



Bari, 2-3 dicembre 2013

[www.greencityenergy.it](http://www.greencityenergy.it)



# LE APPLICAZIONI DEL BIOGAS: VALUTAZIONE ECONOMICA ED AMBIENTALE

Giancarlo Caponio, Salvatore Digiesi, Giorgio Mossa, Giovanni Mummolo

Ing. Giancarlo Caponio, Ph. D. candidate

Dipartimento di Meccanica, Matematica e Management

Politecnico di Bari

[g.caponio@poliba.it](mailto:g.caponio@poliba.it)



# Scopo dello studio

- Confrontare le prestazioni economiche ed ambientali di differenti applicazioni del biogas ottenuto dalla digestione anaerobica della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani (FORSU)
- Proporre una tariffa di incentivazione per il biometano basata sulle performance ambientali (emissioni evitate di GHG)



# Cosa è il biogas

- Fanghi di depurazione
- Scarti dell'industria agro-alimentare
- Prodotti vegetali
- Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani
- Reflui zootecnici

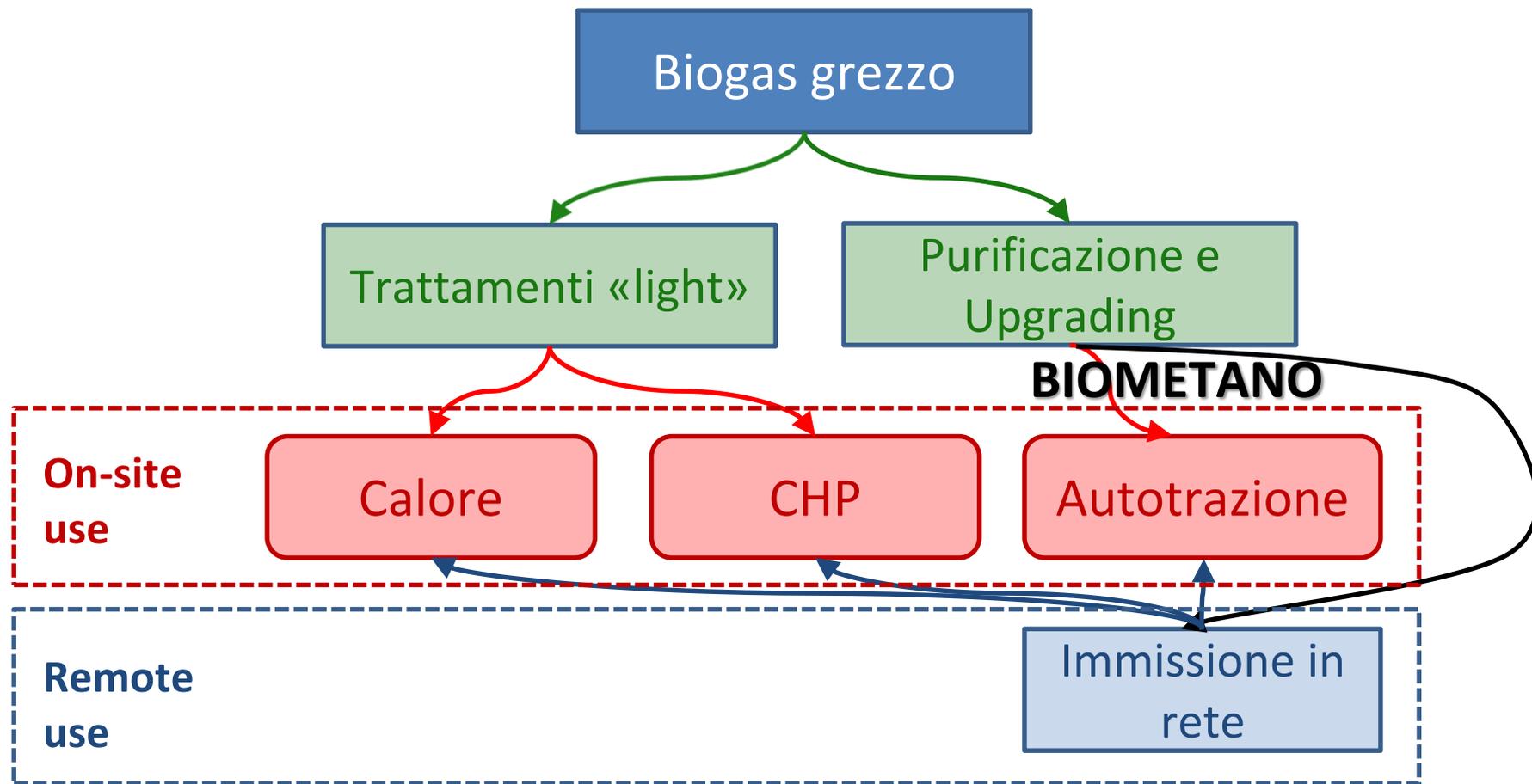
DIGESTIONE  
ANAEROBICA

## BIOGAS:

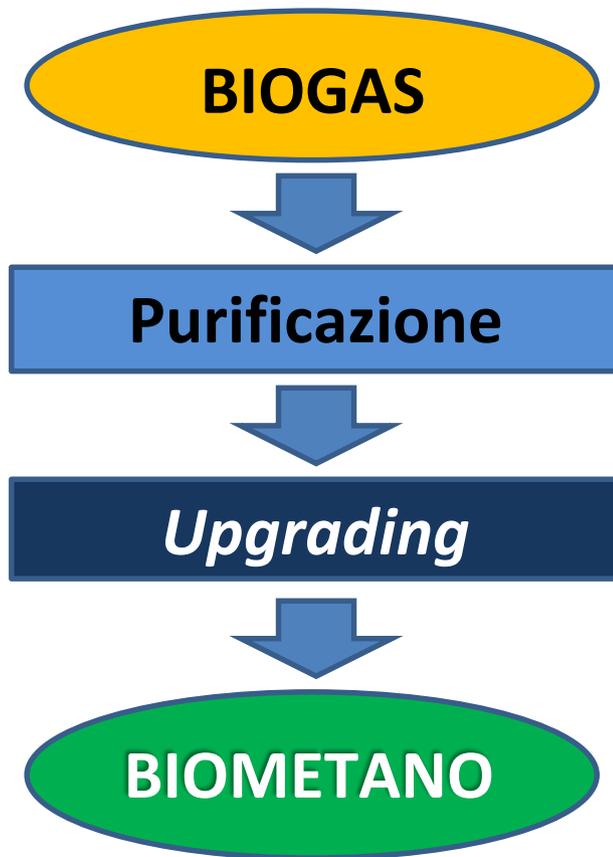
- Metano ( $\text{CH}_4$ ) 60.0%
- Anidride Carbonica ( $\text{CO}_2$ ) 35.0%
- Altre sostanze ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ...) 5.0%



# Le applicazioni del biogas



# Cosa é il biometano



## Purificazione:

- Rimozione  $H_2S$  (desolforazione)
- Rimozione  $H_2O$  (deumidificazione)
- Rimozione silossani
- Rimozione altre sostanze ( $O_2$ ,  $N_2$  e  $NH_3$ )

## Upgrading:

- Rimozione  $CO_2$

## Risultato

97-99%  $CH_4$

1-2%  $CO_2$

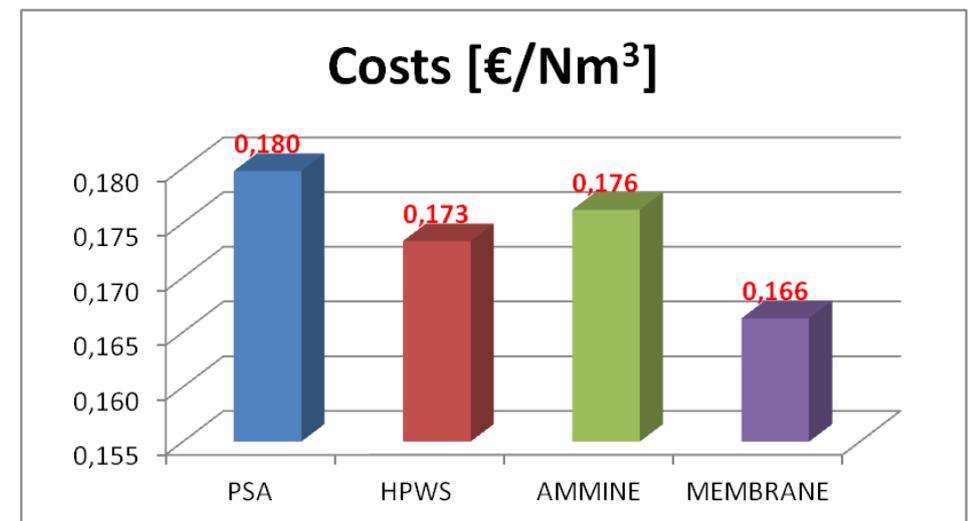
1% altre sostanze



# Tecniche di upgrading

- Adsorbimento a pressione oscillante (PSA)
- Separazione con membrane (MEMBRANE)
- Assorbimento fisico (HPWS) o chimico (AMMINE)
- Separazione criogenica (per applicazioni LNG)

| TECNICA  | RESA IN BIOMETANO [%] |
|----------|-----------------------|
| PSA      | 98                    |
| MEMBRANE | 95                    |
| HPWS     | 97                    |
| AMMINE   | 99,8                  |



# Il caso studio: ipotesi di base



Totale RSU prodotta nel 2012

(BARI)

*Differenziata:*  
38.856.774,00 Kg.

*Indifferenziata:*  
146.683.995,00 Kg.

**Totale RSU:**  
185.540.769,00 Kg.

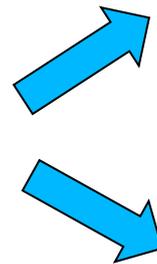
*Percentuale raccolta differenziata*  
20,942 %

R.D. (50 %): 93 kt/a

Biost (50 %): 93 kt/a

F. S. : 43 kt/a

F.O.: 50 kt/a



# Il caso studio: ipotesi di base

|  | Valore    | UM                        |
|--|-----------|---------------------------|
| FORSU  | 50'000    | [t/a]                     |
| Resa del processo di D.A.                    | 160       | [Nm <sup>3</sup> /t t.q.] |
| Biogas grezzo prodotto                       | 4'546'000 | [Nm <sup>3</sup> /a]      |
| Potere calorifico del biogas prodotto        | 5.75      | [kWh/Nm <sup>3</sup> ]    |
| Concentrazione di CH <sub>4</sub> nel biogas | 58        | [%]                       |
| Densità del biogas                           | 1.21      | [kg/Nm <sup>3</sup> ]     |
| Ore di funzionamento impianto                | 8'000     | [h/a]                     |



# Gli scenari considerati

## ■ Scenario 1 – “CHP”

Impiego del biogas per cogenerazione

## ■ Scenario 2 – “IN-FEED”

Upgrading del biogas per immissione in rete

## ■ Scenario 3 – “FUELING”

Upgrading del biogas per alimentazione veicoli



## Scenario 1 – “CHP”

- Impianto CHP con potenza installata  $< 1$  [MW]
- Rendimento elettrico CHP 37%
- Produzione di 7,6 [GWh/a] di energia elettrica
- Ricavi per produzione di E.E. (E.T. non valorizzata):

Tariffa Omnicomprensiva + premio per cogenerazione ad alto rendimento [DM del 06.07.2012]

$$216 \text{ [€/MWh]} + 10 \text{ [€/MWh]} = 226 \text{ [€/MWh]}$$



## Scenari 2 e 3 – “IN-FEED”, “FUELING”

- Impianto di upgrading (lavaggio amminico) di potenzialità 500 [Nm<sup>3</sup>/h] (biogas in ingresso)
- Produzione di 2,5 milioni di [Nm<sup>3</sup>/a] di biometano

## Scenario 2 – “IN-FEED”

- Ricavi costituiti dalla vendita del biometano al costo medio del gas naturale al netto delle imposte

$$92,8 \text{ [c€/Nm}^3\text{]}^* - 31,0 \text{ [c€/Nm}^3\text{]}^* = 61,8 \text{ [c€/Nm}^3\text{]}^*$$

\* Dati riferiti al 2° trimestre del 2013, Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas



## Scenario 3 – “FUELING”

- Biometano impiegato per alimentare i mezzi di una municipalizzata\*:

**20 x**



**Auto compattatore a 3  
assi a Caricamento  
Laterale (CL)**

**50 x**



**Auto compattatore 3  
assi a Caricamento  
posteriore (CP)**

**10 x**



**Spazzatrice  
Meccanico aspirante**

\* Dati relativi ai consumi ed alle tipologie di mezzi riferiti al parco mezzi dell'AMA (Azienda Municipale Ambiente – ROMA)



# Scenario 3 – “FUELING”

| VEICOLO              | Metano                           | Gasolio           | Metano                          | Gasolio          |
|----------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------|
|                      | Cons. unit. (Nm <sup>3</sup> /a) | Cons. unit. (l/a) | cons. tot. (Nm <sup>3</sup> /a) | cons. Tot. (l/a) |
| Auto-compattatori CL | 27.329                           | 26.925            | 546.575                         | 538.500          |
| Auto-compattatori CP | 30.932                           | 26.923            | 1.546.644                       | 1.346.150        |
| Spazzatrici          | 27.123                           | 23.400            | 271.239                         | 234.000          |
| TOTALE               |                                  |                   | 2.364.458                       | 2.118.650        |

- Costo evitato del gasolio valutato al 90% del prezzo medio al netto delle imposte: 1.12 [€/l]



# Analisi economica

## COSTI D'INVESTIMENTO

Scenario 1: 3,37 [M€]

Scenario 2: 3,88 [M€]

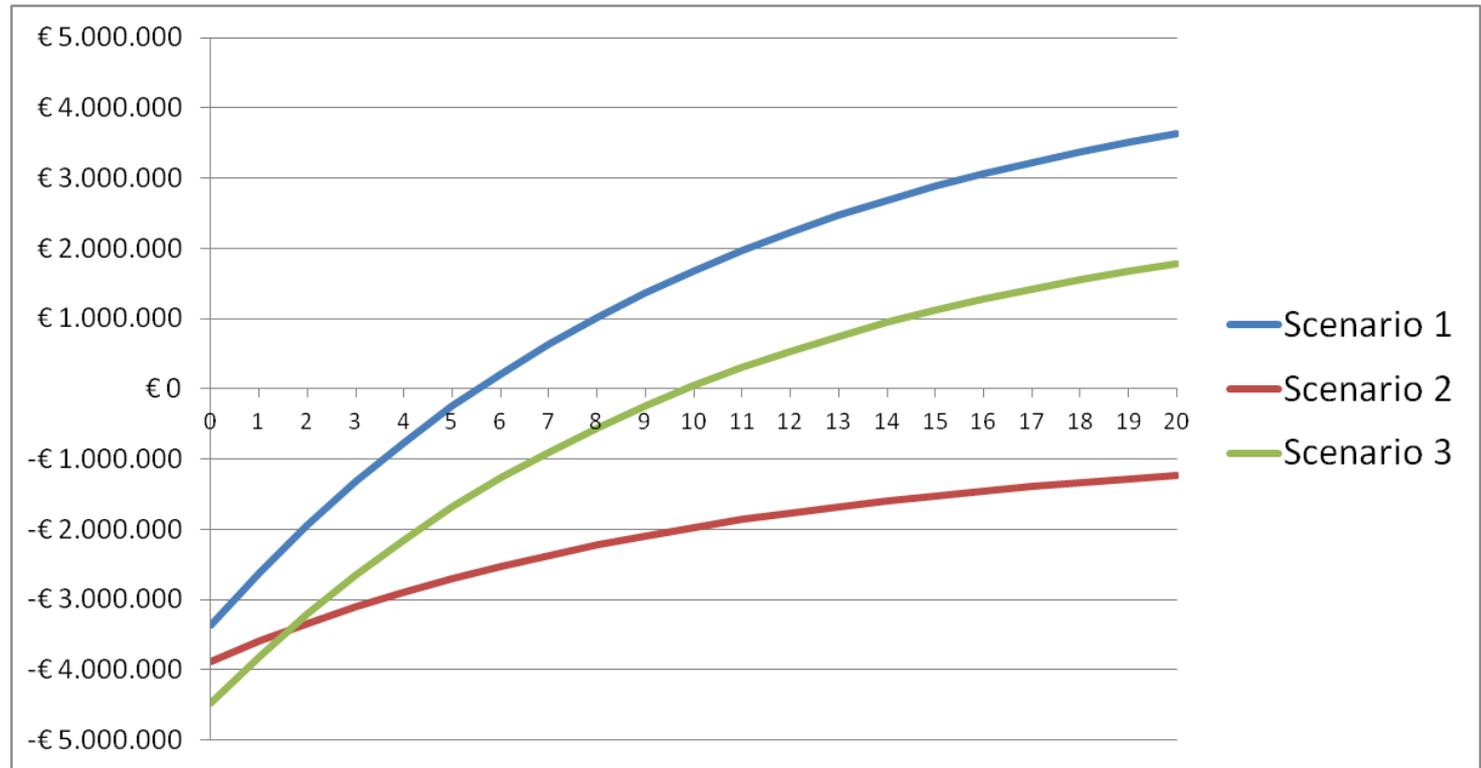
Scenario 3: 4,63 [M€]

## COSTI OPERATIVI

Scenario 1: 0,894 [M€/a]

Scenario 2: 1,241 [M€/a]

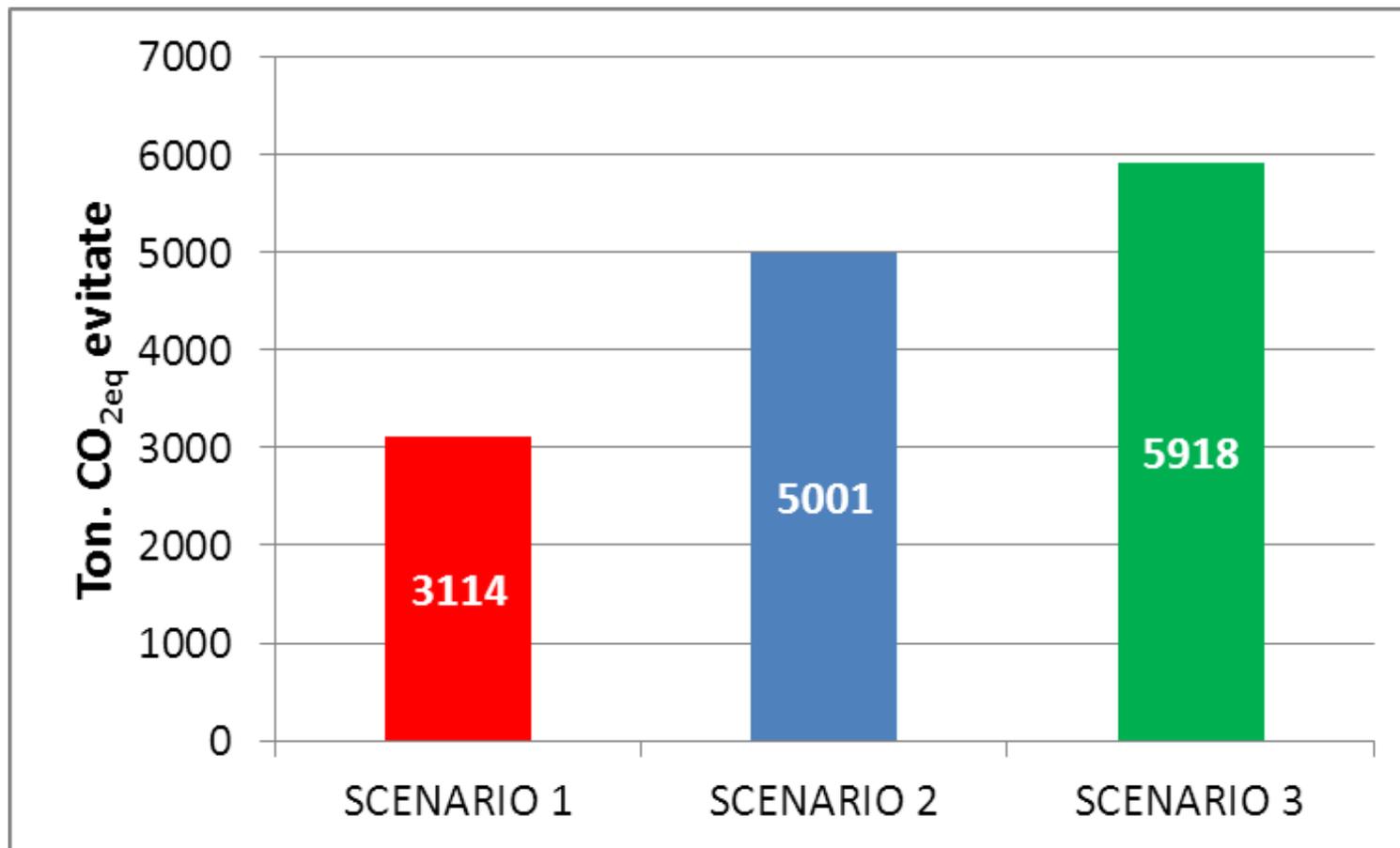
Scenario 3: 1,607 [M€/a]



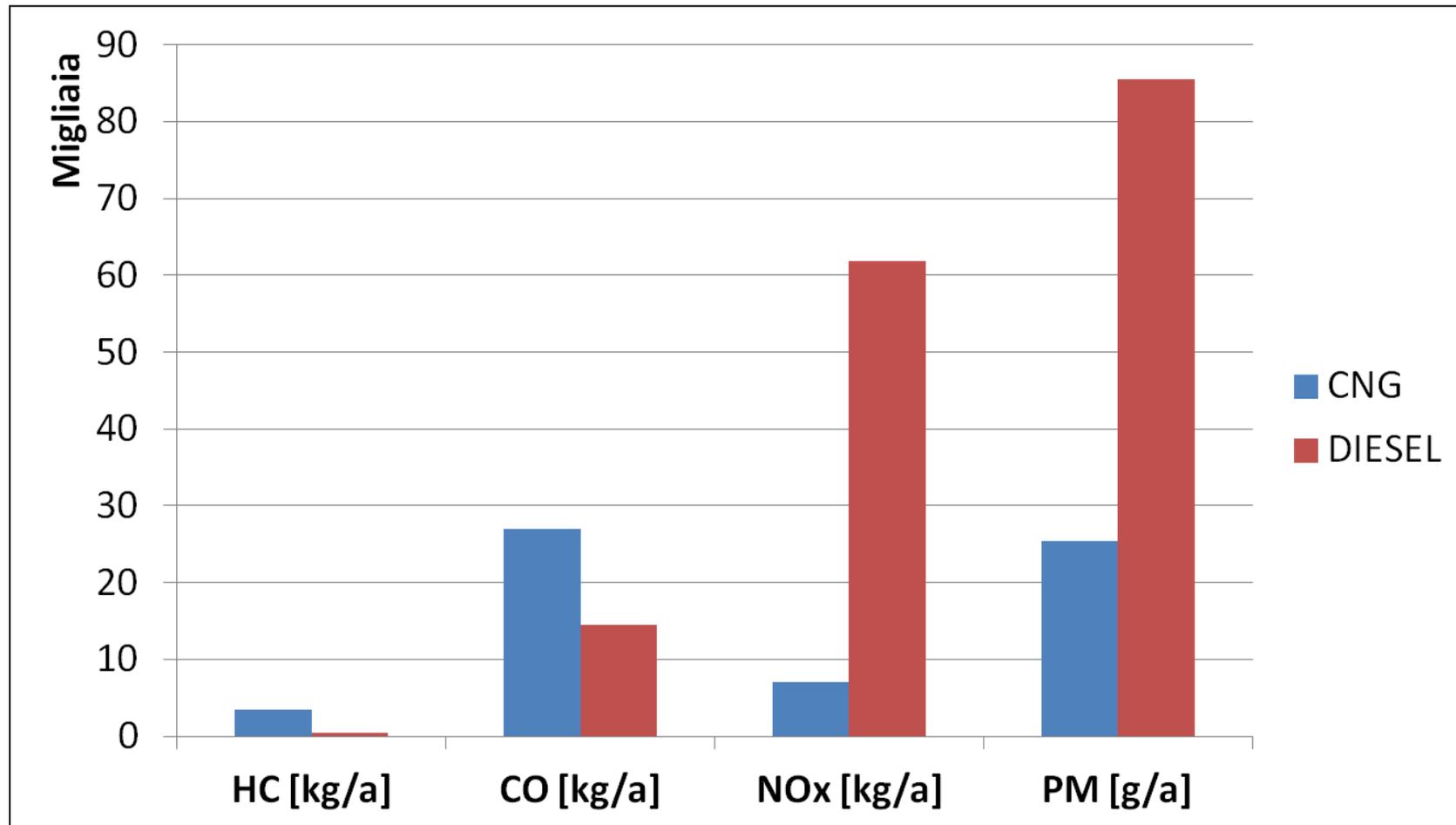
|                      | SCENARIO 1         | SCENARIO 2          | SCENARIO 3         |
|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| <b>VAN a 20 anni</b> | <b>€ 3.626.134</b> | <b>-€ 1.264.683</b> | <b>€ 1.950.415</b> |
| <b>PBP</b>           | <b>6</b>           |                     | <b>10</b>          |



# Analisi ambientale globale



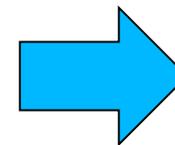
# Analisi ambientale locale



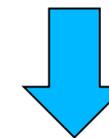
# Definizione dell'incentivo

La Composizione del mix medio nazionale\* utilizzato per la produzione dell'energia elettrica immessa nel sistema elettrico italiano nel 2012 è:

| FONTI PRIMARIE UTILIZZATE | % - 2012 |
|---------------------------|----------|
| Fonti rinnovabili         | 29,8     |
| Carbone                   | 18,5     |
| Gas Naturale              | 39,8     |
| Prodotti petroliferi      | 1,3      |
| Nucleare                  | 4,8      |
| Altre fonti               | 5,8      |



1 [kWh] «lordo»



410 [gCO<sub>2eq</sub>]\*\*

\* Dato riferito alla pubblicazione del 2012 - Gestore Servizi Energetici (GSE)

\*\* Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale



# Definizione dell'incentivo

Incentivi basati  
sulla generazione



Obiettivo  
20-20-20

Incentivi basati sull'effettiva  
riduzione di emissioni CO<sub>2</sub>

Considerando le performance ambientali:

Scenario 1 - CHP: incentivo  
pari a 226 [€/MWh]



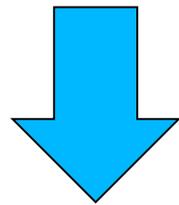
3114 [t] di emissioni di  
CO<sub>2eq</sub> evitate

La «willingness-to-pay» per 1 [t CO<sub>2eq</sub>] evitata = 551 [€]



# Definizione dell'incentivo

Nell'ipotesi di una stessa «willingness-to-pay» nel caso di produzione di biometano, si ottiene:



## Scenario 2:

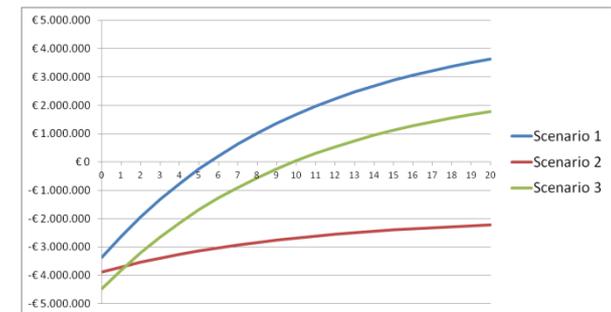
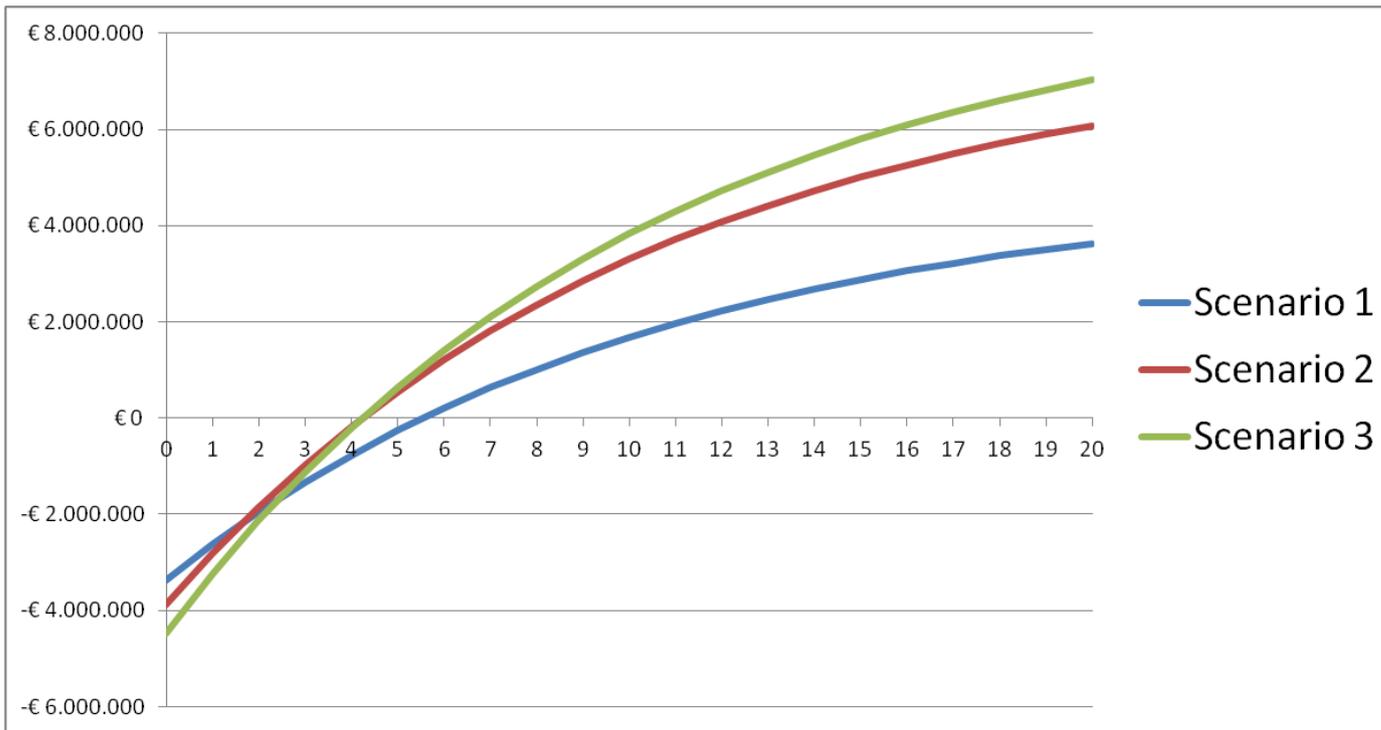
Tariffa Omnicomprensiva  
(Incentivo + remunerazione  
gas immesso in rete) pari a  
 $1,01 \text{ [€/Nm}^3\text{]}$

## Scenario 3:

Premio per produzione  
biometano (autoconsumato)  
di  $0,32 \text{ [€/Nm}^3\text{]}$



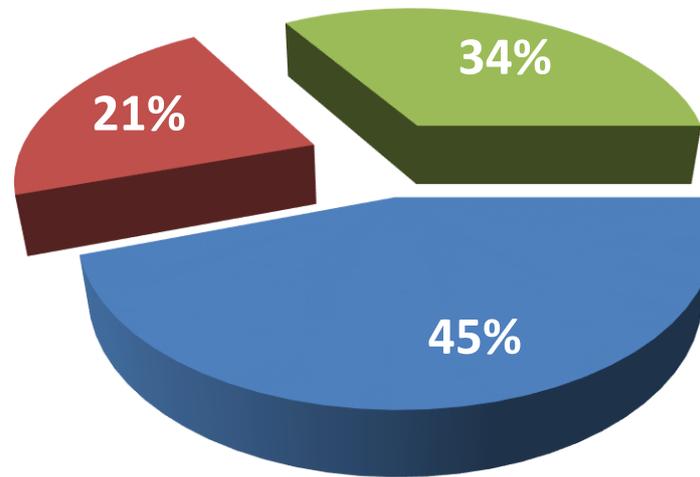
# Analisi economica con incentivi



|                      | SCENARIO 1         | SCENARIO 2         | SCENARIO 3         |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>VAN a 20 anni</b> | <b>€ 3.626.134</b> | <b>€ 6.066.755</b> | <b>€ 7.027.821</b> |
| <b>PBP</b>           | <b>6</b>           | <b>5</b>           | <b>5</b>           |



# Situazione impiantistica attuale



■ Germania (In-feed) ■ Svezia (Fueling) ■ Altri Paesi

## Italia

Esiste solo un impianto pilota presso la discarica Malagrotta di Roma. Nel 1995 AMA ha cominciato una collaborazione con IVECO e CO.LA.RI per il rifornimento di 34 mezzi pubblici. Attualmente la discarica non è operativa.



# Conclusioni

## PUNTI DI FORZA

- Indipendenza dalla posizione geografica
- Possibilità di rendere meno carbon-intensive la fornitura di gas naturale
- Benefici ambientali sia locali che globali

## PUNTI DI DEBOLEZZA

- Mancanza di una normativa nazionale per l'immissione in rete
- Mancanza di una politica di incentivazione per la produzione di biometano

## OPPORTUNITA'

- Nel breve termine, il biometano rappresenta per l'Italia l'alternativa più praticabile per raggiungere l'obiettivo minimo obbligatorio del 10% di biocarburanti sul consumo complessivo di benzina e diesel per autotrazione entro il 2020.

## CRITICITA'

- Difficoltà nell'accrescere il coinvolgimento delle Pubbliche Amministrazioni e delle aziende municipalizzate
- Difficoltà nell'accrescere la consapevolezza della comunità (Raccolta Differenziata)





Bari, 2-3 dicembre 2013

[www.greencityenergy.it](http://www.greencityenergy.it)



# Grazie

**Ing. Giancarlo Caponio, Ph. D. candidate**

**Dipartimento di Meccanica, Matematica e Management**

**Politecnico di Bari**

**[g.caponio@poliba.it](mailto:g.caponio@poliba.it)**

