



Dipartimento di Ingegneria

Civile e Ambientale

DICA - *Sezione Ambientale*

POLITECNICO DI MILANO



▶ POLITECNICO DI MILANO



# ▶ Open Day Fabbrica della Bioenergia

## - BMP e dintorni -

*isabella.porqueddu@polimi.it*

Cremona, 4 febbraio 2014



### *Cos'è la DA?*

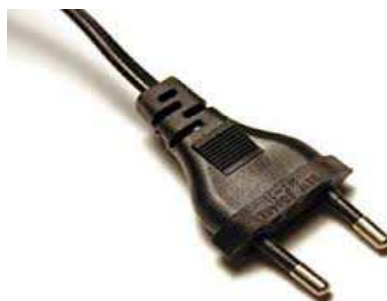
*Trasforma scarti o altre  
matrici organiche in biogas*



### *Cos'è il biogas?*

$CH_4 + CO_2 + \text{altri gas}$

$PCI \text{ metano} = 8570 \text{ kcal/m}^3 = 9,54 \text{ kWh/m}^3$





### *Quali matrici posso utilizzare?*

- *Coltivazioni energetiche*
- *Effluenti zootecnici*
- *Sottoprodotti dell'industria agro-alimentare*
- *FORSU*
- *Fanghi depurazione*

### *Quanto metano posso produrre da una matrice organica?*

#### *A chi interessa saperlo?*

- *Ai progettisti di impianti di DA*
- *A chi gestisce impianti di DA*
- *A chi produce/commercializza sottoprodotti*
- *A chi produce/commercializza additivi e coadiuvanti*
- *A chi produce/commercializza sistemi di pretrattamento*
- *A chi fa ricerca*



# BMP

(Biochemical Methane Potential)



### BMP per diverse biomasse:

Matrice	$m_{\text{BIOGAS}}^3 t_{\text{SV}}^{-1}$ alimentati
Fanghi di depurazione civile	<b>250-350</b>
Frazione organica dei rifiuti urbani (FORSU)	<b>400-700</b>
Deiezioni animali (suini, bovini, avicunicoli)	<b>200-500</b>
Colture energetiche (mais, sorgo zuccherino, erba, ecc)	<b>550-750</b>
Residui colturali (paglia, colletti di barbabietole, ecc.)	<b>350-400</b>
Scarti organici agroindustriali (siero, scarti vegetali, lieviti, fanghi reflui di distilleria, birrerie, cantine)	<b>400-800</b>
Scarti organici di macellazione (grassi, contenuto stomacale e intestinale, sangue, fanghi di flottazione, ecc.)	<b>550-1000</b>



*Quanto metano posso produrre da una matrice organica?*

Informazioni di tipo *preliminare* si ricavano da indicatori dell'energia chimica della sostanza organica:

- misure aggregate (Solidi volatili, SV, domanda chimica di ossigeno, COD);
- la composizione elementare della sostanza organica;
- la natura e concentrazione delle molecole organiche contenute nella sostanza organica.

**Energia chimica  $\propto$  potenziale di biometanizzazione**  
*(se i microrganismi coinvolti sono in grado di sfruttarla)*



## Composizione elementare (secondo Buswell e Boruff)



ipotesi:

- Si trascura la crescita della biomassa
- Si assume che la reazione di trasformazione sia completa

$$\begin{cases} \alpha_1 = \left( a - \frac{b}{4} - \frac{c}{2} + \frac{3d}{4} \right) \\ \alpha_2 = \left( \frac{4a + b - 2c - 3d}{8} \right) \\ \alpha_3 = \left( \frac{4a - b + 2c + 3d}{8} \right) \\ \alpha_4 = d \end{cases}$$

$$B_{0,CH_4} \left[ \frac{m_n^3}{kg_{VS}} \right] = \frac{4 \cdot a + 1 \cdot b - 2 \cdot c - 3 \cdot d}{8} \cdot 22,415$$

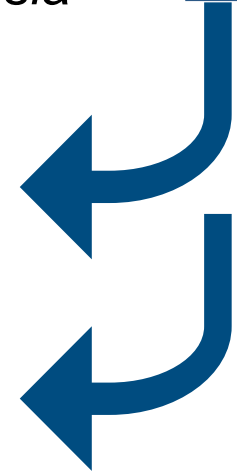
$$12 \cdot a + 1 \cdot b + 16 \cdot c + 14 \cdot d$$

$$B'_{0,CH_4} \left[ \frac{m_n^3}{kg_{COD}} \right] = \frac{4 \cdot a + 1 \cdot b - 2 \cdot c - 3 \cdot d}{8} \cdot 22,415$$

$$2 \frac{4 \cdot a + 1 \cdot b - 2 \cdot c - 3 \cdot d}{8} \cdot 32 = 0,35$$



Il contenuto di COD della sostanza organica è trasferito interamente al metano





## Composizione elementare (secondo Buswell e Boruff)

Ad esempio:

Substrato			$B_{0,CH_4} \left[ \frac{m_n^3}{kg_{VS}} \right]$	$B'_{0,CH_4} \left[ \frac{m_n^3}{kg_{COD}} \right]$	$p_{CH_4} \left[ \frac{m_{n,CH_4}^3}{m_{n,bio\ gas}^3} \right]$
Tipo	Composizione	gCOD/gVS			
Carboidrati	$(C_6H_{10}O_5)_n$	1,19	0,415	0,35	0,50
Proteine	$C_5H_7O_2N$	1,42	0,496	0,35	0,59
Lipidi	$C_{57}H_{104}O_6$	2,90	1,014	0,35	0,70
Etanolo	$C_2H_6O$	2,09	0,73	0,35	0,75
Acetato	$C_2H_4O_2$	1,07	0,373	0,35	0,50
Propionato	$C_3H_6O_2$	1,51	0,53	0,35	0,58

- La produzione di metano calcolata sulla base della conversione stechiometrica rappresenta l'equivalente anaerobico del *ThOD*
- Le stime vanno considerate come un limite superiore (non si tiene conto della biodisponibilità)





## Contenuto di specifiche classi di sostanze

*(proteine, carboidrati, acidi grassi a lunga catena e fibre)*

- Ciascuna caratterizzata da un diverso grado di ‘*appetibilità*’, in relazione alla composizione chimica e al tipo di associazione con altre sostanze (codigestione).
- Sono state proposte delle relazioni statisticamente significative (empiriche) tra misure di composizione e BMP atteso, per classi di substrato.
- La loro affidabilità potrà crescere nel tempo con l’ampliarsi della base di dati sperimentali sulla quale sono costruite

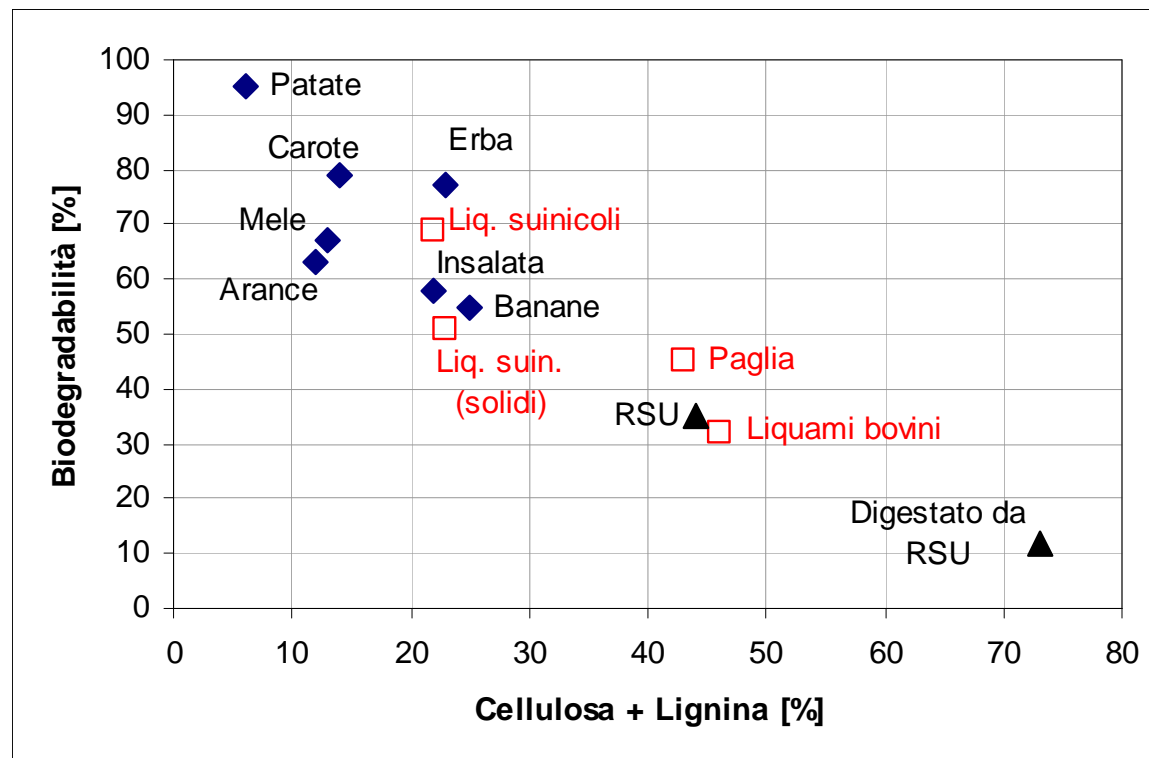
Ad esempio, per il *mais* (Amon et al., 2007):

$$B_{0,CH_4} \left[ \frac{m^3}{kg_{VS}} \right] = 19,05 \cdot (\text{proteine (\% suSS)}) + \\ + 27,73 \cdot (\text{grassi (\% suSS)}) + \\ + 1,80 \cdot (\text{cellulosa (\% suSS)}) + \\ + 1,70 \cdot (\text{emicellulosa (\% suSS)})$$



## Degradabilità delle matrici di interesse:

- Sostanze ben degradabili: proteine, grassi, amido, zuccheri, fibre digeribili
- Sostanze lentamente degradabili: cellulosa, emicellulosa
- Non degradabile: lignina





### *Cosa sfugge alle stime indirette?*

- Effetti di inibizione
- Effetti tossici
- Aspetti di tipo fisico
- Etc.

La valutazione della produzione di biogas in *condizioni reali*, è fatta ***per via sperimentale***.

**BMP (*Biochemical Methane Potential*, Potenziale Biochimico di **Metanizzazione**)**: produzione di metano che si osserverebbe per un tempo di degradazione infinito.

# ↘ BMP – con che strumentazione/apparecchiature si fa? <sup>12</sup>

Come si determina?

Per una valutazione il più possibile rappresentativa: *misure sperimentali*





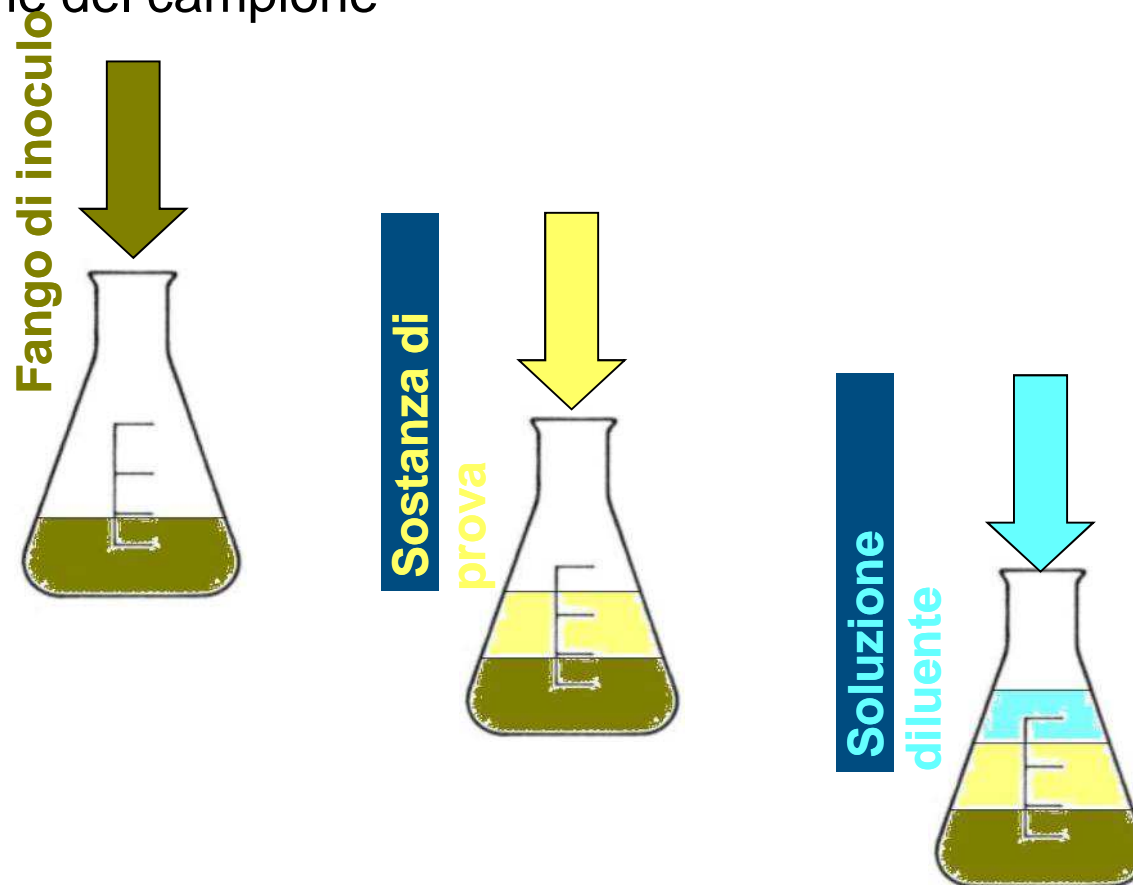
La valutazione della degradabilità anaerobica è così condotta:

- Si pone a contatto:
  - La materia organica da degradare
  - Un'adeguata biomassa di inoculo
- Si lascia procedere la degradazione in condizioni ambientali adeguate e controllate
  - pH tamponato
  - nutrienti
  - redox negativo
  - temperatura costante
- Si valuta nel tempo l'entità della degradazione
- Si esegue in parallelo:
  - Un controllo
  - Un bianco



La valutazione della degradabilità anaerobica è così condotta:

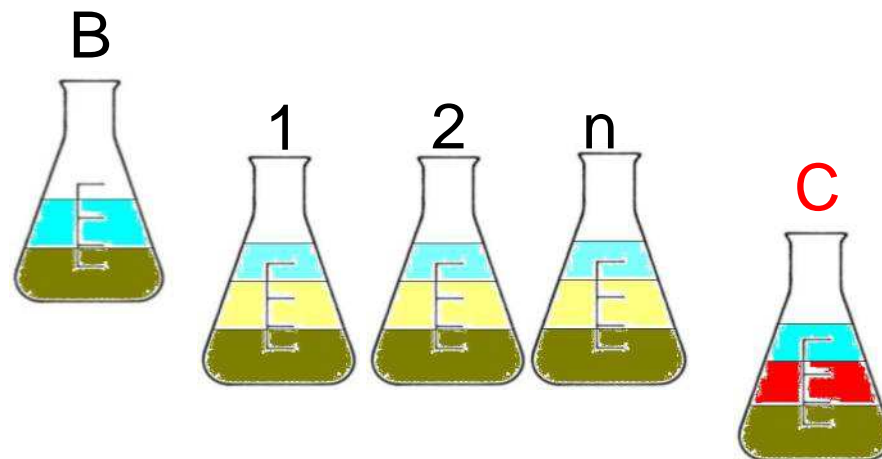
- Preparazione del campione





La valutazione della degradabilità anaerobica è così condotta:

- Conduzione della prova su:
  - uno o più bianchi (B)
  - uno o più campioni (1, 2, n)
  - uno o più controlli **C**

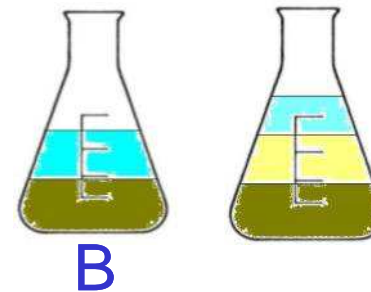
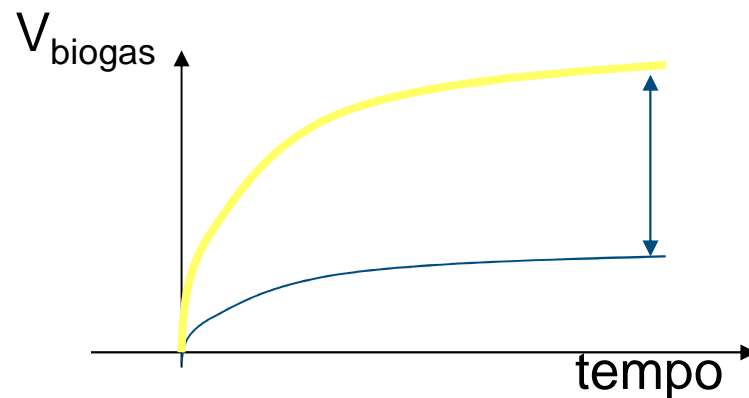




## BIANCHI e CONTROLLI

Funzione del bianco:

- Valutare la produzione di biogas associata alla sostanza organica presente nel fango di inoculo e sottrarla da quella complessiva nella bottiglia della sostanza di prova







## Stima della produzione di biogas e metano da una matrice:

Prove sperimentale di BMP (Biological Methane Potential)

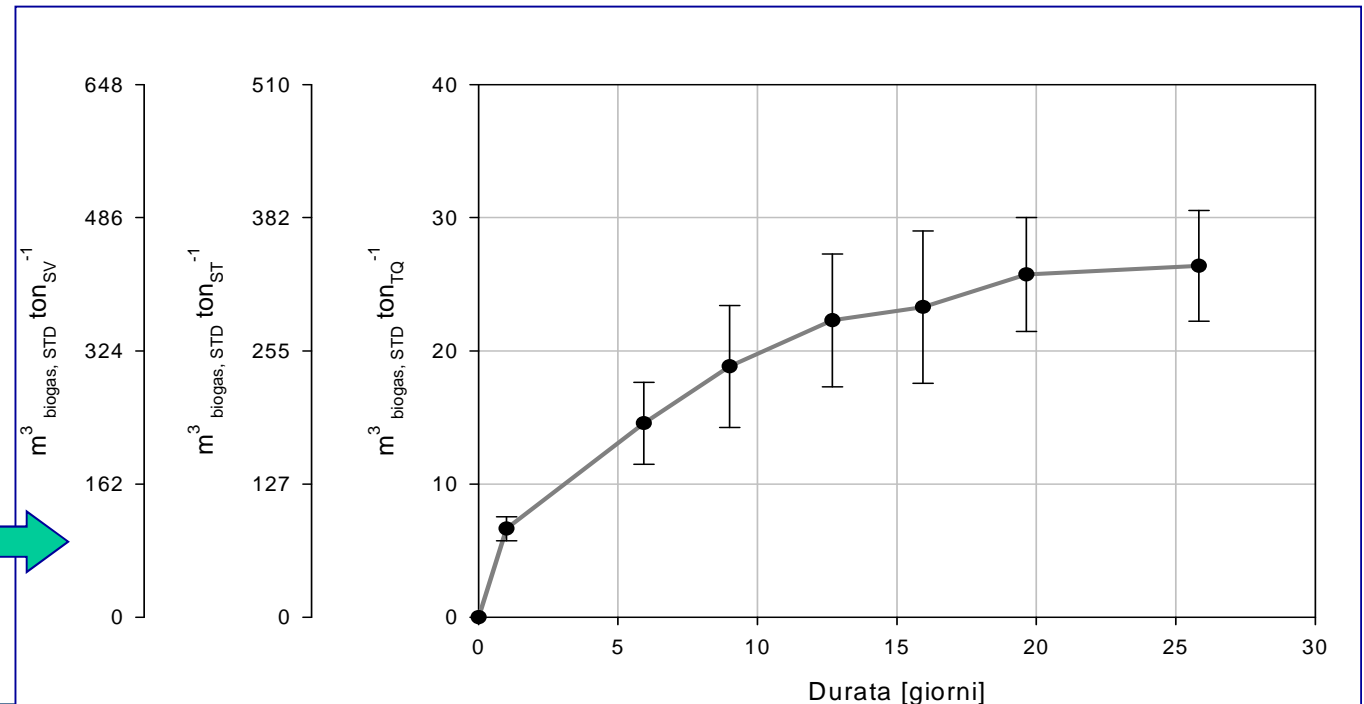
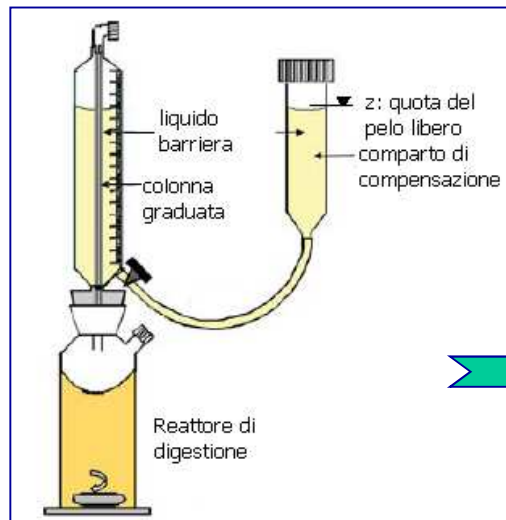
Il BMP si esprime come:

- $\text{Nm}^3_{\text{biogas}}/\text{kg}_{\text{TQ}}$
- $\text{Nm}^3_{\text{biogas}}/\text{kg}_{\text{ST}}$
- $\text{Nm}^3_{\text{biogas}}/\text{kg}_{\text{SV}}$

$$\text{Nm}^3_{\text{CH}_4}/\text{kg}_{\text{TQ}}$$

$$\text{Nm}^3_{\text{CH}_4}/\text{kg}_{\text{ST}}$$

$$\text{Nm}^3_{\text{CH}_4}/\text{kg}_{\text{SV}}$$





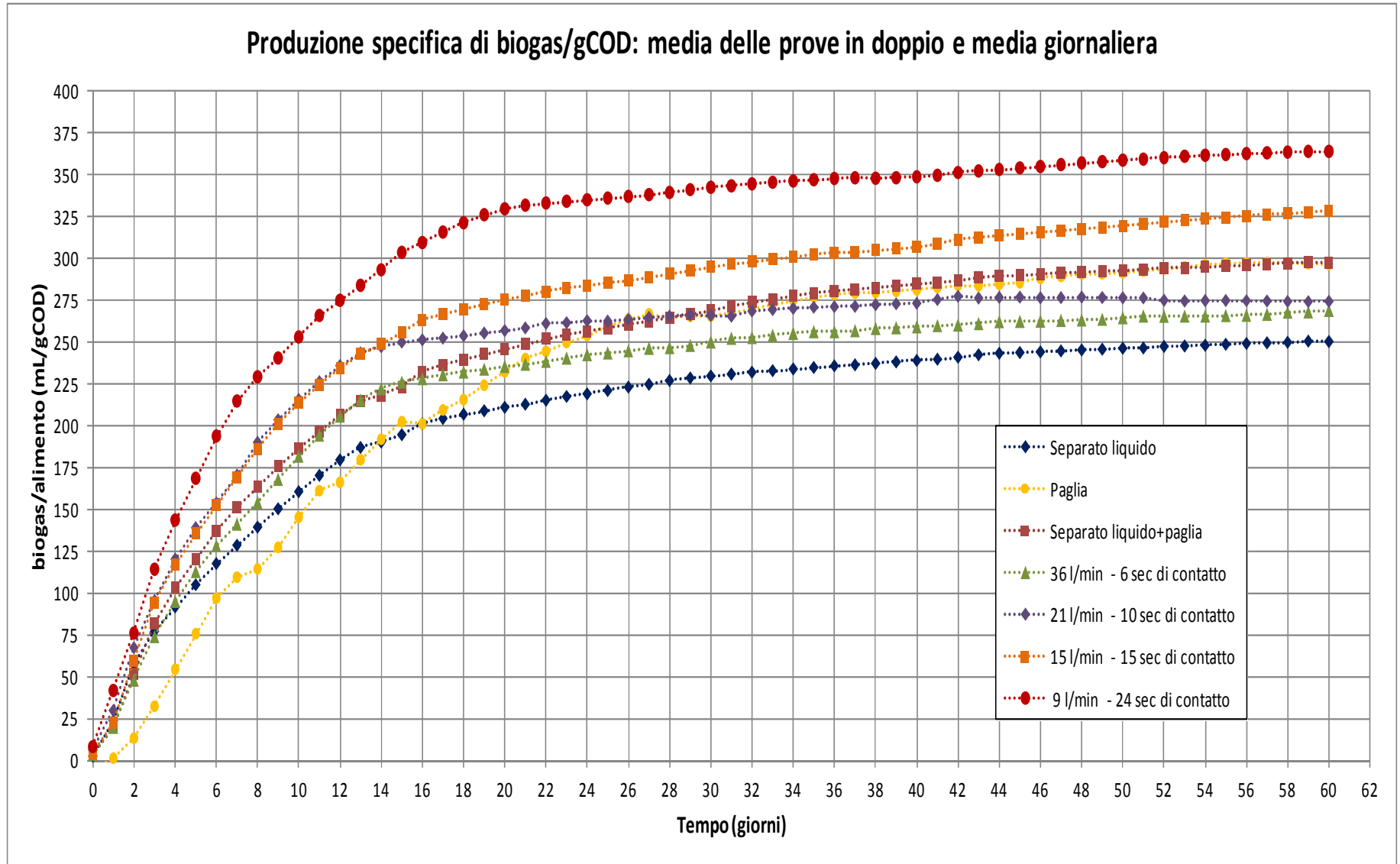
### *Quali matrici posso utilizzare?*

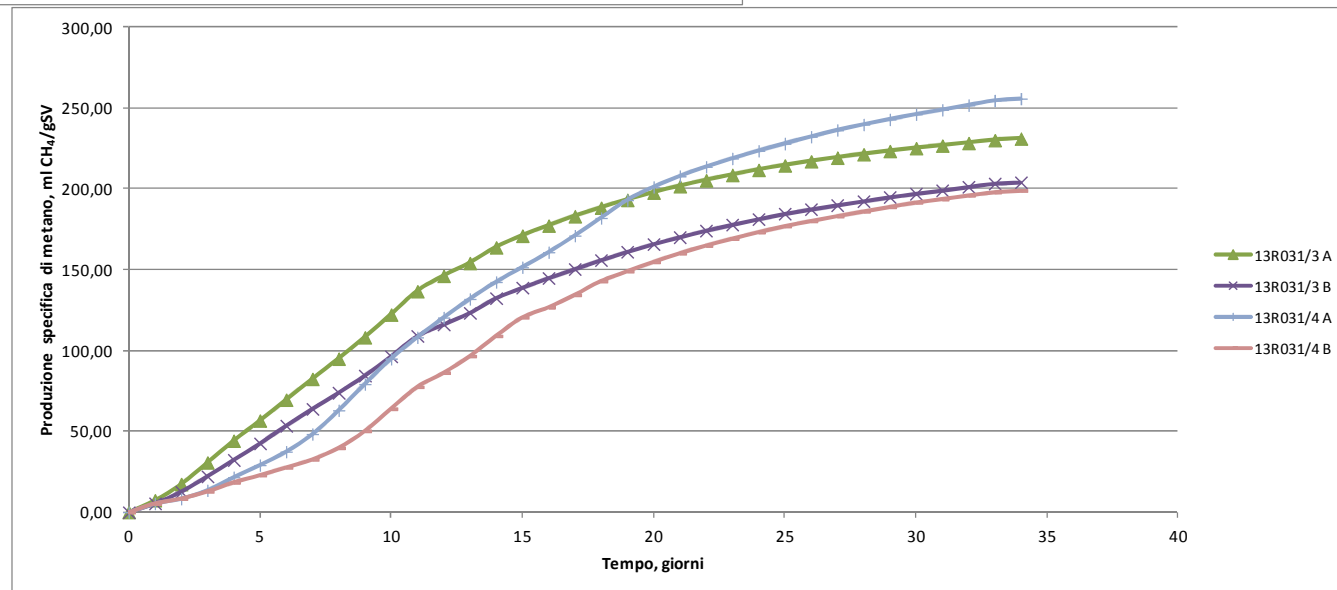
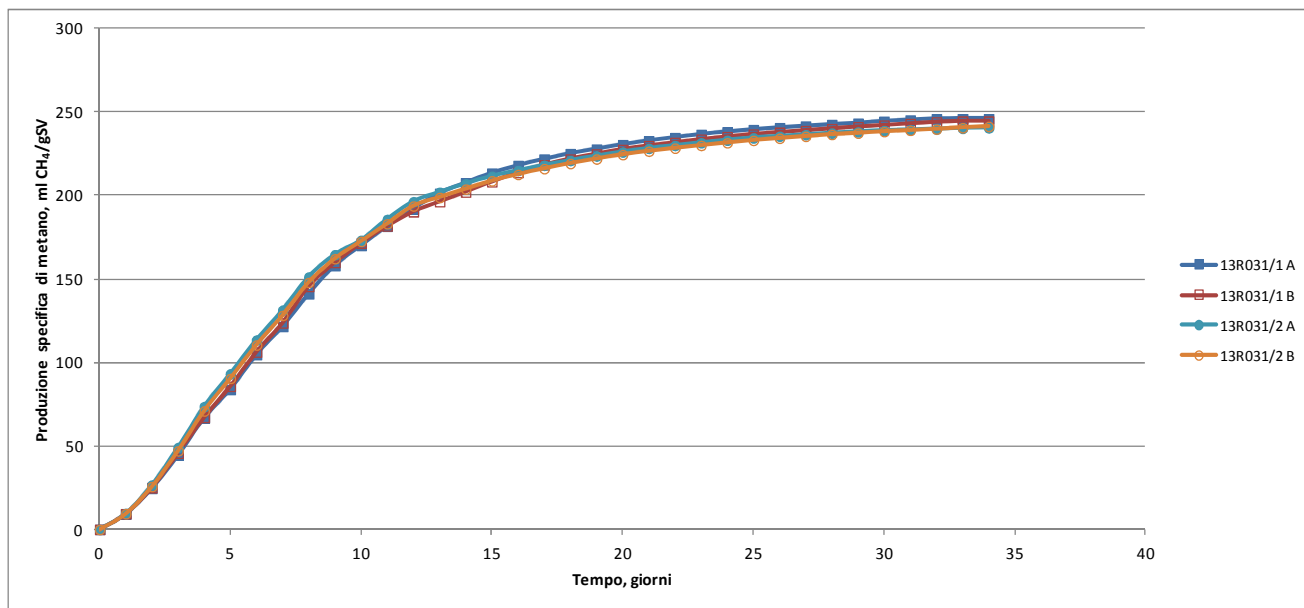
- *Coltivazioni energetiche*
- *Effluenti zootecnici*
- *Sottoprodotti dell'industria agro-alimentare*
- *FORSU*
- *Fanghi depurazione*

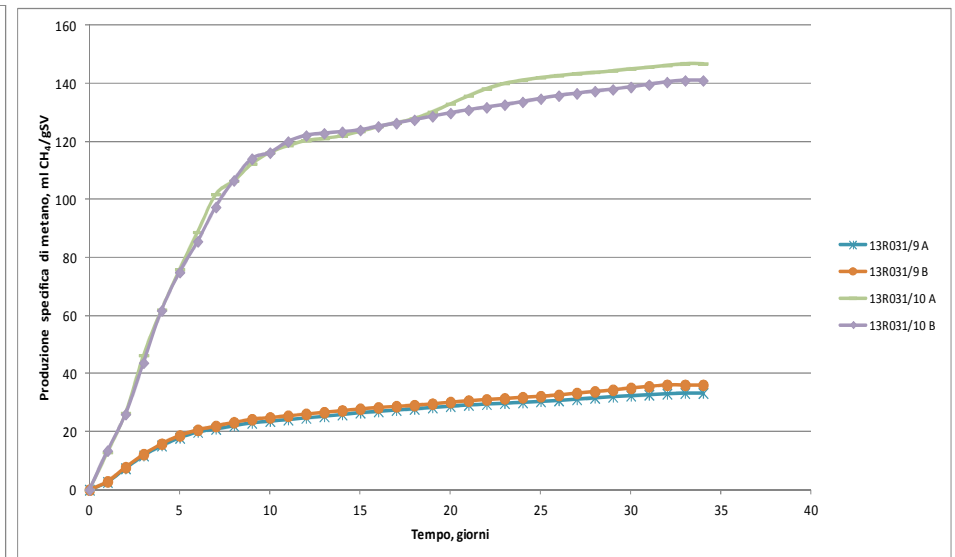
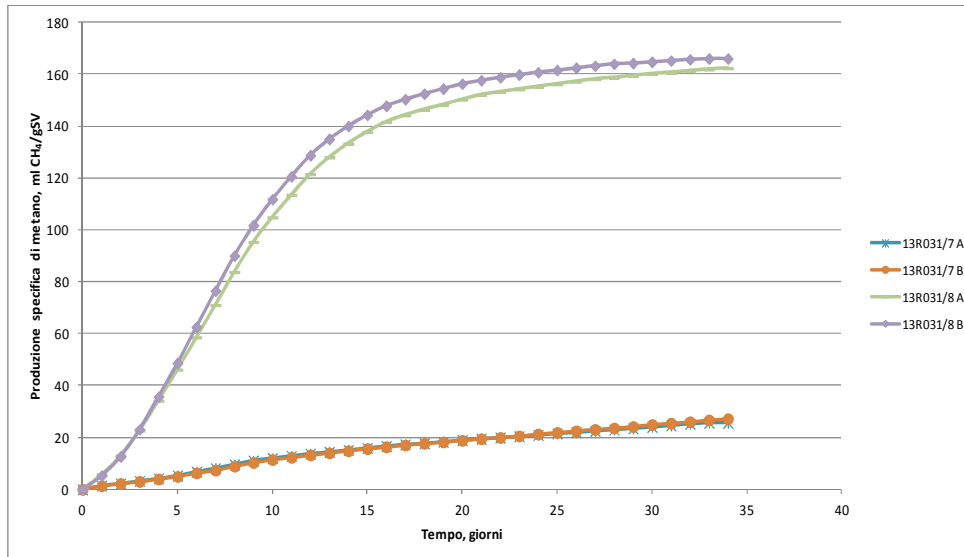
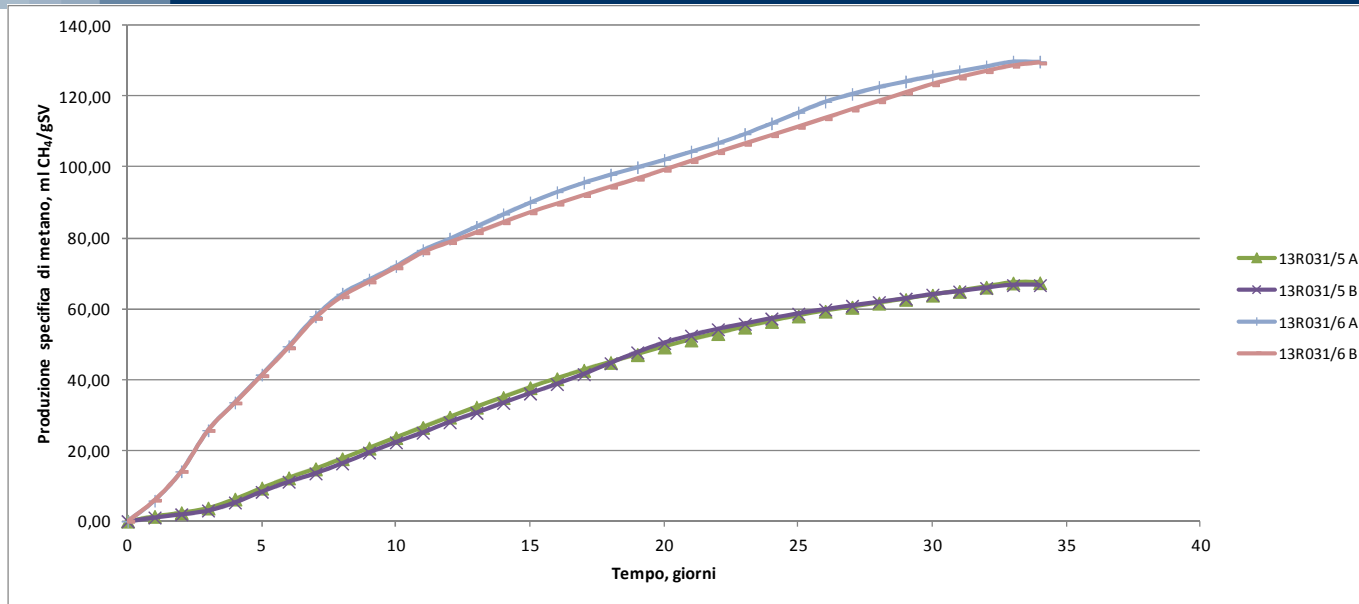
### *Quanto metano posso produrre da una matrice organica?*

#### *A chi interessa saperlo?*

- *Ai progettisti di impianti di DA*
- *A chi gestisce impianti di DA*
- *A chi produce/commercializza sottoprodotti*
- *A chi produce/commercializza prodotti coadiuvanti*
- *A chi produce/commercializza sistemi di pretrattamento*
- *A chi fa ricerca*

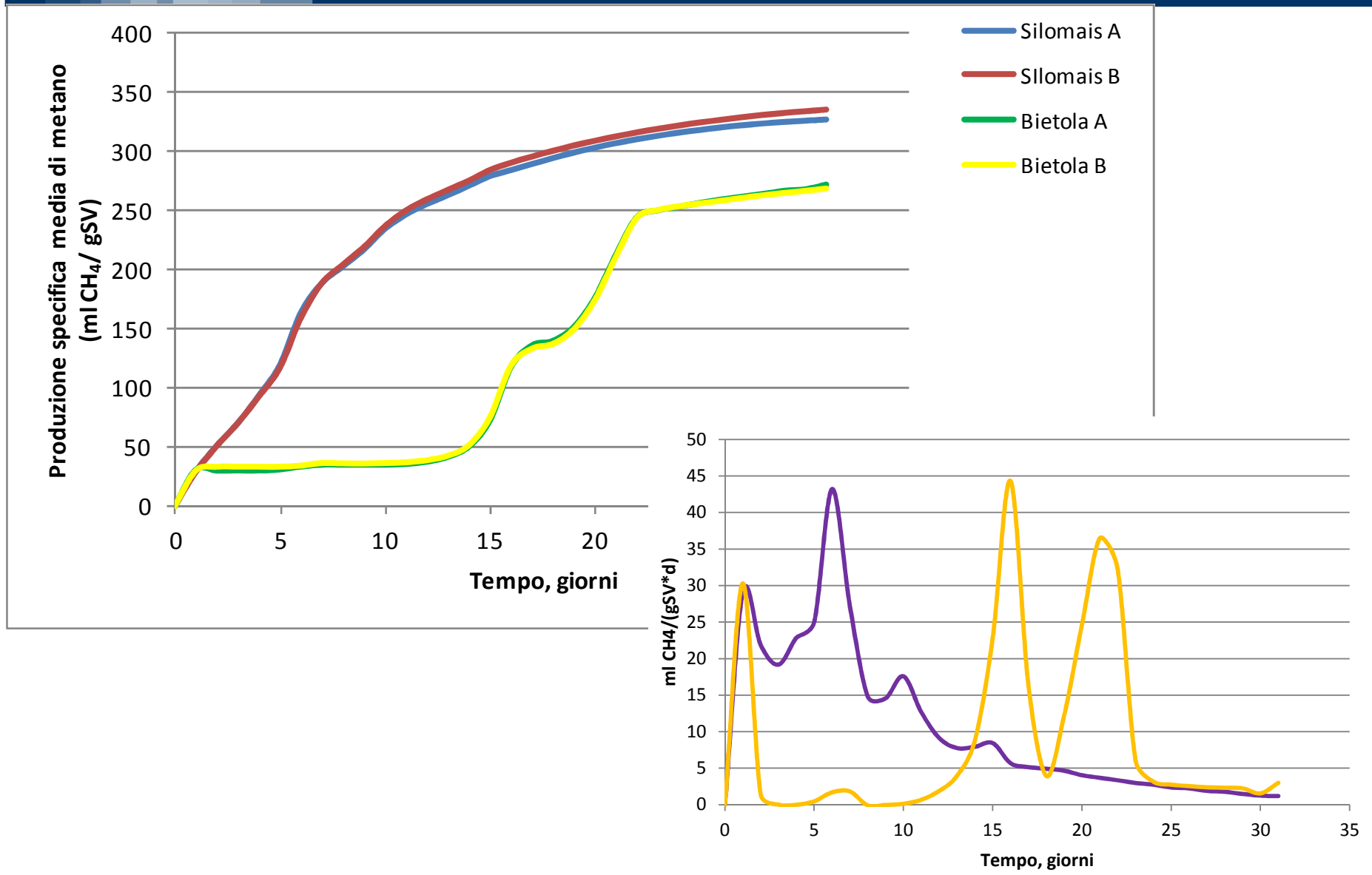


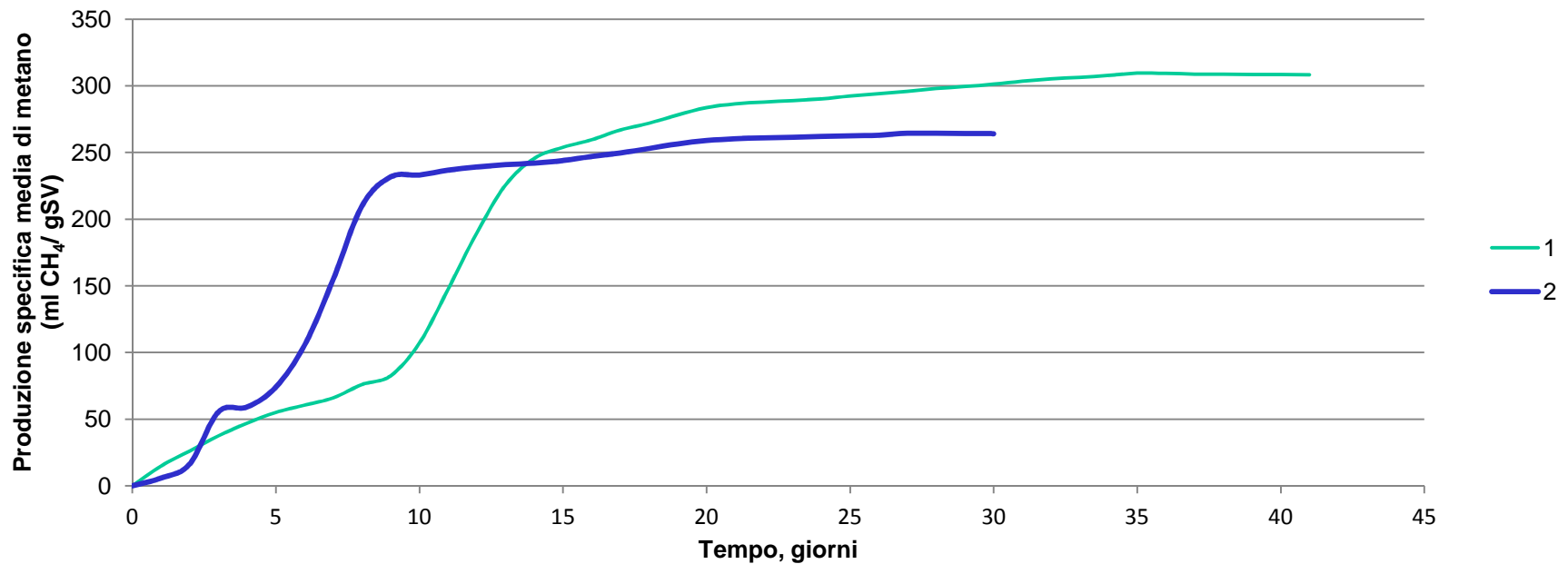
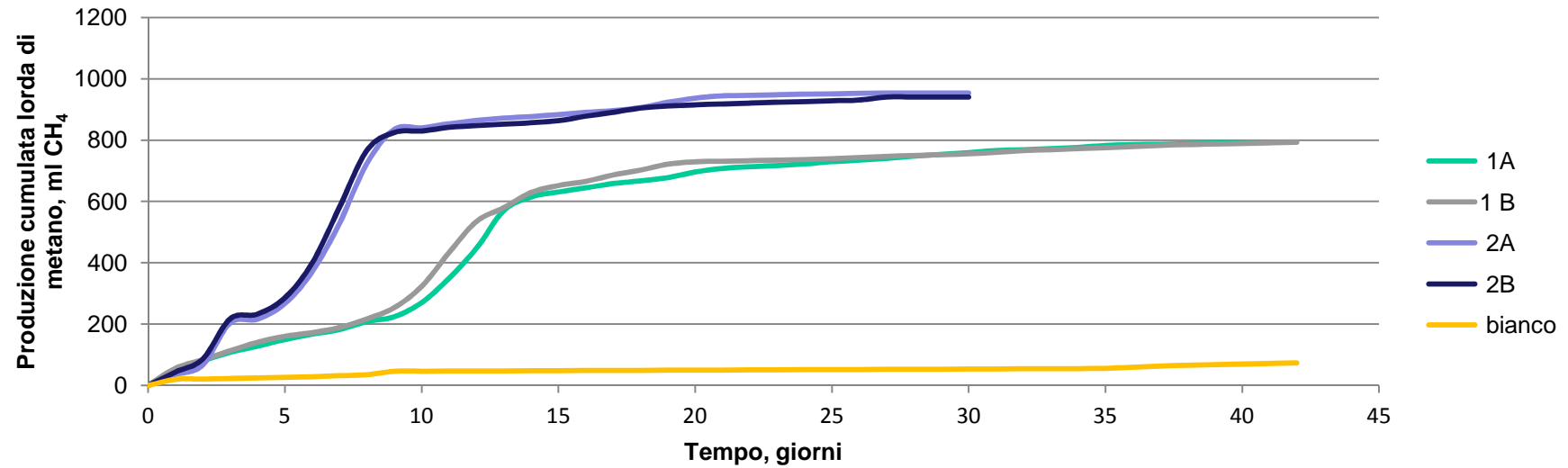


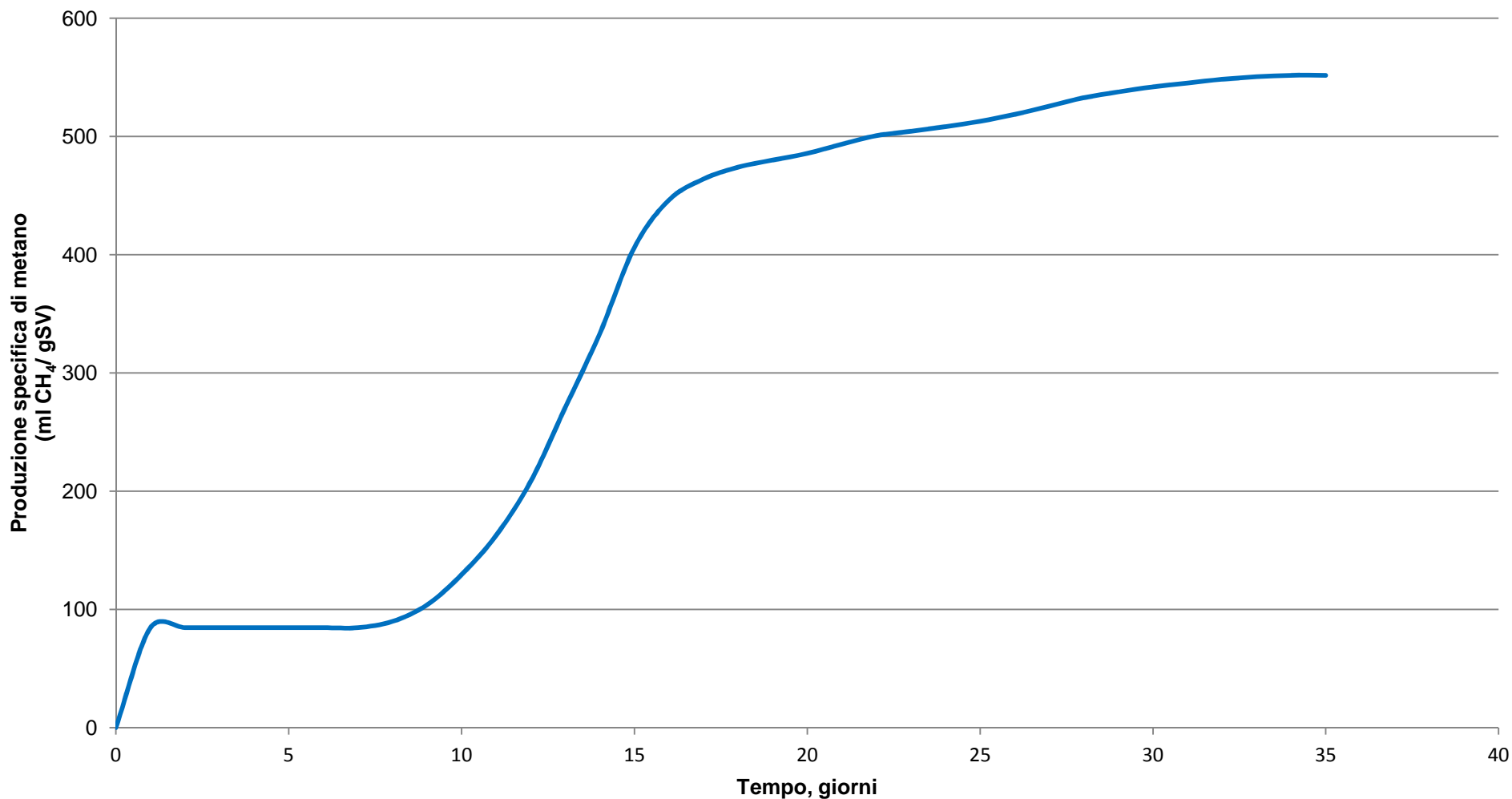




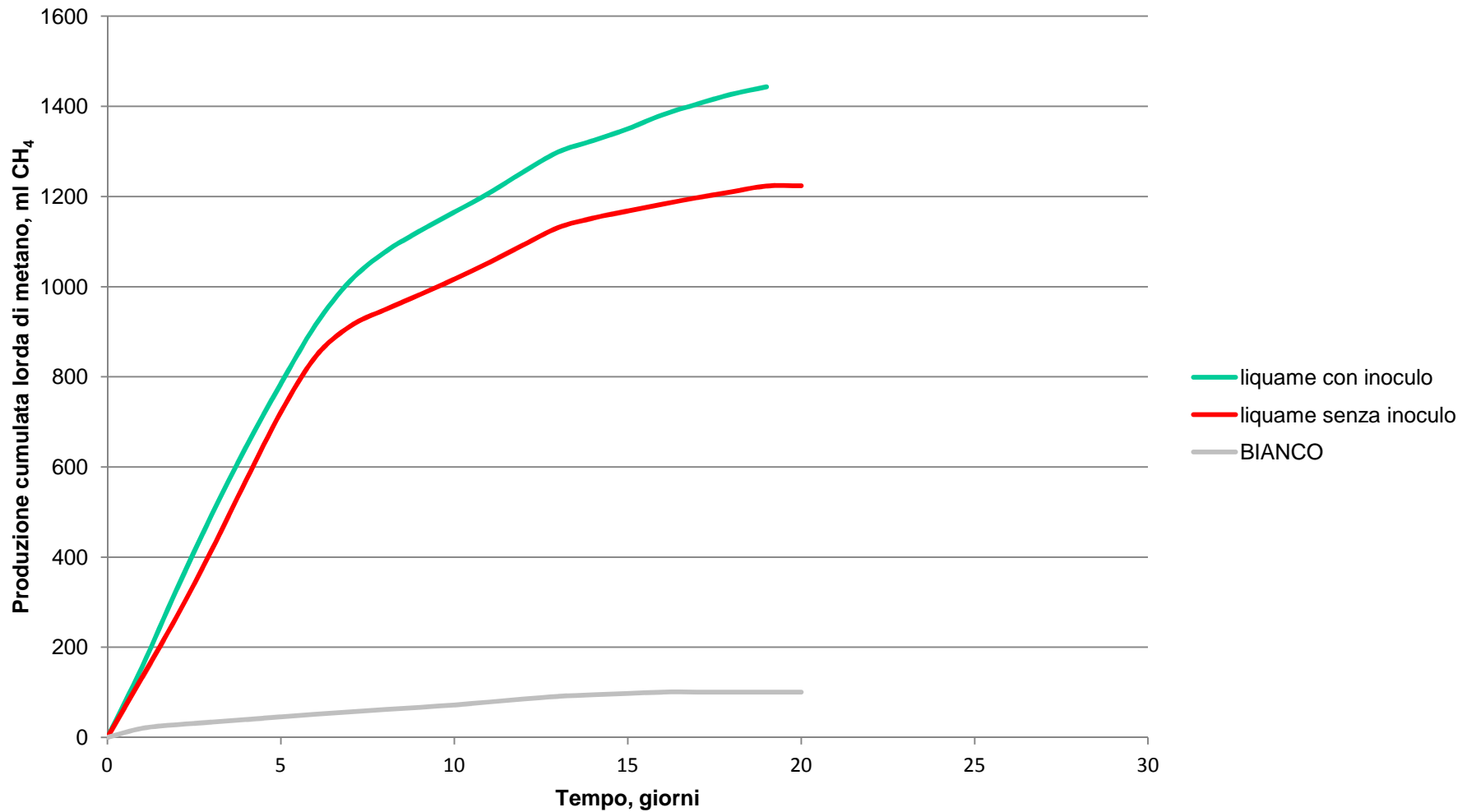
# BMP – ESEMPLI: Matrici in alimentazione ai digestori 22

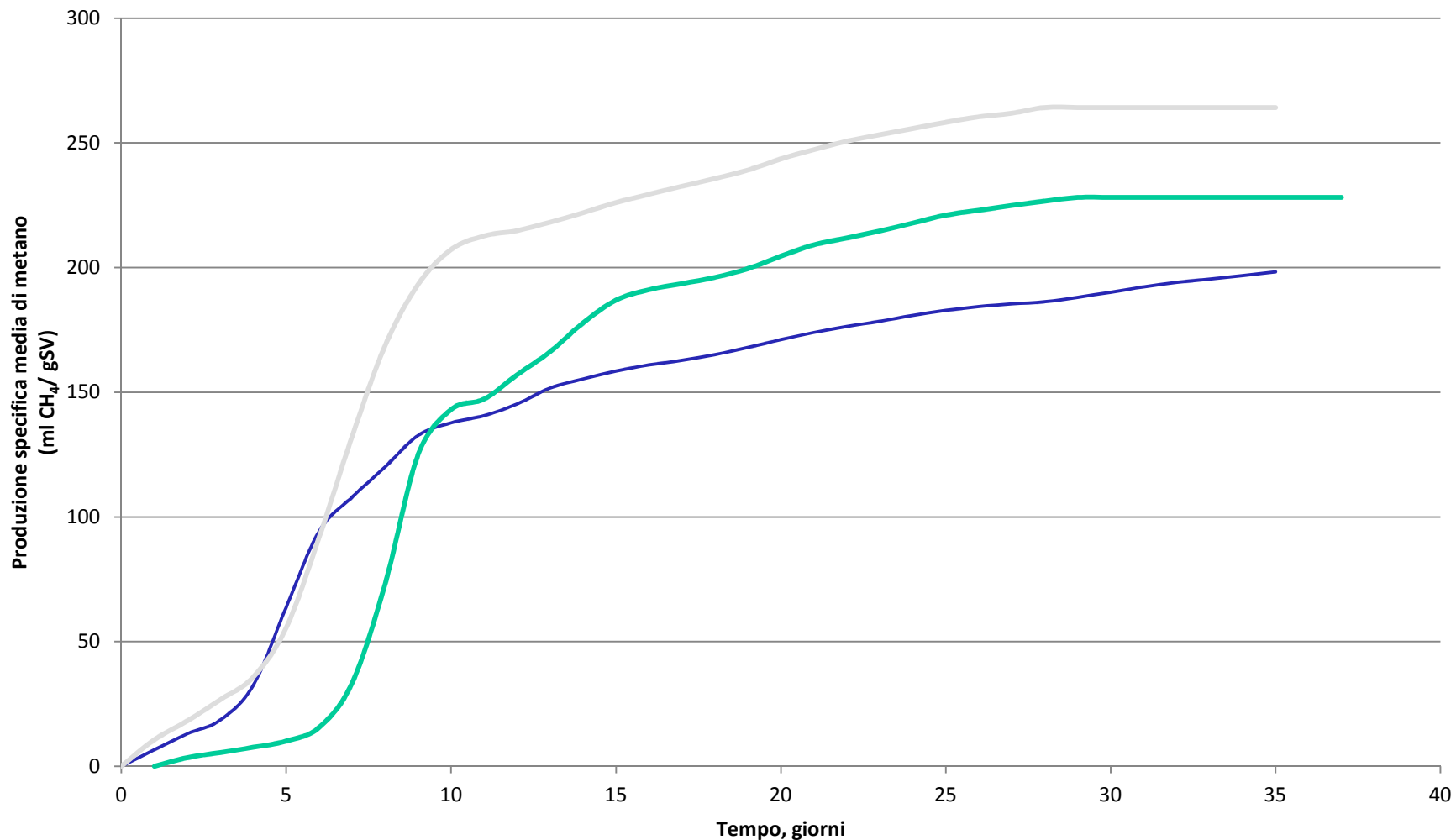






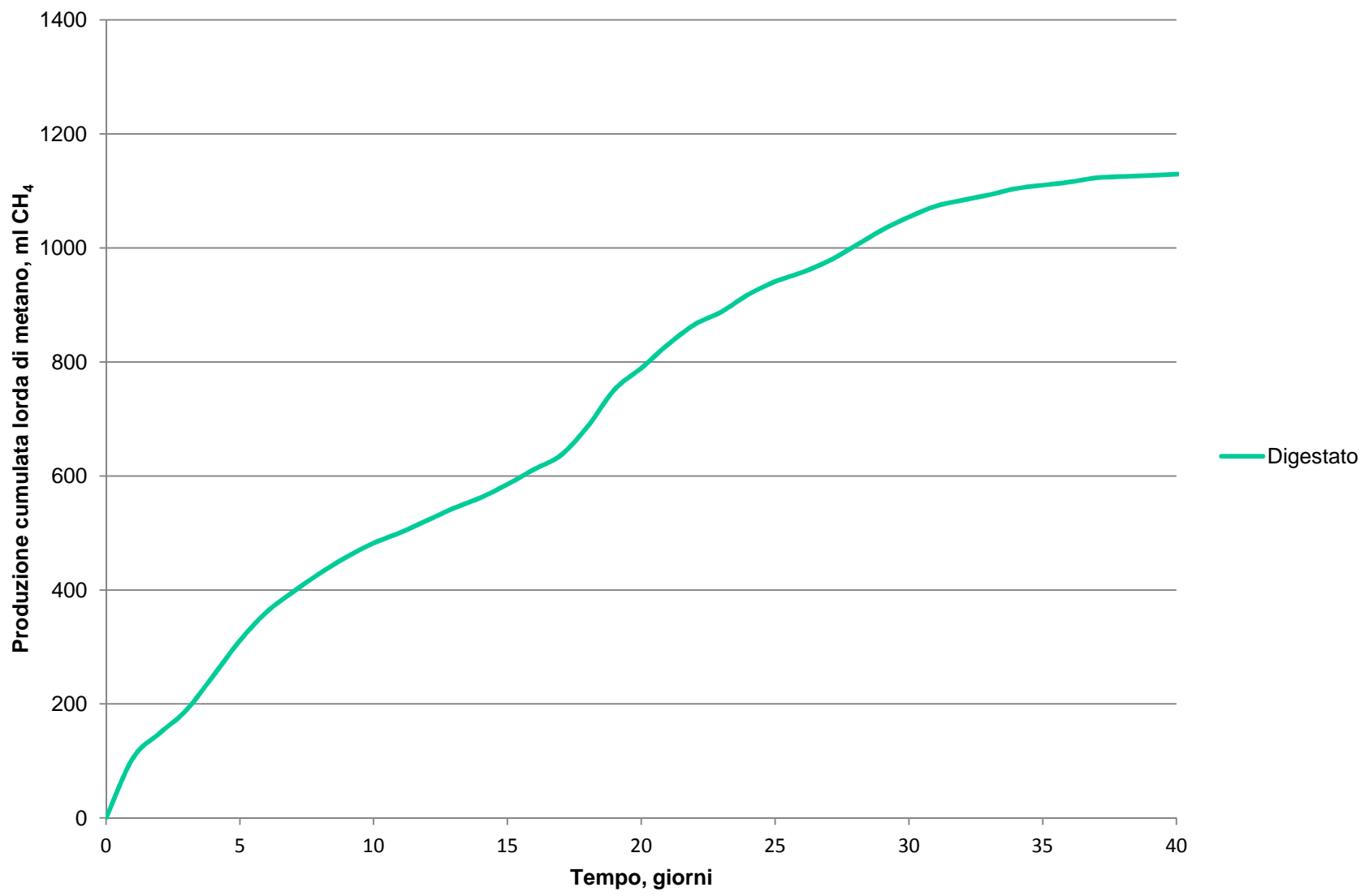








# BMP – ESEMPI: BMP residuo (digestato)





- Pretrattamenti (tesi dottorato, master etc)
- Pastazzo
- BHP



Home Ricerca Servizi Osservatorio Laboratorio Pubblicazioni Partners Contatti

#### News

- [Convegno anaerobio e biomassa](#)
- [Convegno](#)
- [Linea S impianti](#)
- [Linea R Pretratt](#)
- [Linea R azoto d](#)

<http://www.fabbricabioenergia.polimi.it/>

# Grazie per l'attenzione

*Isabella. porqueddu@polimi.it*