



**EIMA  
ENERGY**

Le fonti rinnovabili  
di energia in agricoltura.



**ENAMA**  
ENTE NAZIONALE PER LA  
MECCANIZZAZIONE AGRICOLA

Bologna 13 Novembre 2010



Sustainable and Innovative  
European Biogas Environment

# Elementi di valutazione per lo studio di fattibilità di impianti di biogas

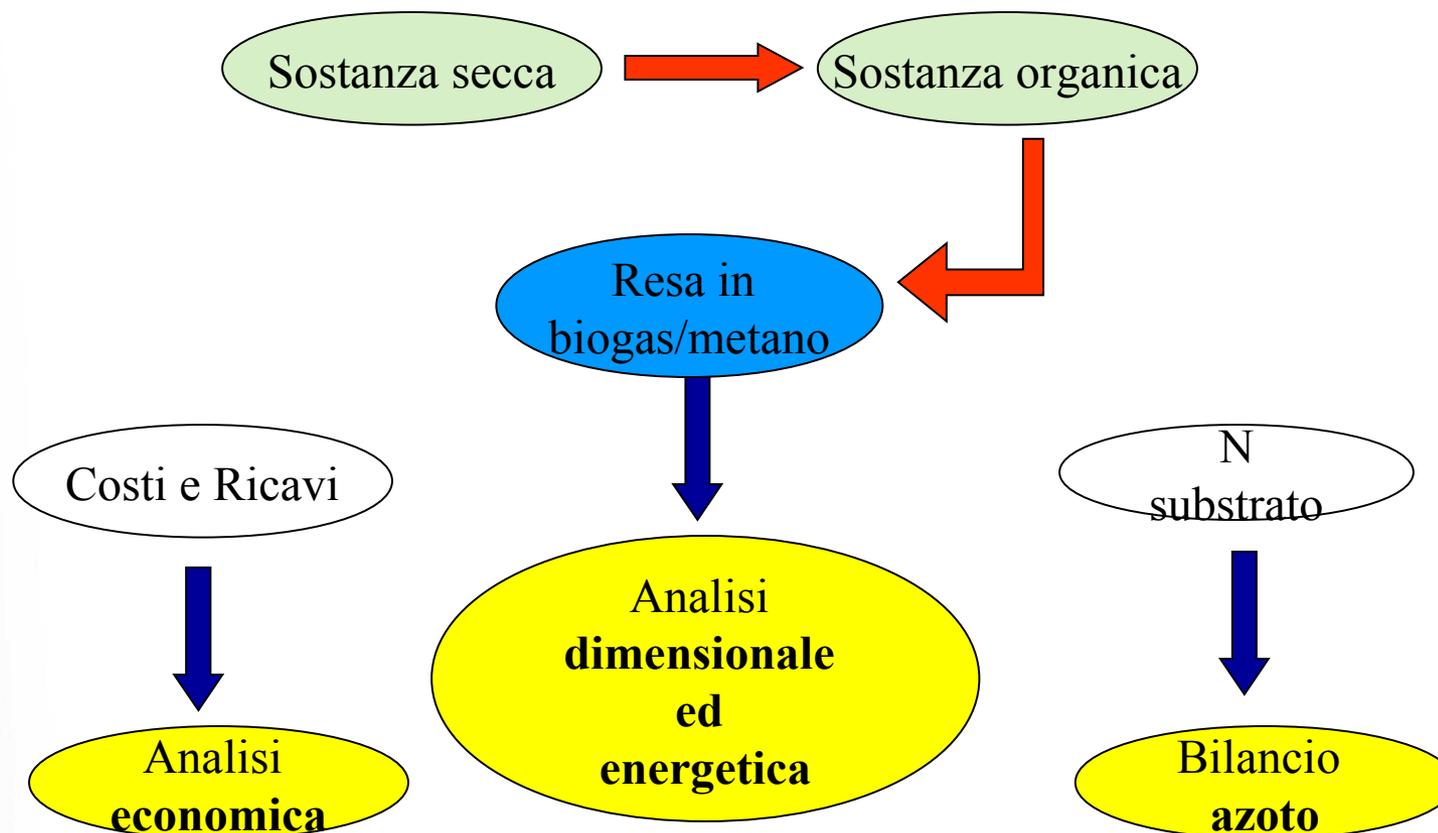
**Claudio Fabbri**

**Centro Ricerche Produzioni Animali**

**Reggio Emilia**

## Biogas for Europe's Future

# I parametri di calcolo: caratteristiche dei substrati



# Disponibilità di biomasse

- **PRODUZIONI ZOOTECNICHE (EFFLUENTI)**
- **TRASFORMAZIONE DELLE PRODUZIONI ANIMALI**
  - industria del latte
  - macellazione (bovini, suini, avicoli)
  - produzione di salumi (prosciutto crudo)
- **PREPARAZIONE ORTOFRUTTA PER CONSUMO FRESCO**
- **TRASFORMAZIONE DELLE PRODUZIONI VEGETALI (pomodoro, ortaggi e frutta)**

# Disponibilità di biomasse: effluenti bovini



Sustainable and Innovative  
European Biogas Environment

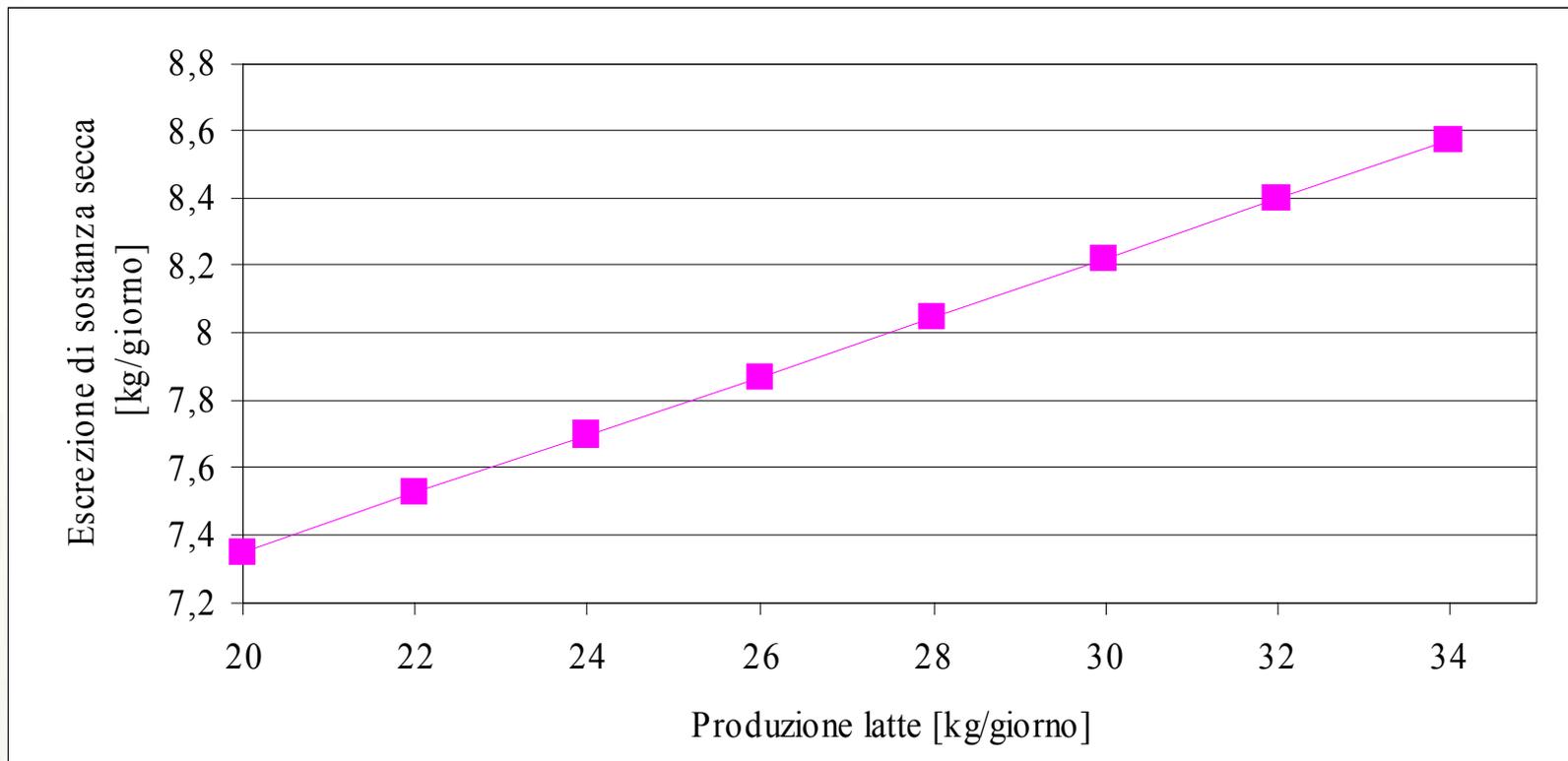
		Liquame	Solido separato
<b>pH</b>	[-]	7,72	8,41
<b>Solidi Totali (ST)</b>	[g/kg tq]	64,19	214,02
<b>Solidi Volatili (SV)</b>	[g/kg tq]	48,65	187,7
	[%ST]	76%	88%
<b>Azoto Totale Kjeldahl (NTK)</b>	[mg/kg tq]	2922	3585
	[%ST]	4,6%	1,7%
<b>Azoto Ammoniacale (N-NH<sub>4</sub>)</b>	[mg/kg tq]	1470	1117
	[%NTK]	50%	31%
<b>Fosforo</b>	[mg/kg tq]	496	788
	[%ST]	0,8%	0,4%
<b>Potassio</b>	[mg/kg tq]	3271	2431
	[%ST]	5,1%	1,1%



# Disponibilità di biomasse: effluenti bovini



# Disponibilità di biomasse: escrezione ST da bovini



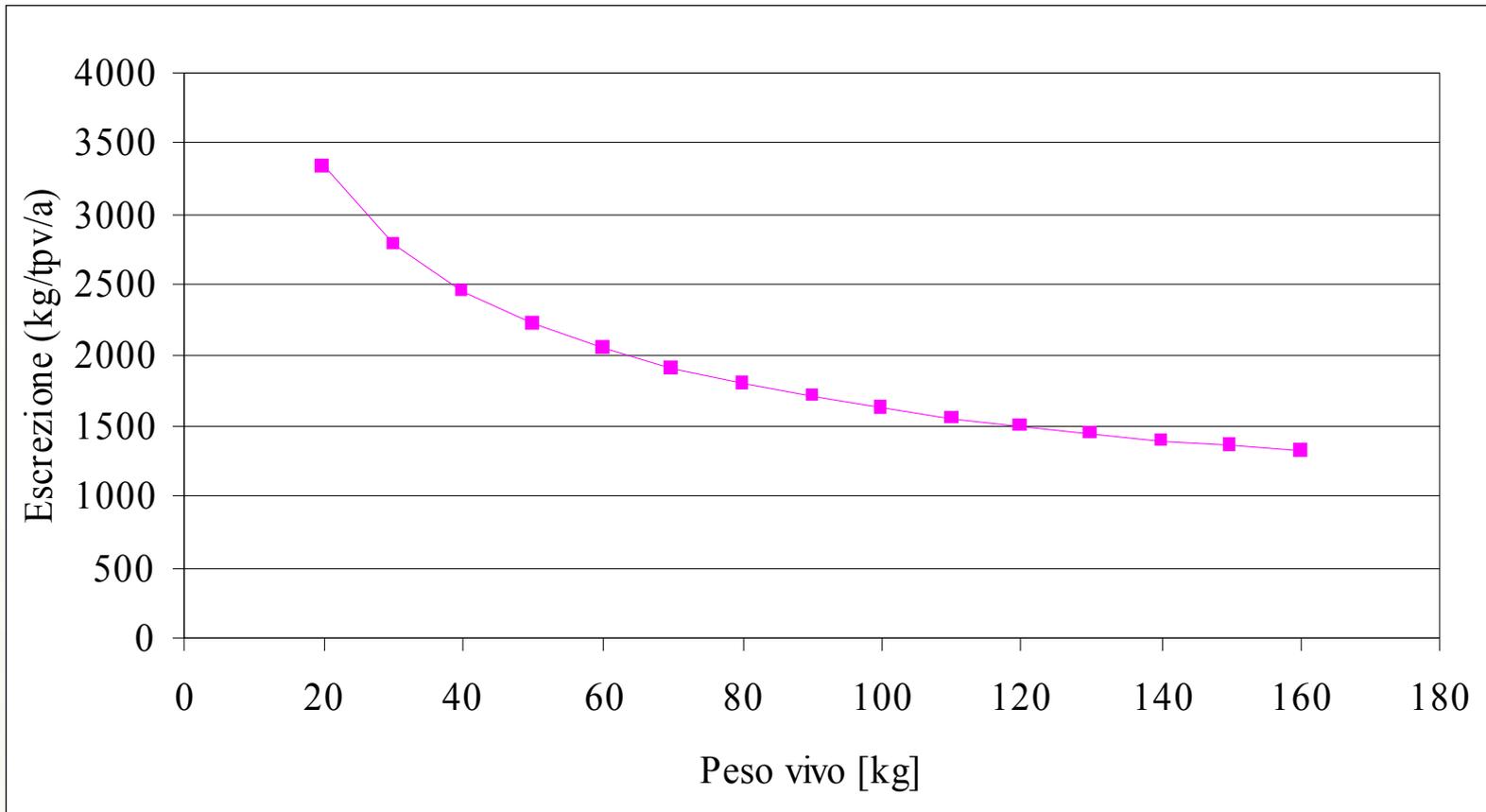
# Disponibilità di biomasse: effluenti suini

		Liquame	Solido separato
<b>pH</b>	[-]	7,25	8,02
<b>Solidi Totali (ST)</b>	[g/kg tq]	38,86	211,46
<b>Solidi Volatili (SV)</b>	[g/kg tq]	26,4	174,5
	[%ST]	68%	83%
<b>Azoto Totale Kjeldahl (NTK)</b>	[mg/kg tq]	3118	6449
	[%ST]	8,0%	3,0%
<b>Azoto Ammoniacale (N-NH<sub>4</sub>)</b>	[mg/kg tq]	1897	1870
	[%NTK]	61%	29%
<b>Fosforo</b>	[mg/kg tq]	916	4352
	[%ST]	2,4%	2,1%
<b>Potassio</b>	[mg/kg tq]	1785	2147
	[%ST]	4,6%	1,0%

# Disponibilità di biomasse: effluenti suini



# Disponibilità di biomasse: escrezione ST da suini



# Disponibilità di biomasse: potenzialità comparto vegetale

Materia prima		Scarti vegetali (% materia prima )
<b>Vegetali al consumo fresco</b>		
1	<b>Ortaggi</b>	<b>20 - 36</b>
2	<b>Ortaggi a surgelati</b>	<b>10,0</b>
3	<b>Ortaggi a consumo fresco</b>	<b>2,0</b>
4	<b>Frutta</b>	<b>2,3</b>
<b>Vegetali trasformati</b>		
5	<b>Pomodoro</b>	<b>2,5 - 3,7</b>
6	<b>Piselli</b>	<b>8,7 - 9,8</b>
7	<b>Mais dolce</b>	<b>65-68</b>
8	<b>Patate</b>	<b>22-23</b>
9	<b>Frutta</b>	<b>2,5-6,1</b>

(Fonte: CRPA-Regione Emilia-Romagna – ProBio 2006)

# Disponibilità di biomasse: sottoprodotti vegetali

Scarti di mais dolce



Fagiolini



Bucette pomodoro



Pera



# Disponibilità di biomasse: stagionalità dei sottoprodotti

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
<b>CONSERVE VEGETALI</b>												
Lavorazioni singole												
Pomodoro												
Piselli, fagioli, fagiolini, mais												
Mele e pere												
Pesche e albicocche												
Fanghi di depurazione	Stessa periodicità degli scarti di cui sopra											
<b>CONSERVE ANIMALI</b>												
Sottoprodotti di origine animale (SOA)												
<b>FANGHI DI DEPURAZIONE</b>												
<b>EFFLUENTI ZOOTECNICI</b>												

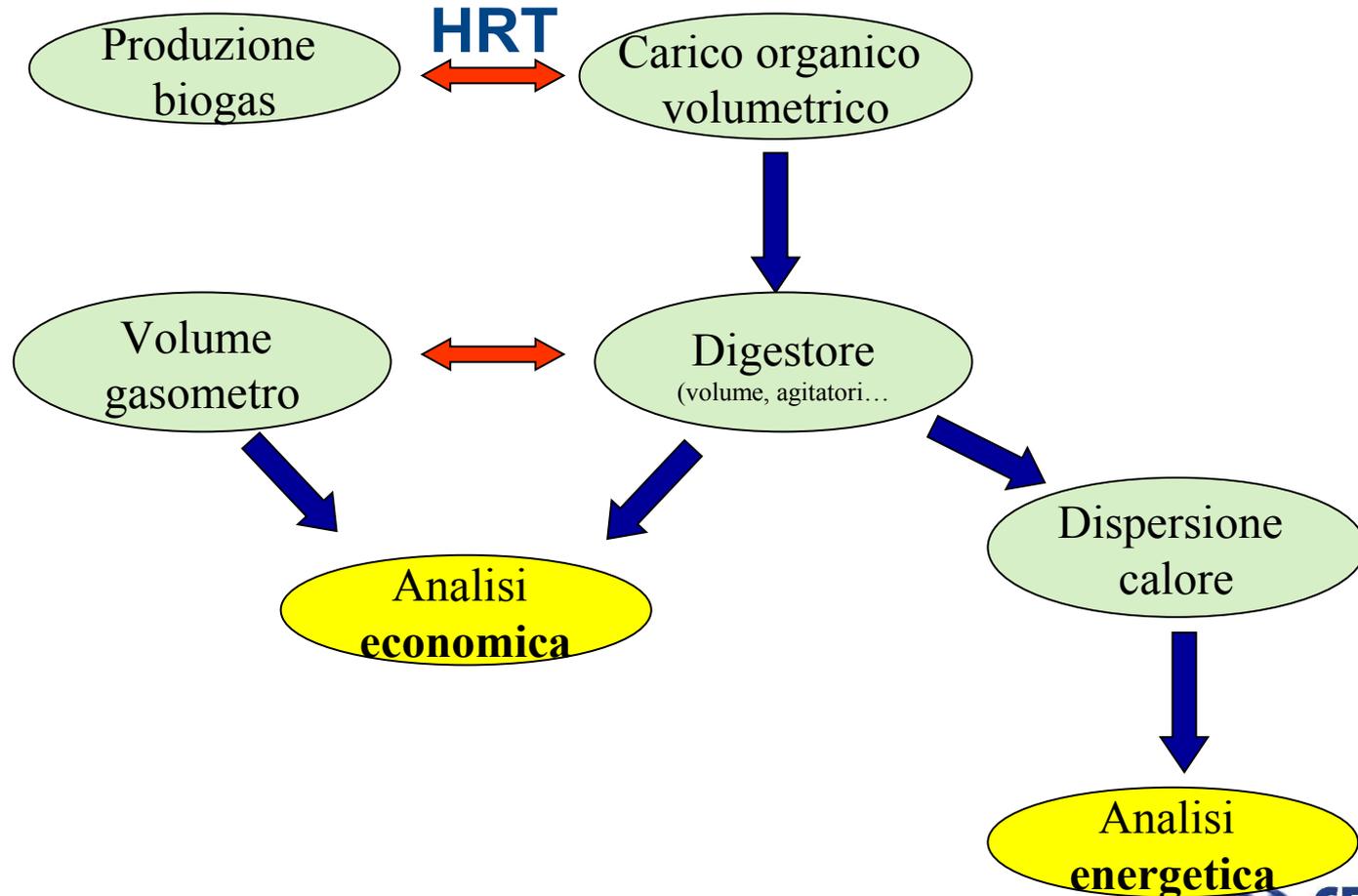


# Disponibilità di biomasse: perdite di stoccaggio

<b>Cause</b>	<b>Stima</b>	<b>Perdite (%)</b>
<b>Respirazione</b>	<b>Inevitabile</b>	<b>1 - 2</b>
<b>Fermentazione</b>	<b>Inevitabile</b>	<b>4 - 10</b>
<b>Percolamenti</b>	<b>Car. Substrato</b>	<b>0 - 7</b>
<b>Fermentazione anomala</b>	<b>Evitabile</b>	<b>0 - 10</b>
<b>Condizioni Aerobie in silo</b>	<b>Evitabile</b>	<b>0 - 10</b>
<b>Condizioni aerobie al desilamento</b>	<b>Evitabile</b>	<b>0 - 40</b>
<b>Perdite Totali</b>		<b>5 - 40</b>

Fonte: Honig

# I parametri di calcolo: analisi dimensionale



# Co-digestione: i parametri essenziali di controllo processo

Biomasse

Effluenti  
zootecnici

Sottoprodotti

---

**Carico organico volumetrico ( $\text{kg}_{\text{SV}}/\text{m}^3/\text{gg}$ ):** quantità di sostanza organica

Caricata giornalmente per unità di volume utile di digestore e per giorno

**Tempo di ritenzione idraulica (giorni):** permanenza dei substrati all'interno del digestore

**Rendimento elettrico (%):** permette di definire la potenza elettrica installabile

---

## Indici di analisi produttiva

**Produzione volumetrica ( $\text{m}^3_{\text{CH}_4}/\text{m}^3_{\text{digestore}}/\text{giorno}$ ):** produzione giornaliera di metano per unità di volume utile di digestore per giorno

**Produzione biometano ( $\text{Nm}^3/\text{kg}_{\text{SV}}$ ):** produzione specifica di metano in riferimento alla sostanza organica caricata

• **Carico organico volumetrico  
(COV)  
[kg SV/m<sup>3</sup>/d]**

$$COV = \frac{Q \cdot ST \cdot SV}{V}$$

Q = carico giornaliero (t/d)

ST = percentuale di Solidi Totali (%tq)

SV = percentuale di Solidi Volatili (%ST)

COV = carico organico volumetrico (kg SV/m<sup>3</sup>/g)

V = volume digestore (m<sup>3</sup>)

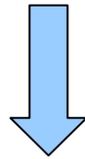
# Effetto della sostituzione in peso di matrici a parità di V e HRT

$V = 1500 \text{ m}^3$

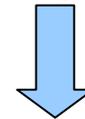
Q = 25 t/g silomais  
ST = 35%  
SV = 95%ST  
CH4 = 360 m<sup>3</sup>/tSV

Q1 = 15 t/g silomais  
ST = 35%  
SV = 95%ST  
CH4 = 360 m<sup>3</sup>/tSV

Q2 = 10 t/g patate  
ST = 22%  
SV = 90%ST  
CH4 = 360 m<sup>3</sup>/tSV



HRT = **60 gg**  
COV = 5,5 kgSV/m<sup>3</sup>/g  
CH4 = 2990 m<sup>3</sup>/g



Q = Q1 + Q2 = 25 t/g  
HRT = **60 gg**  
COV = 4,6 kgSV/m<sup>3</sup>/g  
CH4 = 2508 m<sup>3</sup>/g



Pe = 510 kWe

$\Delta = -15,7\%$



Pe = 430 kWe

# • Dimensione digestore e flessibilità impiantistica

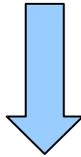
$$V = 2500 \text{ m}^3$$

Q = 25 t/g silomais  
ST = 35%  
SV = 95%ST  
CH<sub>4</sub> = 360 m<sup>3</sup>/tSV

Q1 = 15 t/g silomais  
ST = 35%  
SV = 95%ST  
CH<sub>4</sub> = 360 m<sup>3</sup>/tSV

Q2 = 18,5 t/g patate  
ST = 22%  
SV = 90%ST  
CH<sub>4</sub> = 360 m<sup>3</sup>/tSV

Esempio



HRT = **100 gg**  
COV = 3,3 kgSV/m<sup>3</sup>/g  
CH<sub>4</sub> = 2990 m<sup>3</sup>/g



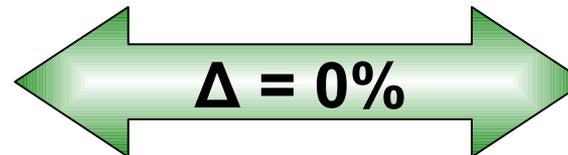
Q = Q1 + Q2 = 33,5 t/g  
HRT = **75 gg**  
COV = 3,46 kgSV/m<sup>3</sup>/g  
CH<sub>4</sub> = 2990 m<sup>3</sup>/g



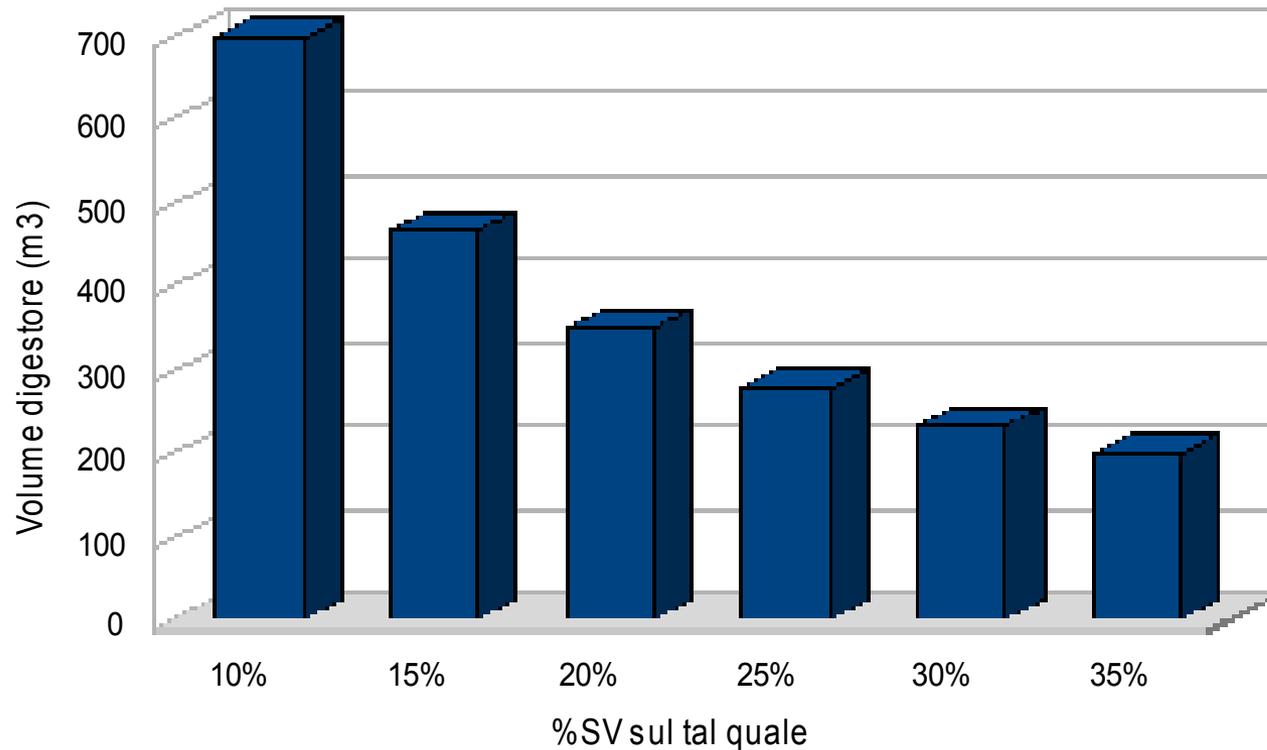
Pe = 510 kWe



Pe = 510 kWe



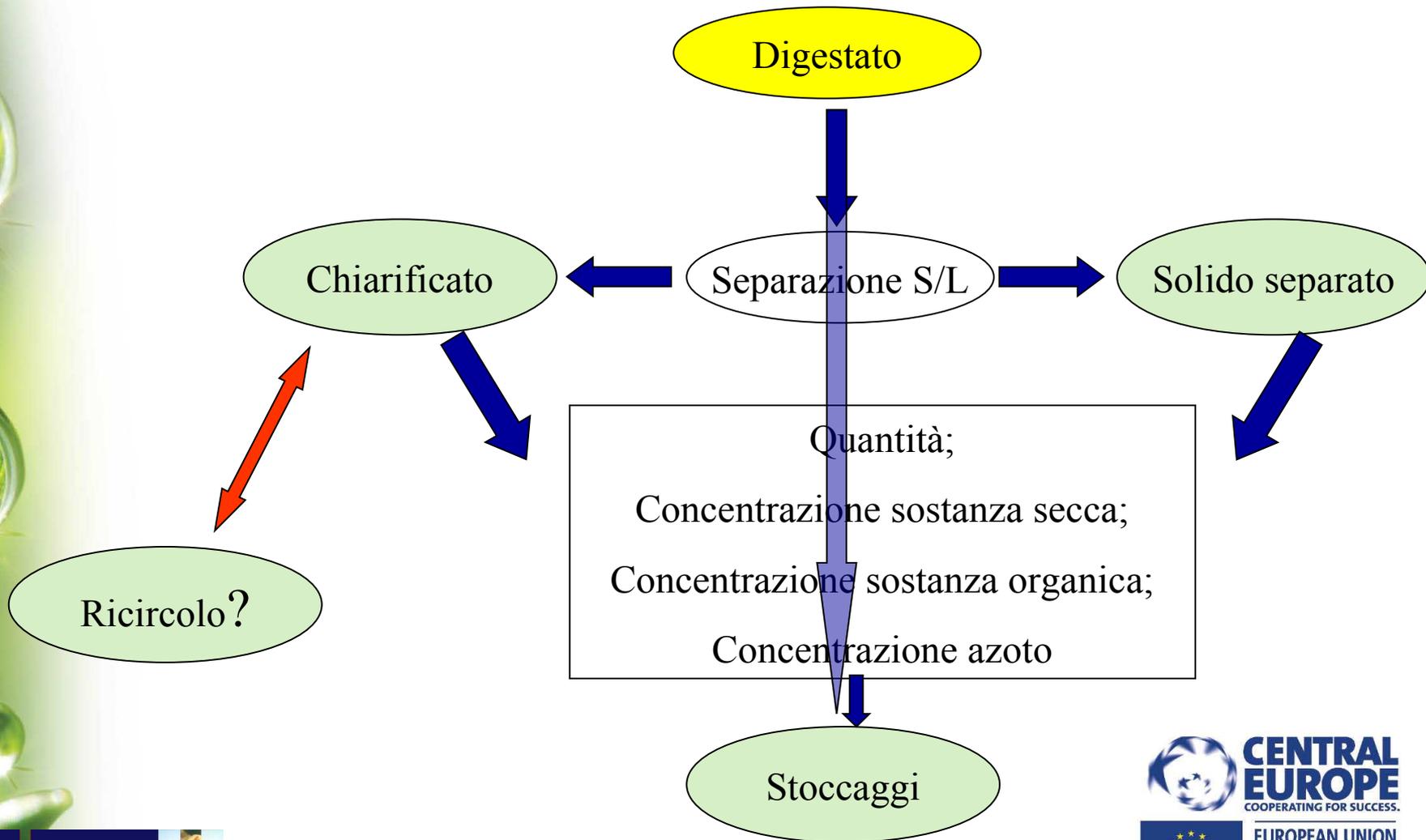
# Dimensionamento digestore: effetto della qualità delle matrici



# Confronto fra 3 casi monitorati

		Solo liquame suino	Liquame bovino + sottoprodotti	Colture dedicate + sottoprodotti
Carico organico volumetrico	$\text{kg}_{\text{sv}}/\text{m}^3/\text{giorno}$	1,0	2,5	1,9
Produzione volumetrica	$\text{Nm}^3/\text{m}^3/\text{giorno}$	0,45	1,33	1,38
Resa in biogas	$\text{Nm}^3/\text{kg}_{\text{sv}}$	0,423	0,454	0,672
Resa in metano	$\text{Nm}^3/\text{kg}_{\text{sv}}$	0,283	0,240	0,356
<b>Resa in EE</b>	<b><math>\text{kWh}_e/\text{kg}_{\text{sv}}</math></b>	<b>0,99</b>	<b>0,80</b>	<b>1,48</b>

# I parametri di calcolo: caratteristiche digestato



# I parametri di calcolo: analisi economica

Investimenti

Costi/Ricavi  
annuali

Oneri finanziari

Margine operativo lordo (MOL): ricavi - costi

Margine operativo netto (MON): MOL - ammortamenti

Reddito netto (RN): MON – oneri finanziari

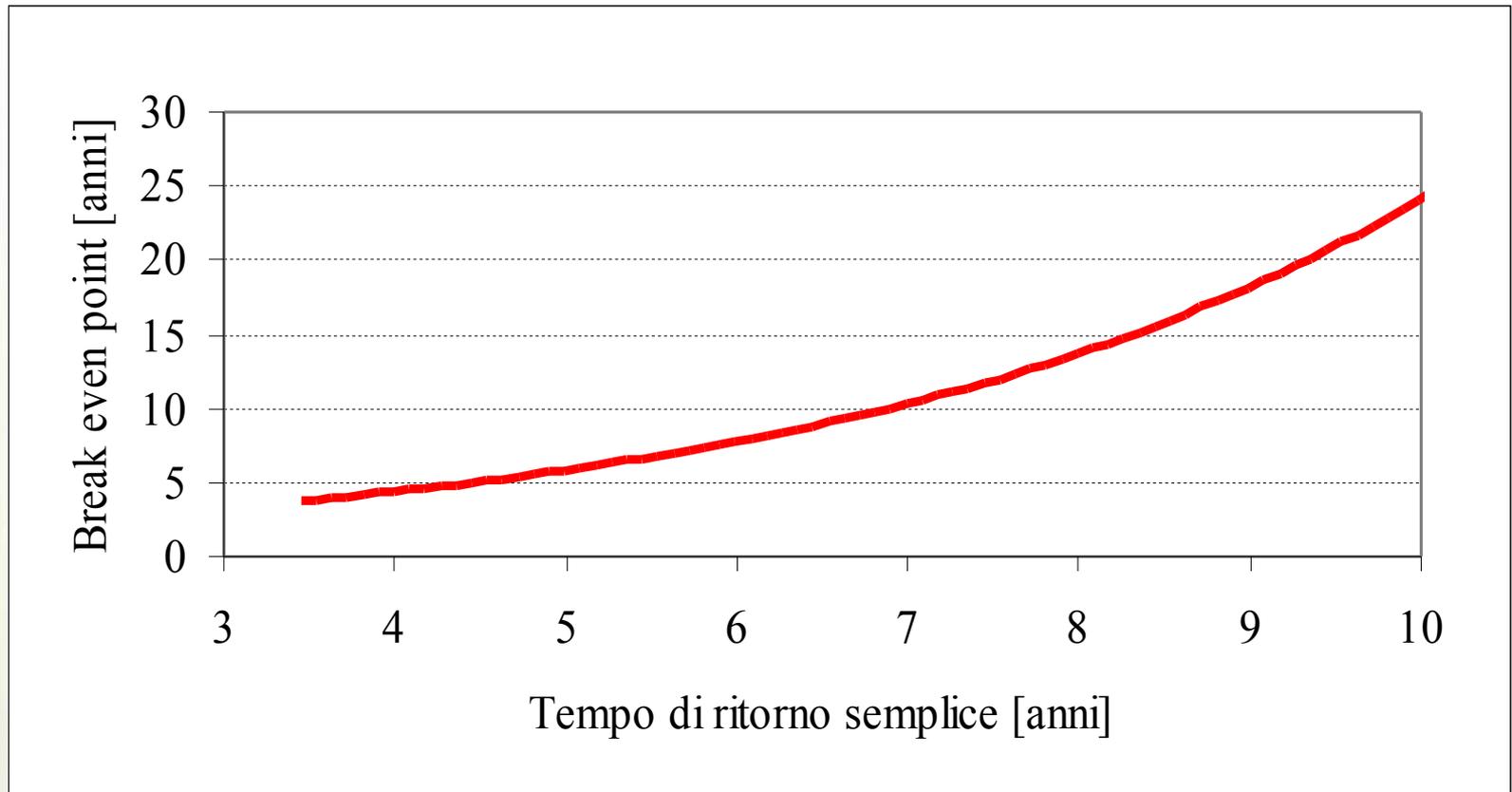
Indici di analisi finanziaria

**Break even point:** tempo di ritorno compreso oneri finanziari

**Valore attuale Netto (VAN):** flusso di cassa attualizzato al netto dell'investimento

**Tasso Interno Rendimento (TIR):** saggio di sconto che rende nullo il VAN

# Come incide il costo del denaro sul tempo di ritorno



Costo del denaro = 6%

# Azienda zootecnica + integrazione con insilati



Sustainable and Innovative  
European Biogas Environment

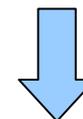
200 bovini da latte + rimonta + 3000 suini ingrasso



12,8 t/d liquame bovino  
2,9 t/d letame bovino  
25 t/d liquame suino

+

8,3 t/d insilato mais



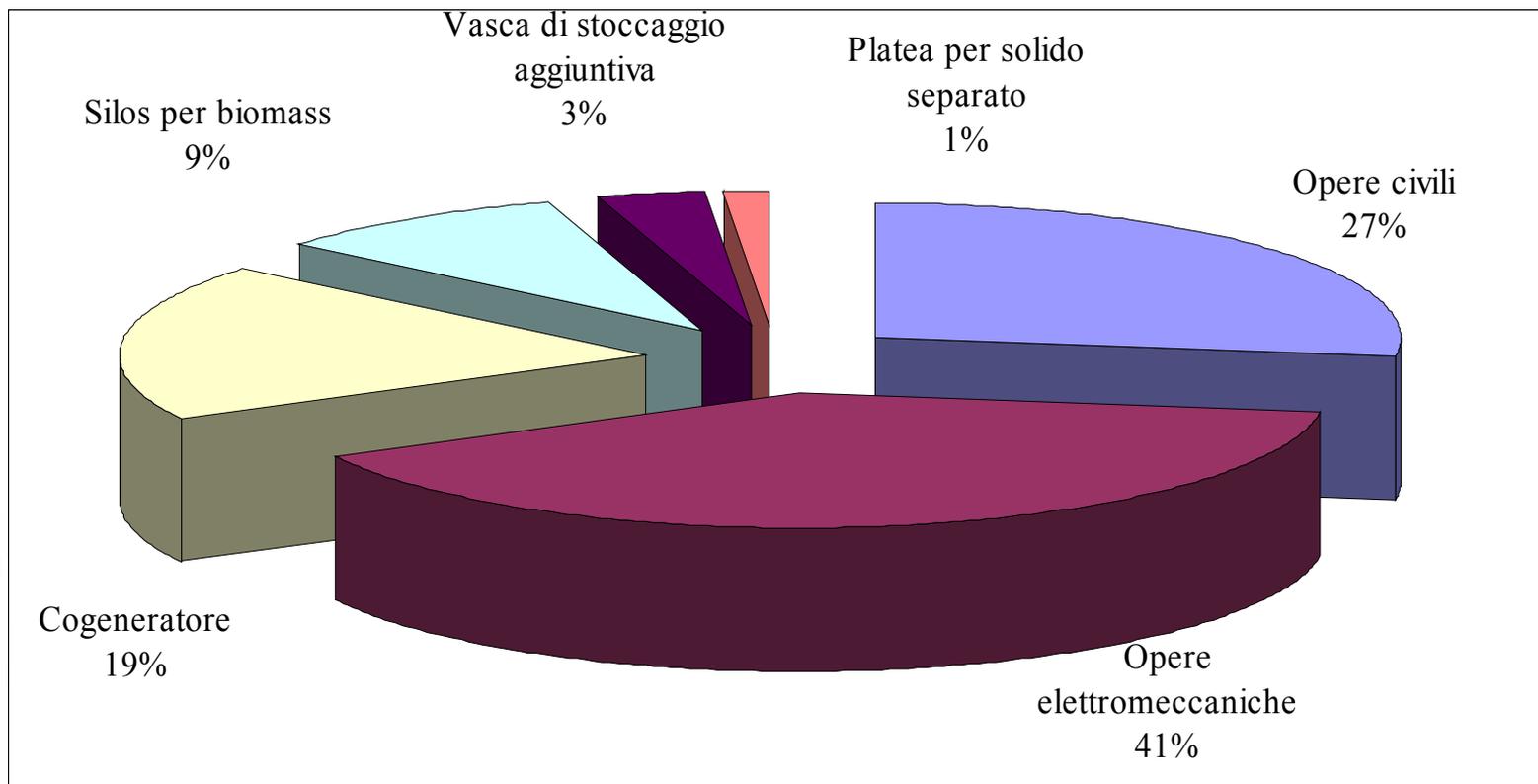
2 digestore da  $1500 \text{ m}^3$   
Potenza elettrica  $0,2 \text{ MW}$

Carico organico volumetrico:  $2 \text{ kg}_{\text{SV}}/\text{m}^3/\text{d}$

Tempo di ritenzione: 53 giorni

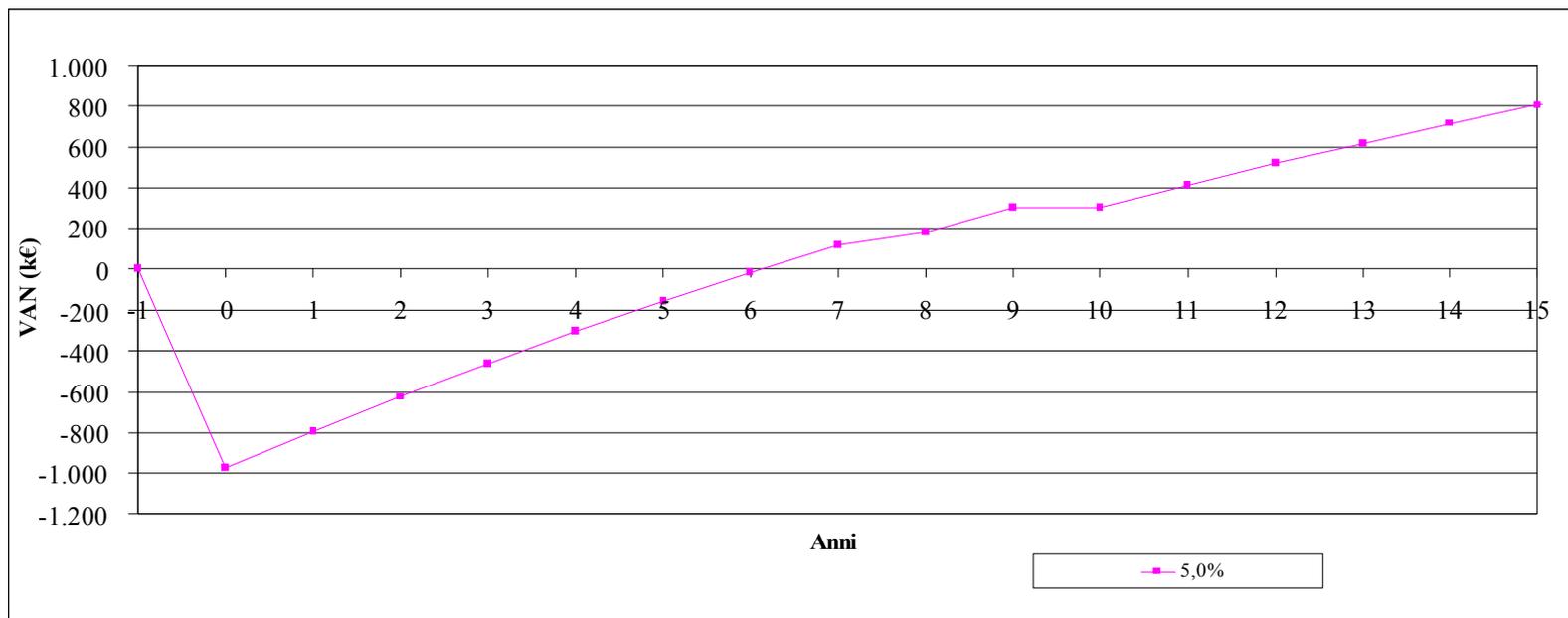
Produzione volumetrica:  $1 \text{ m}^3 \text{ biogas}/\text{m}^3 \text{ reattore}/\text{d}$

# Azienda zootecnica + integrazione con insilati



**Investimento totale 976.000 € (4.890 €/kWe installato)**

# Azienda zootecnica + integrazione con insilati

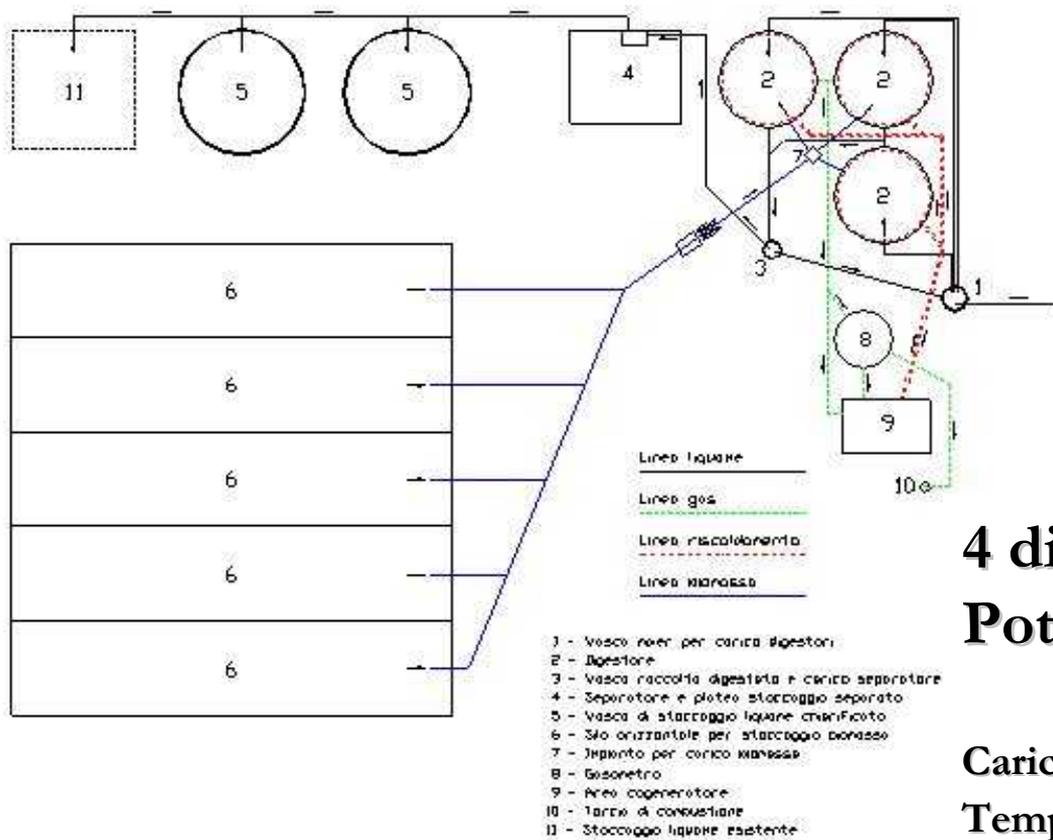


**Break even point: 6,1 anni**  
**Valore attuale Netto (VAN): 808.700 €**  
**Tasso Interno Rendimento (TIR): 16,2%**

Principali parametri di calcolo  
Costo insilato: 30 €/t  
Energia elettrica: 280 €/MWh  
Saggio sconto: 5%



# Colture dedicate + effluenti zootecnici



**12,8 t/d liquame bovino**  
**2,9 t/d letame bovino**  
**25 t/d liquame suino**  
**50 t/d insilato mais**

**4 digestori da 2200 m<sup>3</sup>**  
**Potenza elettrica 1 MW**

**Carico organico volumetrico: 2,6 kg<sub>SV</sub>/m<sup>3</sup>/d**

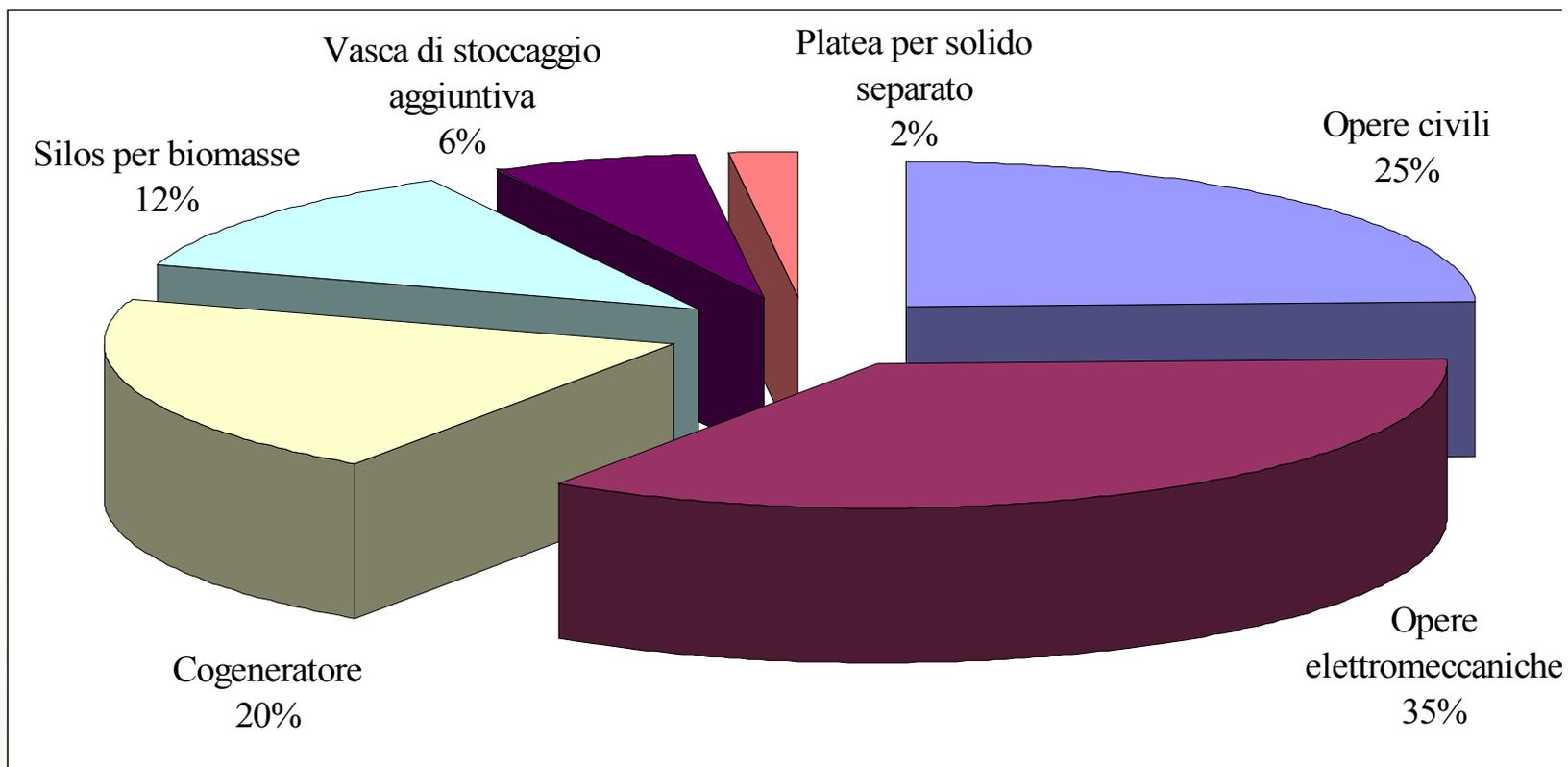
**Tempo di ritenzione: 60 giorni**

**Produzione volumetrica: 1,4 m<sup>3</sup>biogas/m<sup>3</sup>reattore/d**

# Colture dedicate + effluenti zootecnici

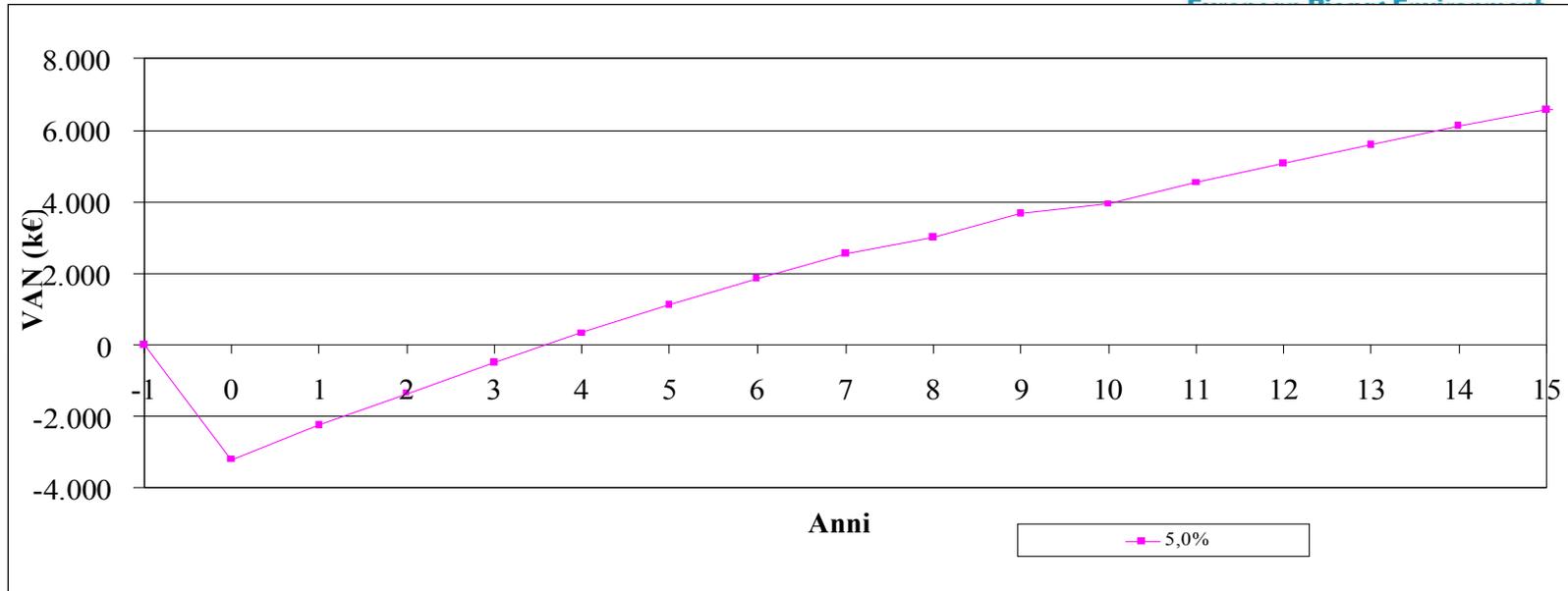


Sustainable and Innovative  
European Biogas Environment



**Investimento totale 3.200.000 € (3.200 €/kWe installato)**

# Colture dedicate + effluenti zootecnici



Break even point: **3,6 anni**

Valore attuale Netto (VAN): **6.578.000 €**

Tasso Interno Rendimento (TIR): **29,7%**

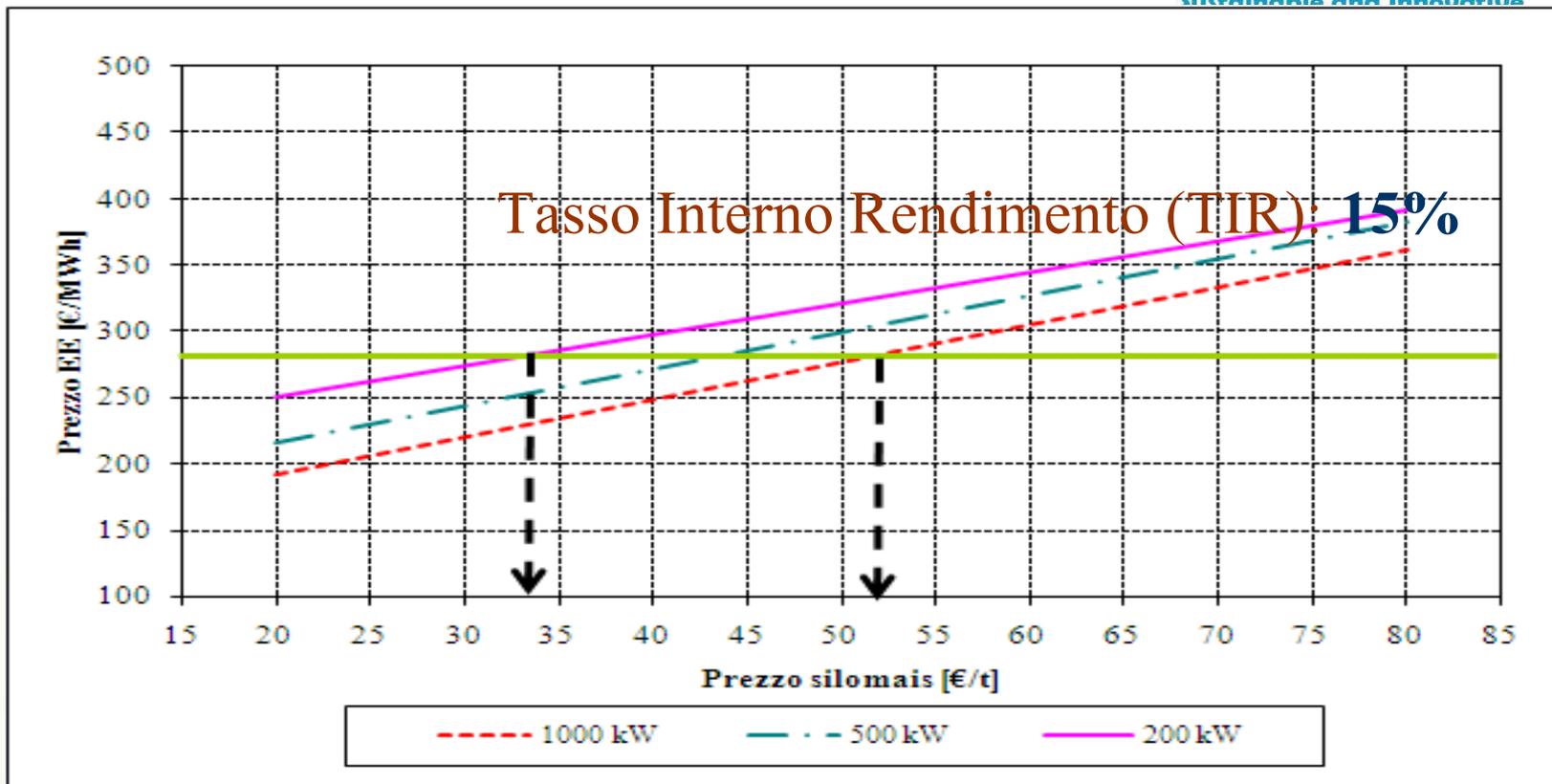
Principali parametri di calcolo  
Costo insilato: **30 €/t**  
Energia elettrica: **280 €/MWh**  
Saggio sconto: **5%**



# Valutare la redditività Confronto fra i due esempi



Sustainable and Innovative



A parità di TIR l'impianto da 1 MWe può valorizzare il silomais a 52 €/t, l'impianto da 200 kW a 33 €/t!



# Costi e ricavi del biogas

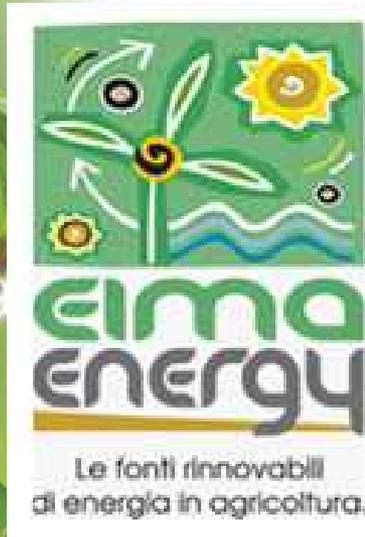
- ADEcoTec DSS, un software del CRPA per gli studi di fattibilità
- ADEcoTec DSS valuta la redditività al variare di:
  - costo/ricavo delle matrici
  - del saggio di sconto bancario
  - del prezzo dei certificati verdi
  - del prezzo di vendita dell'energia elettrica
  - della quota di incentivo in conto capitale



## ADEcoTec DSS

simulazione tecnico-economica per studi di fattibilità di impianti di biogas

# Biogas for Europe's Future



## Grazie per l'attenzione



[www.crpa.it](http://www.crpa.it)  
[c.fabbri@crpa.it](mailto:c.fabbri@crpa.it)

