

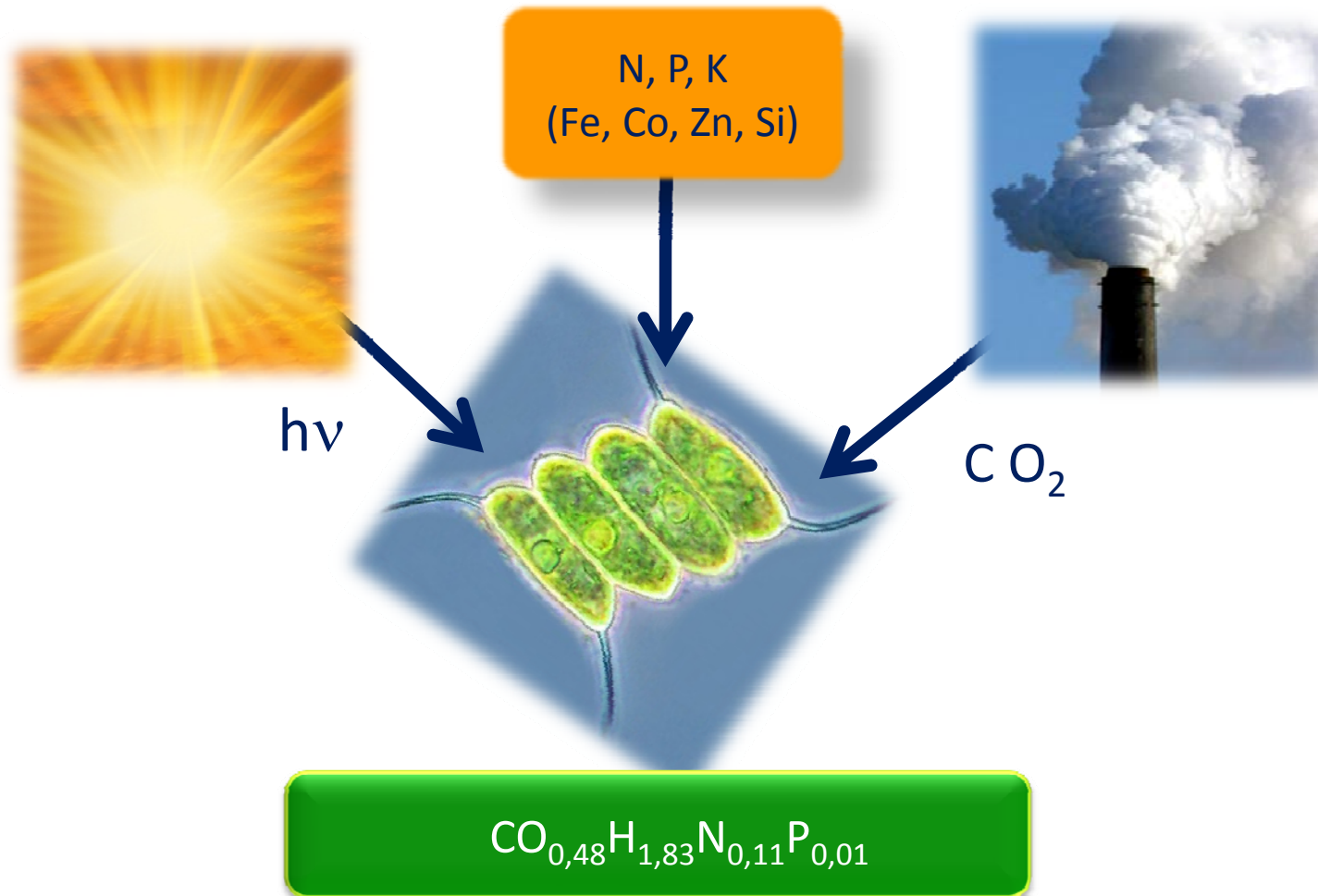
Valorizzare il digestato per produrre microalghe

4 Febbraio 2014

Elena Ficara, Valeria Mezzanotte



Microrganismi autotrofi fotosintetici





Perchè ci interessano?

- Alte produttività per ettaro
- Limitata competitività per coltivazioni alimentari
- Possibilità di sfruttare i nutrienti e il recupero
- Utilizzabili per la produzione combinata di prodotti
- Integrabilità con altri processi

Coltivazione Microalghe



- Energia**
- Biodiesel
 - Biogas
 - Bioetanolo



- Chimica verde**
- Bio-polimeri
 - Bio-plastiche

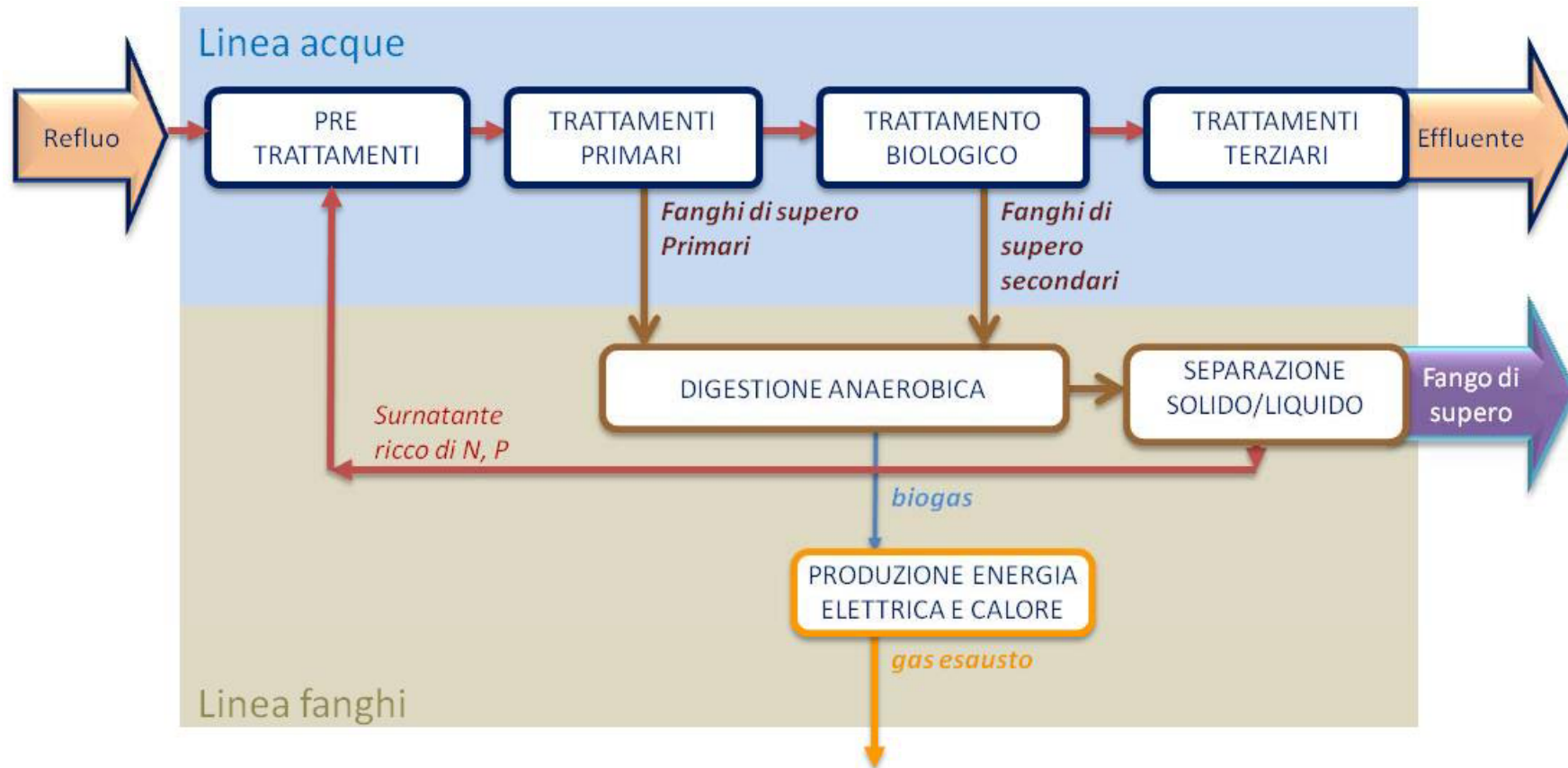
- Mangimistica**
- Proteine
 - Amminoacidi essenziali
 - Acidi grassi: PUFA, EPA, DHA
 - Coloranti: carotenoidi

- Nutraceutica**
- Antiossidanti: Astaxantina, luteina
 - Acidi grassi: PUFA, EPA, DHA
 - Proteine

RICICLA

Digestori anaerobici

By C

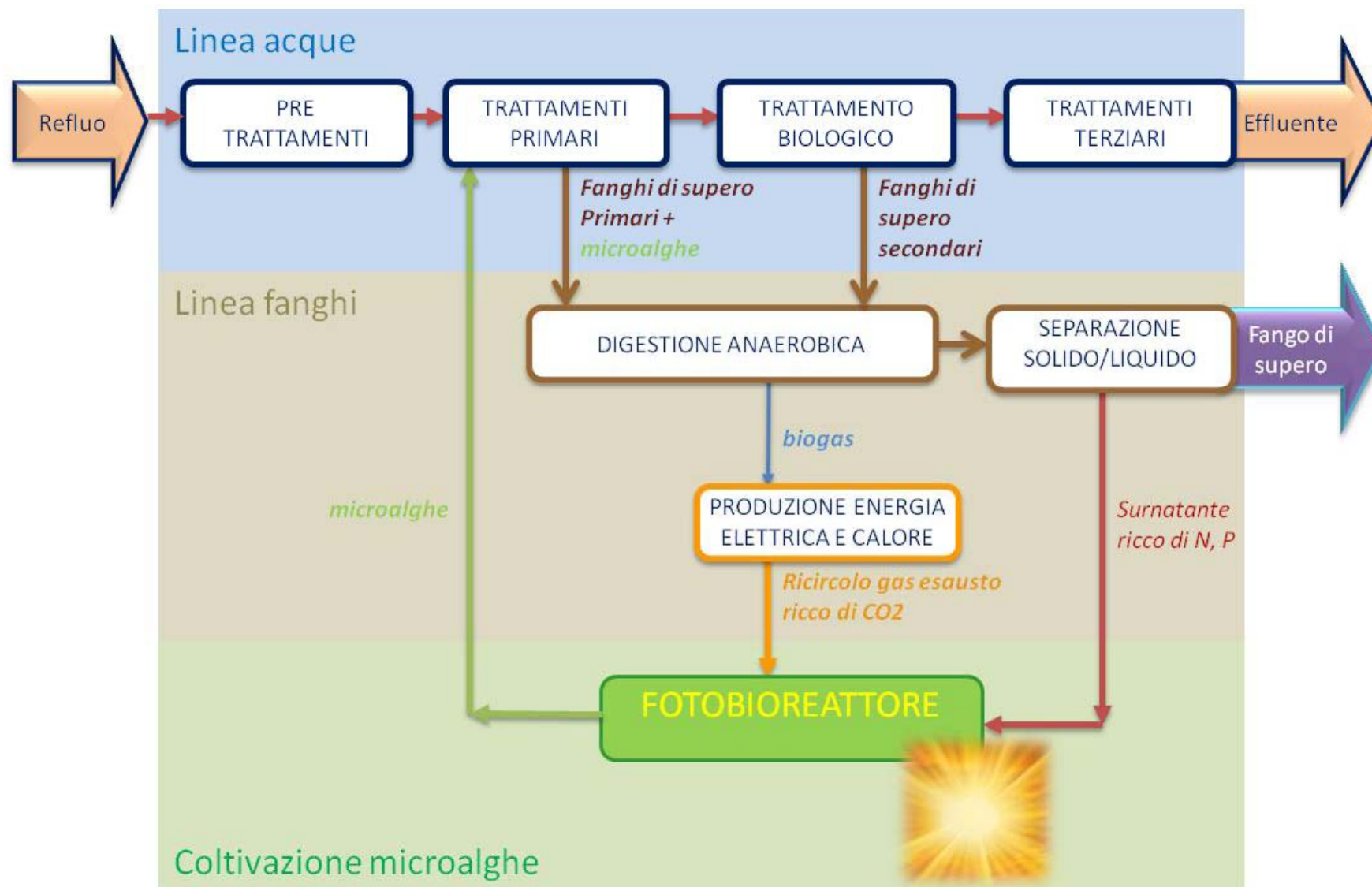


Caratteristiche tipiche di impianti che rimuovono N/P

- Lavorano ad alta età del fango → producono poco biogas
- Presentano alti costi energetici per aerazione → **Alti costi operativi**



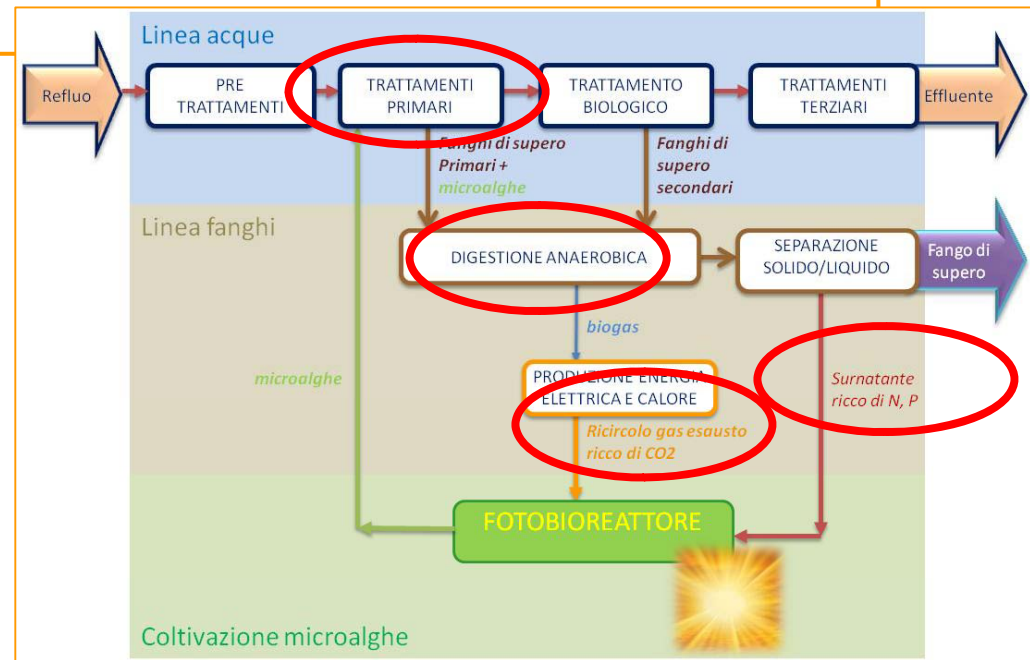
Proposta di integrazione





Fattori chiave

- Disponibilità di **nutrienti** in flussi ad alta e bassa concentrazione
- Disponibilità di un flusso gassoso di scarto ricco di **CO₂** (flue gas da cogeneratore)
- Disponibilità di **sistemi di separazione solido/liquido**
- Disponibilità di capacità di trattamento aggiuntiva nel **DIGESTORE ANAEROBICA**





1. c/o Impianto di trattamento di Carimate – SudSeveso Servizi

- Prove preliminari *in batch* di crescita con medium sintetico, luce artificiale, CO2 in bombola
- Prove in fotobioreattore *semicontinuo*, luce artificiale, CO2 in bombola e digestato reale (surnatante da nastropressa) ed effluente secondario
- Prove *in batch* di digestione anaerobica delle microalghe accresciute
- Prove preliminari di sedimentabilità

2. c/o Impianto di Bresso – Amiacque

- Prove in fotobioreattore *scontinuo*, luce NATURALE, CO2 da FLUE GAS e digestato reale (surnatante da centrifuga)
- Prove *in continuo* di digestione anaerobica delle microalghe accresciute
- Prove di sedimentabilità/chiariflocculazione

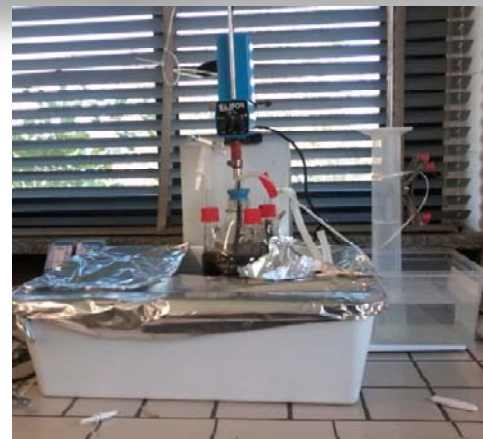


1. c/o Impianto di trattamento di Carimate – SudSeveso Servizi



concluso.

2. c/o Impianto di Bresso – Amiacque



in corso...



1. c/o Impianto di trattamento di Carimate

➤ *Reattori*

- **Reattori in PVC:** camere rettangolari da 5.5 L;
- **Colonna in plexiglas:** $\varnothing = 12$ cm , volume utile = 11 L; **Temperatura:** 20-22°C; **Mixing:** gas (CO₂ 10%, air 90%), Q_{gas} = 0.06 L/L/min); **Illuminazione:** 6 lampade a fluorescenza OSRAM/FLORA, 18 W lamps, (PAR = 230 μ molph/m²/s) in cicli da 16h luce/8h buio; **HRT** = 10-15 d.

➤ *Inoculi*

Botryococcus braunii and **Chlorella sp.** da EPSAG (Göttingen University, Germany);
Scenedesmus obliquus da INRA-LBE (Narbonne, France)

➤ *Acque utilizzate*

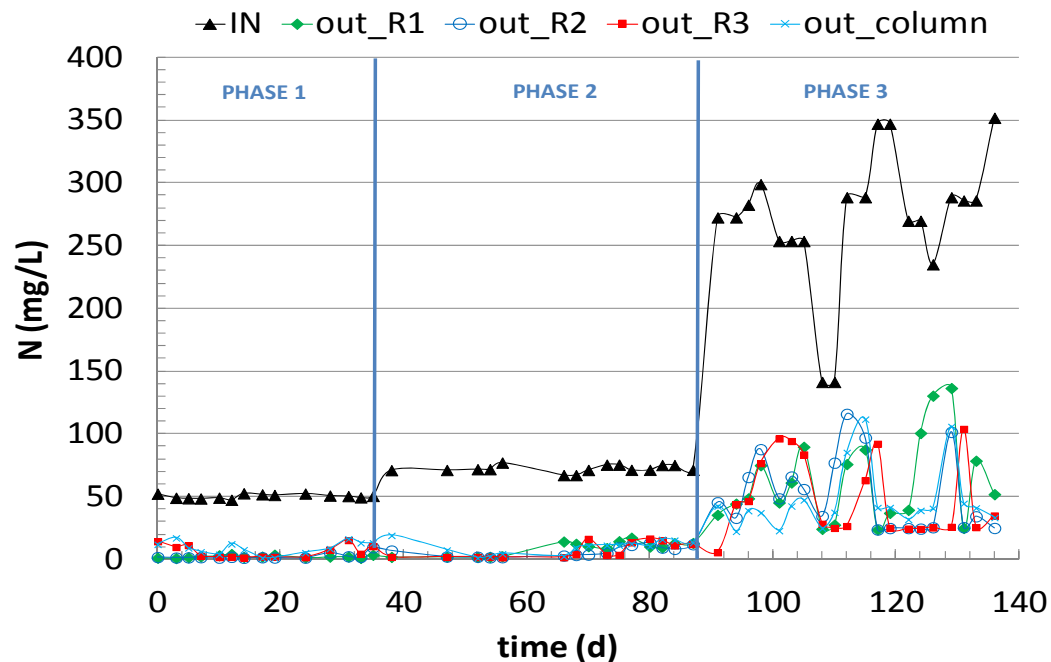
Parametro	Effluente finale	Centrato da natropressa
NO ₃ -N (mg/L)	9±2.0	10±3.9
NH ₄ -N (mg/L)	4±5.5	252±49
TSS (mg/L)	8±5.1	120±50
P (mg/L)	1.67±0.30	8±4
COD (mg/L)	51±13.8	470±131



Primi risultati – reattori semi batch



Azoto in ingresso vs. uscita



Rimozione dell'azoto

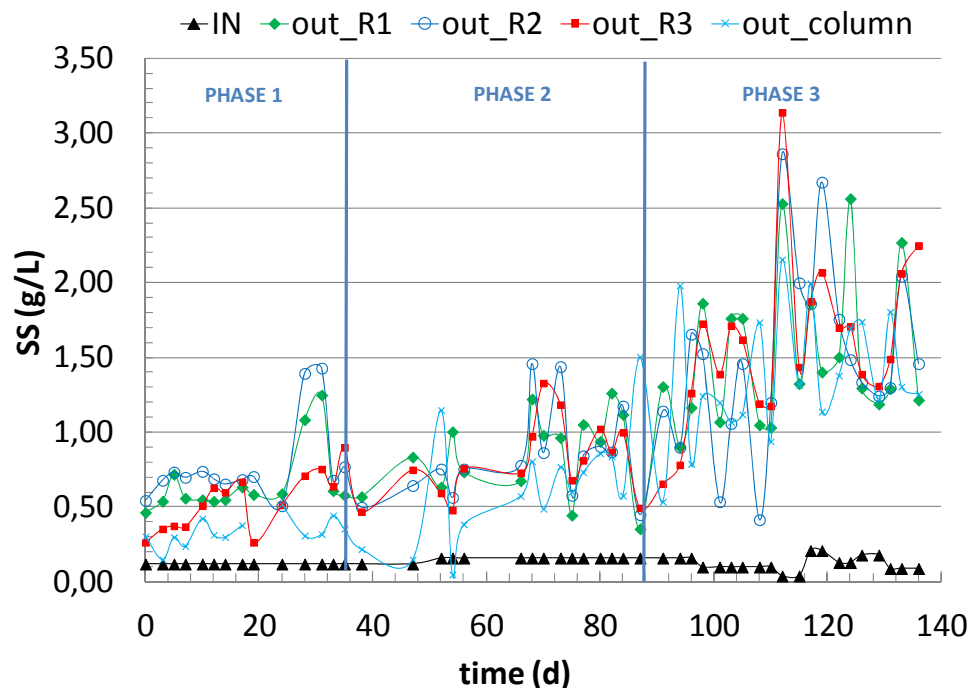
Fase	% centrato in alimento	N _{in} (mg/L)
1	10-15%	50±2
2	20-25%	72± 3
3	100%	271 ±54

Phase	R1	R2	R3	Colonna	mean
1	0.95±0.02	0.95±0.04	0.87±0.10	0.82±0.10	90%
2	0.87±0.08	0.91±0.06	0.90±0.08	0.86±0.07	89%
3	0.77±0.13	0.80±0.13	0.82±0.11	0.82±0.09	80%



Primi risultati – reattori semi batch

Solidi sospesi: in vs out



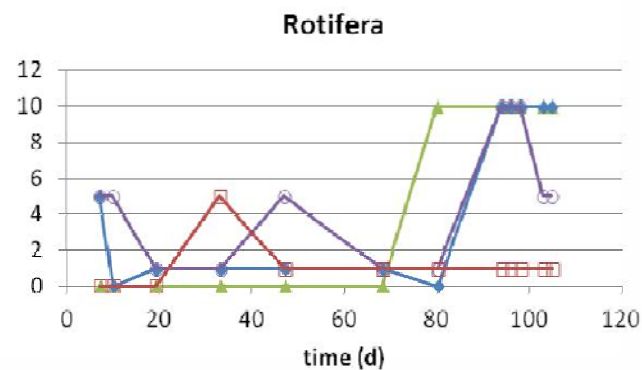
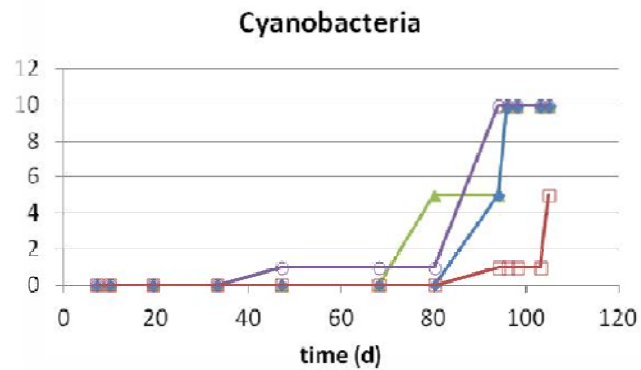
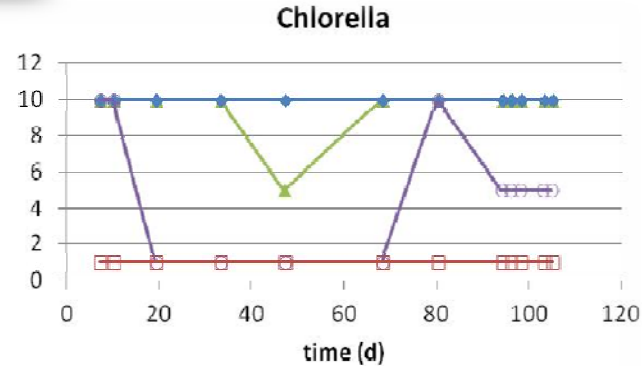
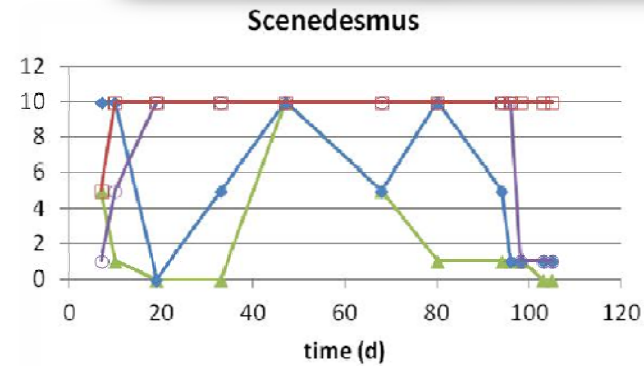
$$\Delta SS / \Delta N = \frac{(SS_{out} - SS_{in})}{(N_{in} - N_{out})}$$

Produzione specifica di solidi sospesi [gSS/gN]

Phase	R1	R2	R3	Colonna	media
1	11.3±4.6	11.9±6.1	9.7±4.9	5.8±1.6	9,7
2	11.2±4.7	10.4±4.6	10.3±4.6	8.7±3.8	10,2
3	7.2±3.1	6.7±3.9	6.9±2.4	6.0±2.7	6,7



Microorganismi



LEGENDA

Abbondanza:

- 0= absent;
- 1= scarce;
- 5= relevant;
- 10 = abundant

▲ R1

◆ R2

○ R3

□ Column

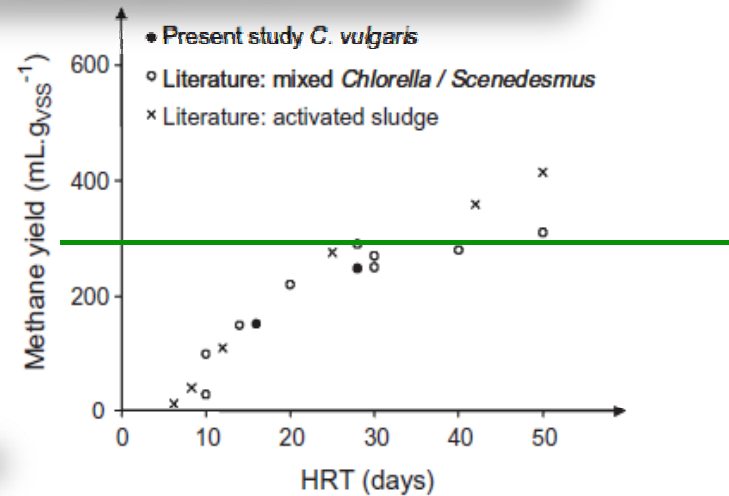
- *Botryococcus* non sviluppato
- *Scenedesmus* prevalente in C e R3,
- *Chlorella* e *Scenedesmus* bilanciati in R1 e R2
- Nella fase 3, sviluppo di *cyanobatteri* e *rotiferi*



Test di digestione anaerobica in batch (BMP)



- BMP = 284-335 mL CH₄/g VS
- Simile a fanghi attivi



Ras, M., et al. *Bioresour. Technol.* (2010)

Sedimentabilità



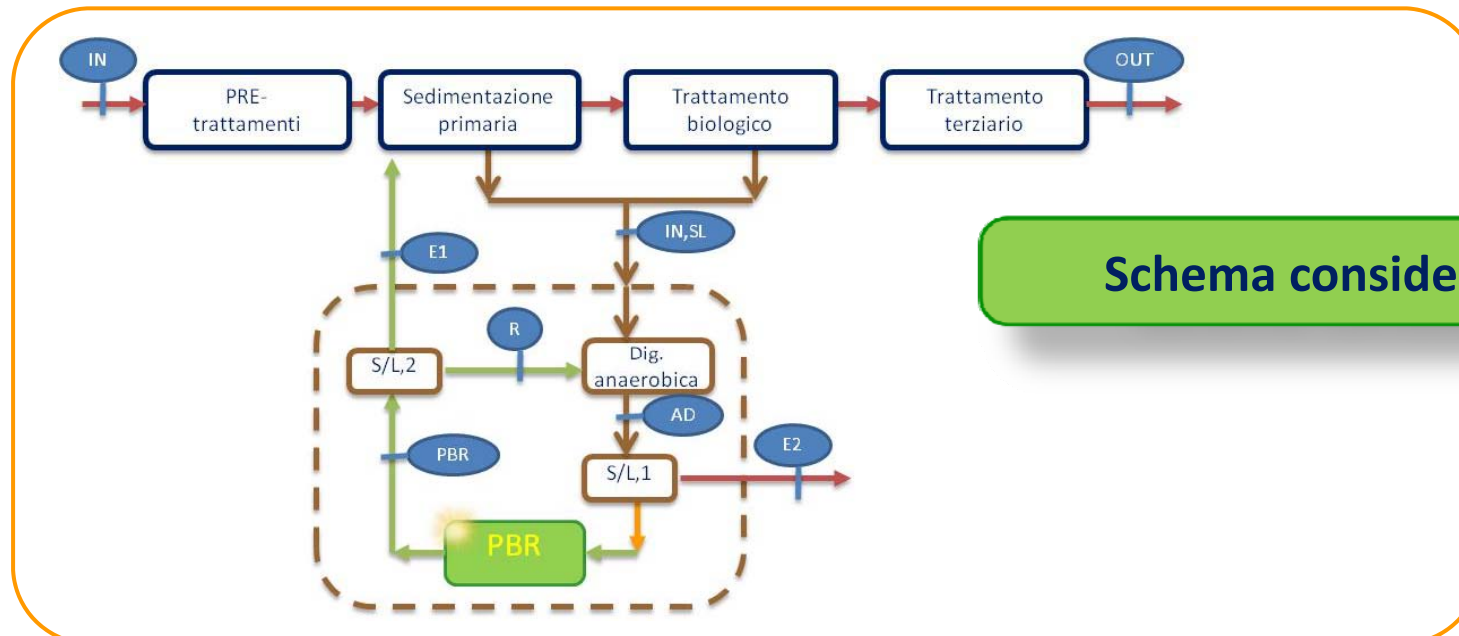
	Sospensione algale (100% A)	Miscela 1 (30%A+70%AS)	Miscela 2 (70%A+30%AS)	Fanghi attivi(100%AS)
SVI (mL/gSST)	88,6	88,9	86,7	97,8
% di SS non sedimentati	17,2%	9,5%	8,7%	7,9%



- Le alghe crescono felicemente sulla frazione liquida del digestato, infatti:
 - La concentrazione algale è stata fino a 1.6-2.0 gSS/L @ 10 d di HRT
 - La rimozione dell'azoto è stata del 77-82%

- In impianto si possono sfruttare i sedimentatori esistenti e i digestori anaerobici esistenti.





Schema considerato

Ipotesi di calcolo

- Carico di N in ingresso all'impianto (sezione IN) = 12 g N/ab/d
- Frazione dell'N entrante inviata alla linea acque = 15%
- Carico di SS inviati alla linea fanghi = 70 g SS/ab/d
- Resa di idrolisi dei SS in dig. anaerobica= 80%

Assunzioni

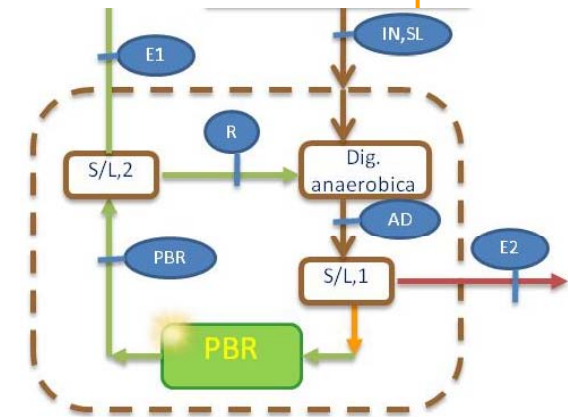
- Resa di rimozione dell'N nel PBR = 80% (da verificare sperimentalmente)
- Frazione di N presente nella biomassa algale = 11% del peso secco.
- Resa di separazione S/L = 100%.



Bilanci di massa/energia preliminari

Risultati: Bilanci di massa

Sezioni	Carico di azoto ($\text{g IE}^{-1} \text{d}^{-1}$)			Carico SS ($\text{gSS AE}^{-1} \text{d}^{-1}$)
	totale	Solubile	particolato	
IN	12	0	0	
IN,SL	1.8	0	1.8	70
AD	3.5	2.1	1.4	85
IN PBR	2.1	2.1	0	0
OUT PBR	2.1	0.4	1.7	15
E1	1.4	1.4	0	0
E2	0.4	0	0.4	34



Risultati: Bilancio energetico

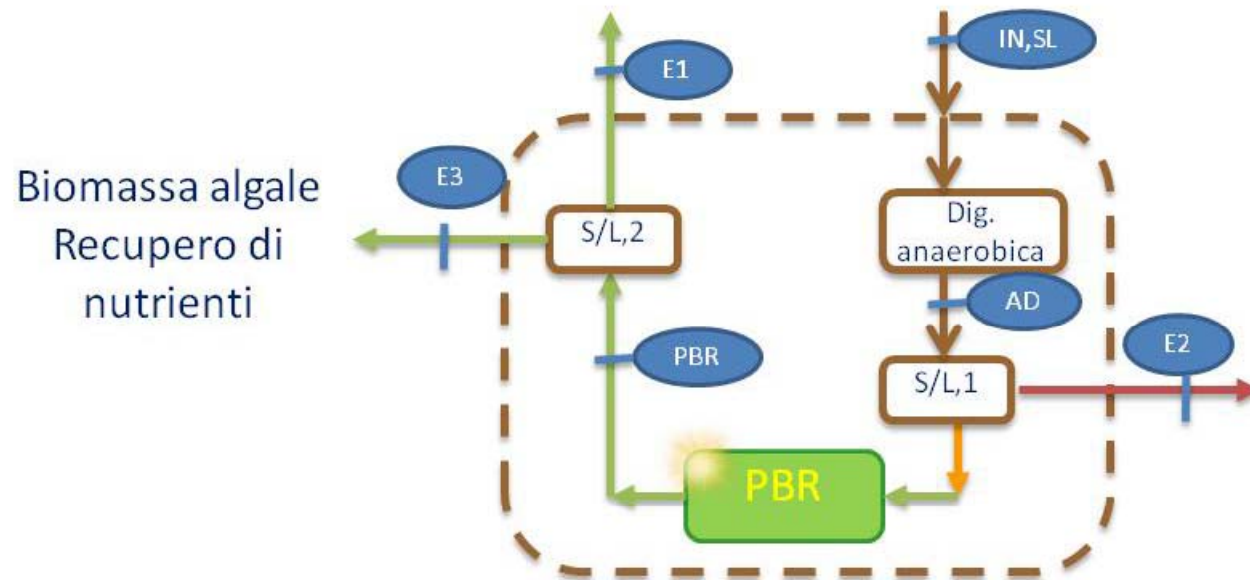
- Produzione energetica di base della DA = **31 Wh AE⁻¹ d⁻¹**,
- Extra da DA microalghe = **15 Wh IE⁻¹ d⁻¹** (+48% su DA)
- Risparmio per riduzione carico N a linea acque = **3 Wh AE⁻¹ d⁻¹**

- Complessivamente: **+ 18 Wh IE⁻¹ d⁻¹**
 (che permette di coprire il circa 21% del fabbisogno energetico per linea acque)



VALORIZZAZIONE DEL DIGESTATO: RECUPERO NUTRIENTI

UTILIZZO DI ALTRI FLUSSI RICCHI DI NUTRIENTI (DIGESTATI AGRICOLI)





**Grazie
dell'attenzione**

Attività svolte in collaborazione con:

- Università statale di Milano-Bicocca (Prof.ssa Valeria Mezzanotte)
- SEAM Engineering



Si ringraziano inoltre:

- Sudseveso Servizi, Impianto di depurazione di Carimate
- Amiacque, Impianto di depurazione di Bresso