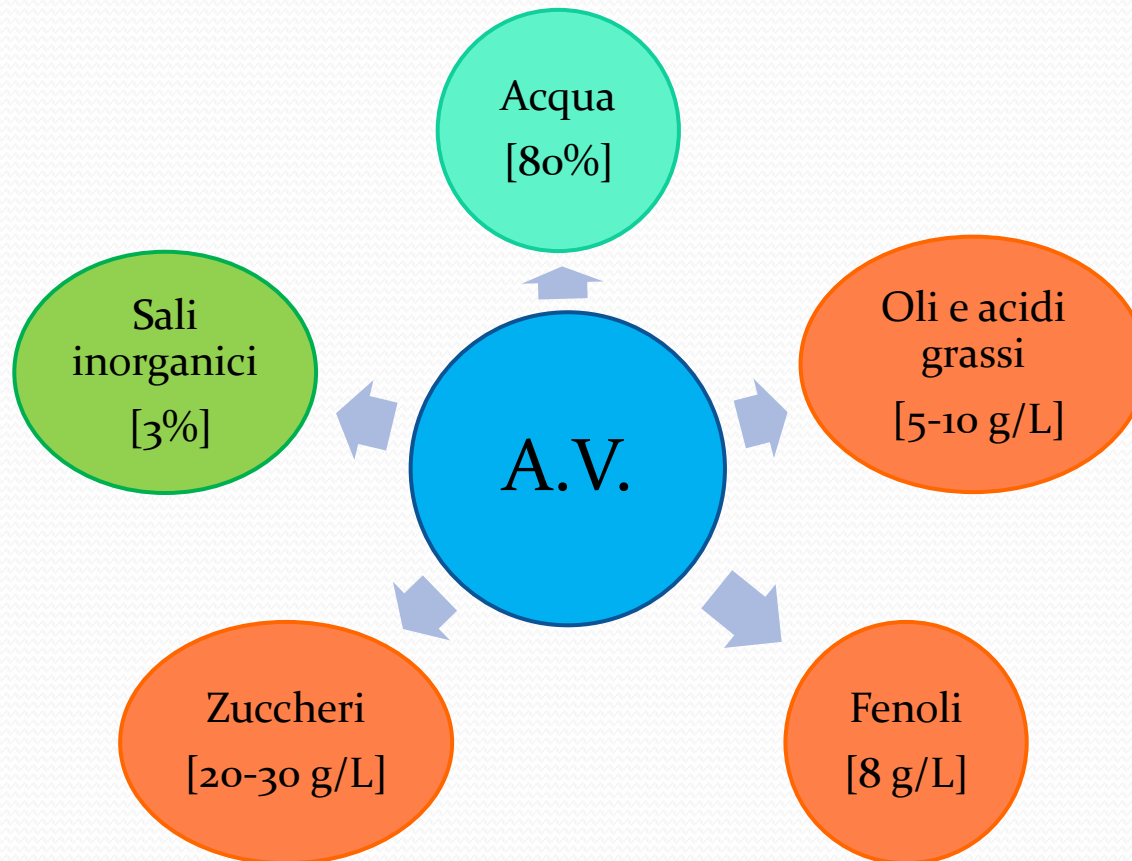


# DARK FERMENTATION



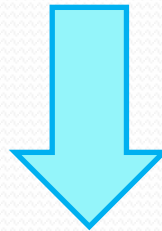
# ACQUE DI VEGETAZIONE

- Biomassa nella produzione di energia.



# PERCHÉ USARE LE ACQUE DI VEGETAZIONE?

Le AV sono altamente inquinanti per l'elevato carico di BOD e COD.



- I fenoli presenti nelle AV:
- sono inibitori dell'attività microbica e rendono inefficaci i trattamenti biologici.
    - Sono scarsamente biodegradabili.

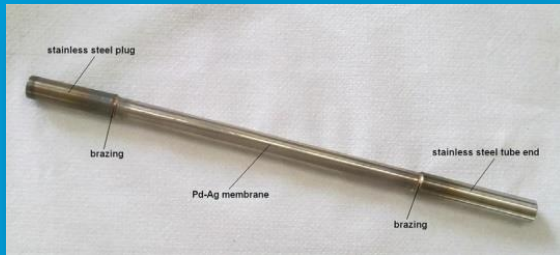
# SPARGIMENTO AL SUOLO



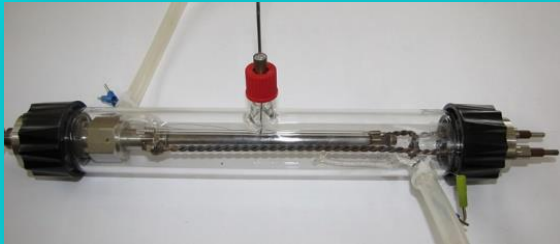
Lo spargimento al suolo è difficilmente attuabile



# IL BREVETTO ENEA



- Membrane in lega Pd-Ag
- Catalizzatore metallico



- Cilindro di Pyrex



- Modulo permeatore

# REAZIONI DI REFORMING

- STEAM REFORMING



- WATER GAS SHIFT

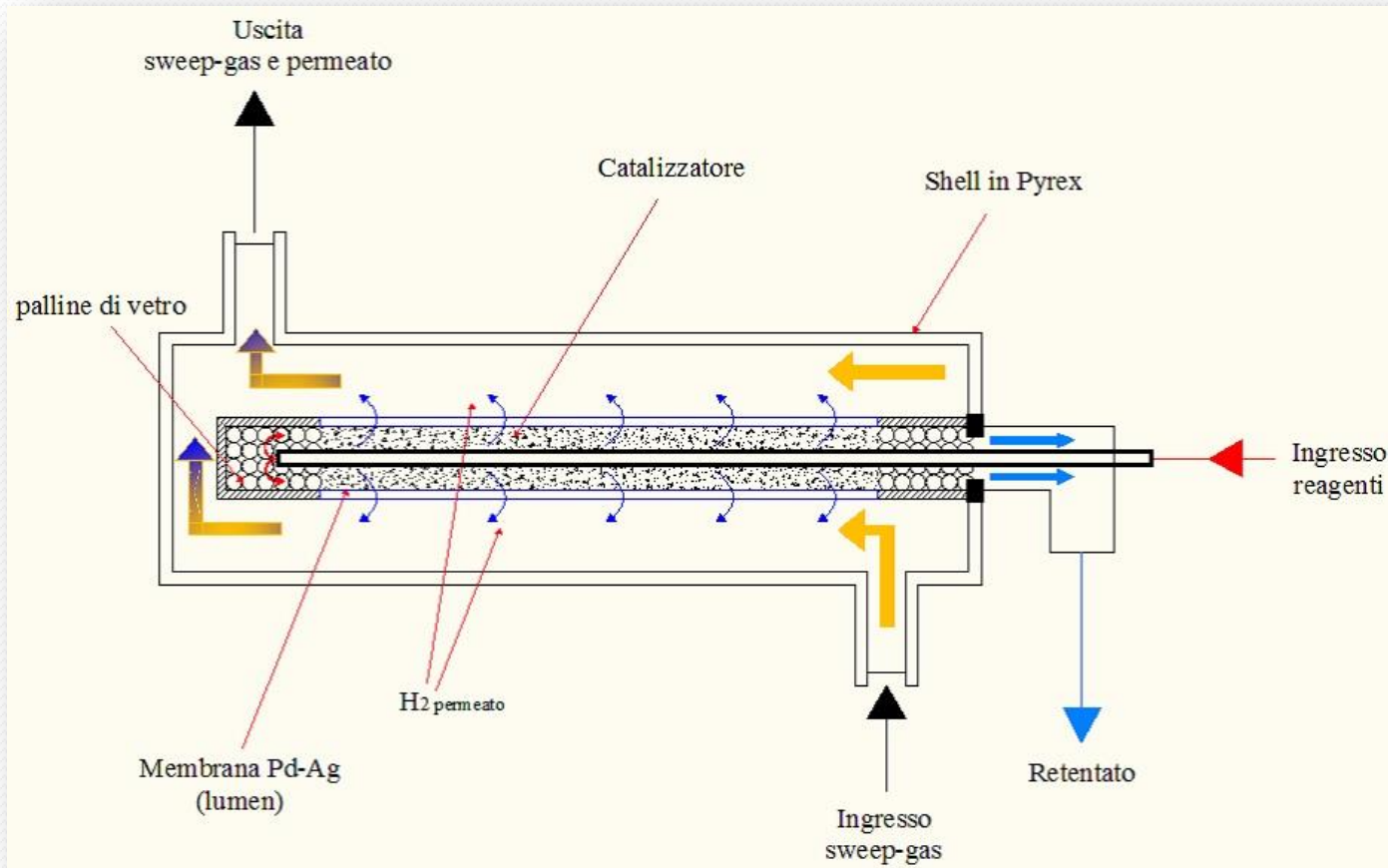


Combinando le due reazioni si ottiene:



# REATTORE A MEMBRANA

- Ingresso AV distillate  $\Rightarrow$  Reazioni di reforming  $\Rightarrow$  Retentato

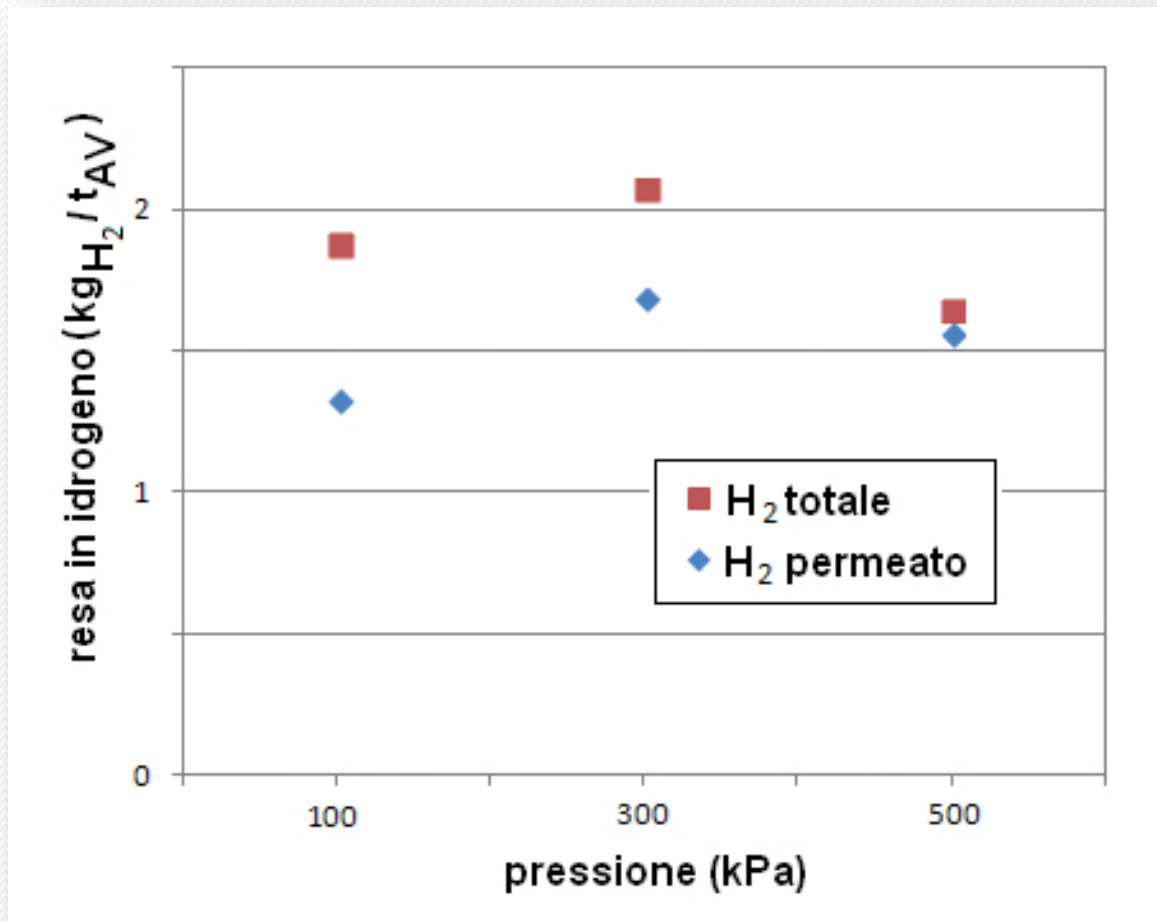


## CONDIZIONI OPERATIVE

- Temperatura di reazione 450 °C
- Pressione di reazione 100-150 Kpa
- 10 g catalizzatore (Pt o Ru)

# RISULTATI

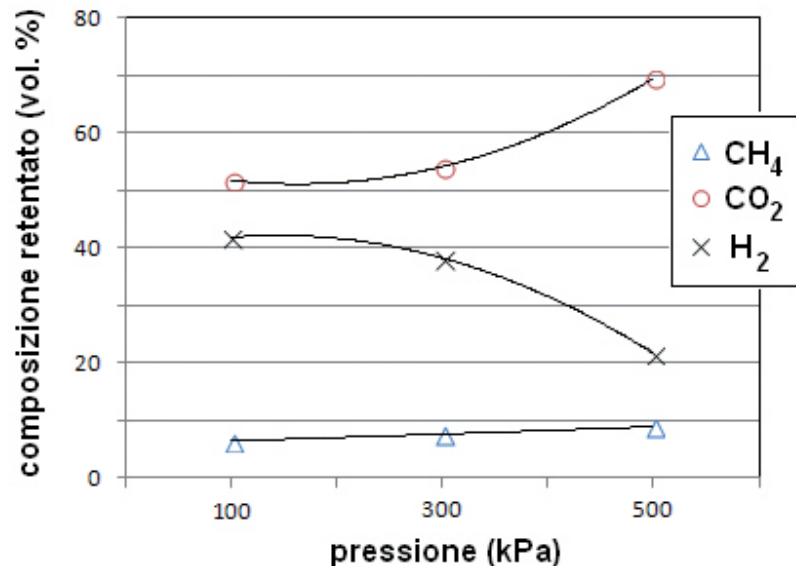
- Massima resa in idrogeno 300 KPa.
- Opposti effetti della pressione
- 2Kg di idrogeno per tonnellata di AV



# ANALISI DEL RETENTATO

- Riduzione del contenuto di fenoli (da 23,8 a 13,7 mg/L).
- COD e TOC circa costanti.

- Concentrazioni di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> aumentate.



Pressione kPa	Idrogeno totale (permeato + retentato) kg	Idrogeno nel retentato kg	Metano kg	Anidride carbonica kg
100	1,88	0,55	0,68	15,03
300	2,08	0,39	0,62	12,16
500	1,65	0,09	0,29	6,15

# CONSIDERAZIONI

## BENEFICI

- La membrana Pd-Ag lavora a temperature inferiori rispetto ai reformer tradizionali.
- L'idrogeno prodotto risulta puro, già separato dagli altri gas.

## DEBOLEZZE

- Aumentano i costi per l'utilizzo delle membrane
- Costi elevati per i consumi energetici

## SOLUZIONI

Per migliorare la resa del processo si può pensare ad un recupero di energia mediante combustione dei gas prodotti al fine di distillare le AV e sostenere la reazione di steam reforming.

# CONCLUSIONI

- Il reformer a membrana oggetto dello studio ha dimostrato la possibilità di produrre idrogeno ultrapuro a partire da una biomassa inquinante, riducendone l'impatto ambientale e contribuendo alla produzione di energia pulita.
- Il processo consente di ricavare anche metano e ridurre il contenuto di fenoli.
- Alla temperatura di 450°C e in un range di pressione di 100-500 KPa si sono ottenuti 2Kg di idrogeno permeato per tonnellata, ottenendo la massima resa a 300 KPa.
- Le bassissime concentrazioni di CO registrate dimostrano l'efficacia della reazione di water gas shift dovuta alla presenza della membrana.
- I costi di gestione possono essere ridotti o annullati realizzando opportuni recuperi termici tra le varie fasi del processo.

