

Il progetto Microgate: l'uso delle microalghe per depurare effluenti agro-zootecnici

ELENA FICARA

POLITECNICO DI MILANO
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale - Sezione ambientale

Ricerca sulla crescita delle microalghe sulle acque reflue

Esistono impianti dimostrativi, ad esempio:

- Spagna del sud, Chiclana
- California, Dehli and San Luis Obispo
- Nuova Zelanda, Christchurch, Hamilton
- Marocco

HARP = High Rate Algal Pond



Figure 5 Photograph of a HRAP paddlewheel, Christchurch, New Zealand.



Figure 2 Photograph of a covered anaerobic HRAP system in the Waikato, New Zealand.

Applicazioni in fase di sperimentazione

Coltivazione su reflui liquidi di varia origine

- **Digestati agro-zootecnici (progetto MICROGATE)**
- Digestati da digestione fanghi civili (progetto IMAP)
- **Reflui zootecnici (progetto MICROGATE)**
- Reflui caseari (Polo delle Microalghe)



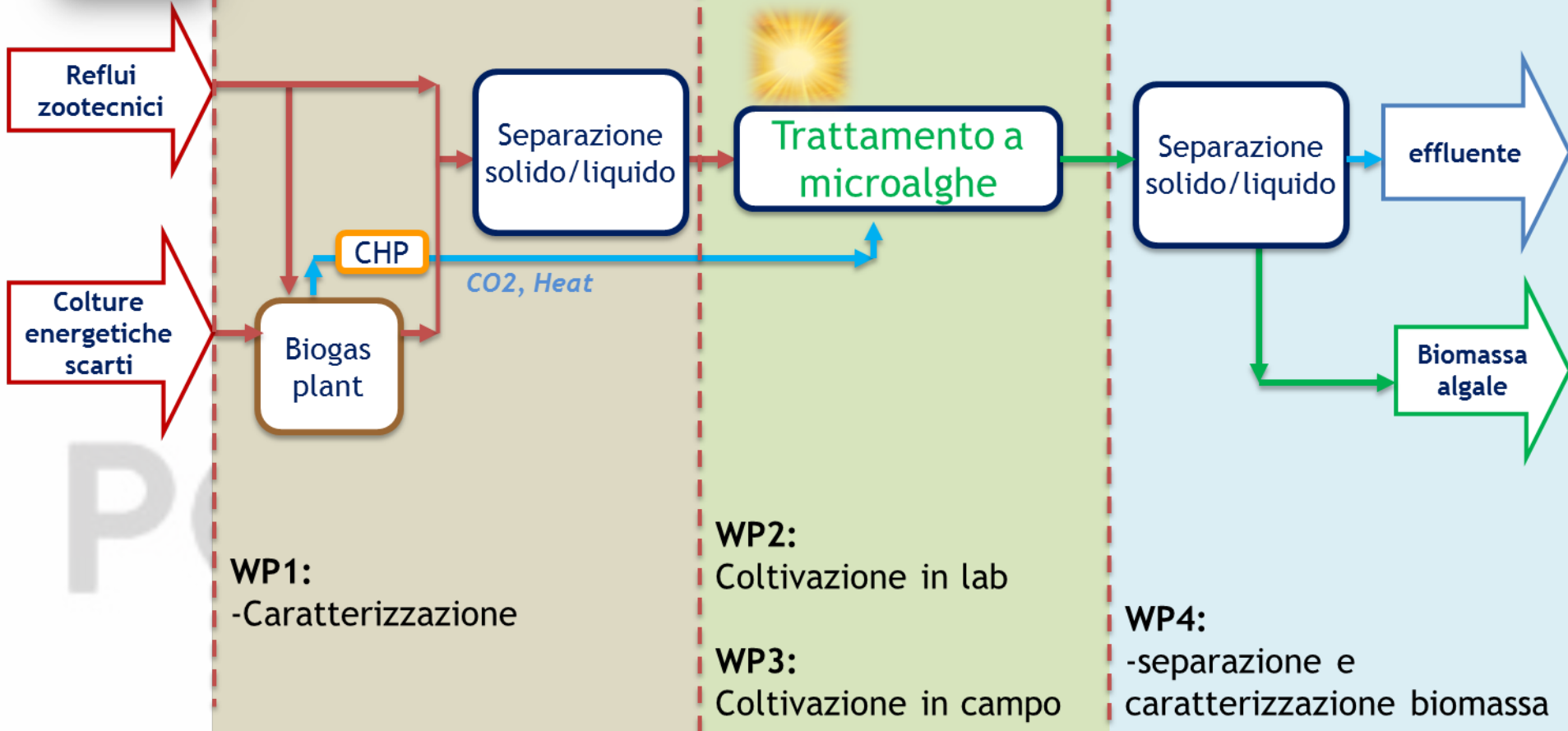
Vantaggi integrazione in impianti a biogas

- Presenza di flussi ricchi di azoto e fosforo (separato liquido del digestato)
 - Presenza di flussi gassosi ricchi di CO₂
- Presenza di attrezzature ed impianti sfruttabili (es: separatore S/L)

Il progetto MICROGATE



fondazione
c a r i p l o



Fasi sperimentali

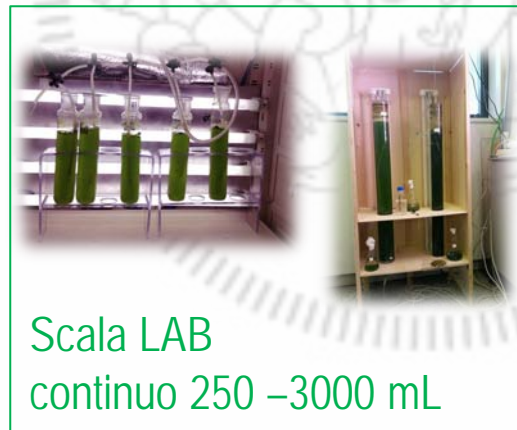
❑ I reflui considerati, **caratterizzazione**



❑ Le prove di crescita in batch e in continuo



Scala LAB
batch 10-250 mL



Scala LAB
continuo 250 -3000 mL



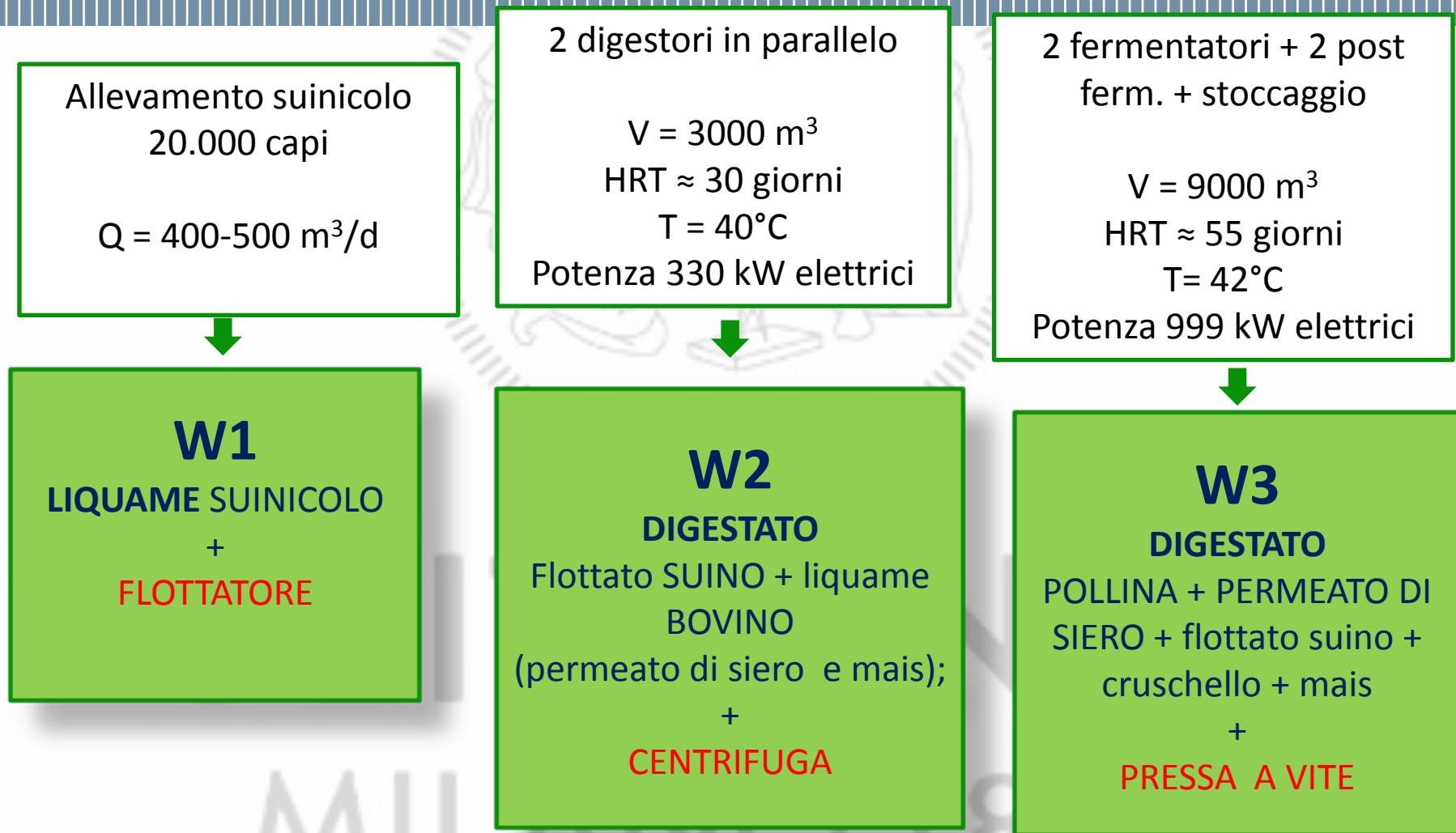
Scala pilota
90-1000 L

❑ La valorizzazione della biomassa prodotta

- **Separazione** e concentrazione
- Valorizzazione
 - ammendanti/fertilizzanti
 - Bioplastiche, biocombustibili (**Biogas**, Bioetanolo)



Caratterizzazione digestati/reflui agrozootecnici



Caratterizzazione digestati/reflui agrozootecnici

Caratteristiche ideali

- Bassa torbidità/solidi
- pH fisiologico
- Concentrazione di N-NH₄ non inibente alla crescita delle alghe
- Rapporto N:P=10:1,

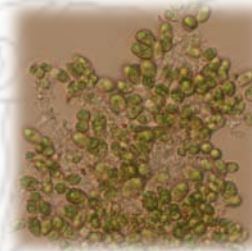
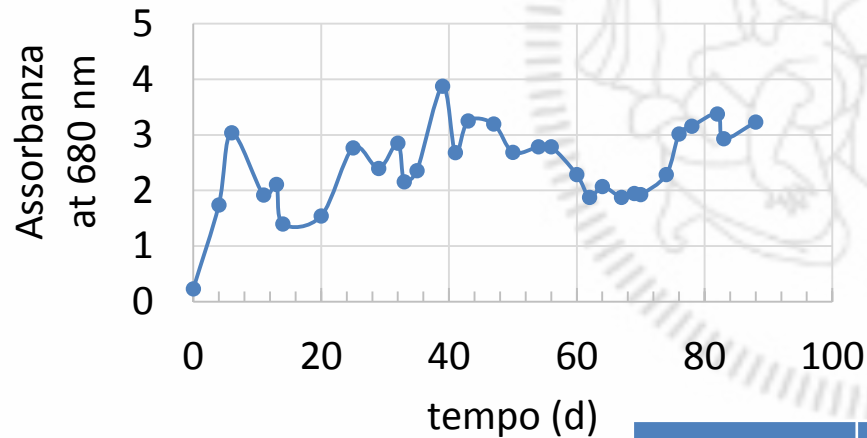
PARAMETRI	W1 LIQUAME SUINICOLO		W2 DIGESTATO		W3 DIGESTATO	
	MEDIA		MEDIA		MEDIA	
	TQ	SL	TQ	SL	TQ	SL
TS g/L	5	2	73	7,5	591	53
VS (g/l)	3	0.74	51	2	37	32
pH	7.4	7.3	7.7	8.1	7.8	8.2
N-NH ₄ (mg/l)	152	148	1920	1300	2240	2150
P (mg/l)	25	19	142	26	239	271
Torbidità (FAU)	148	191	4280	70	3660	4460
COD sol (mg/l)	1390	1070	4220	1920	4240	5070
COD tot (mg/l)	4550	1000	72440	3400	5560	50000

Prova di crescita in semi-continuo su W1



Tempo di ritenzione idraulica: 9 → 5 giorni

W1: Produttività = 350 mgSS/L/d



Consortio algale misto:
Scenedesmus spp.
Chlorella spp.

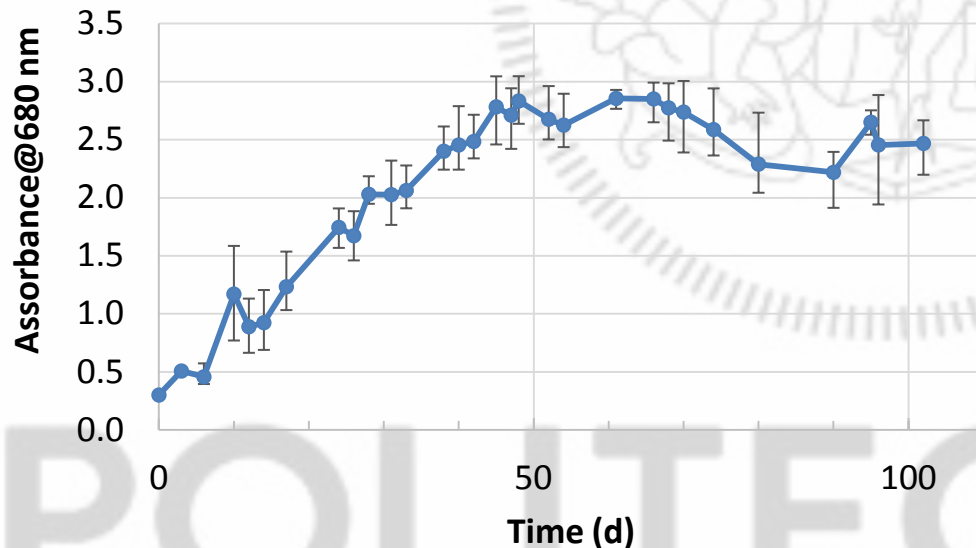
	Concentrazione W1 (mg/L)	Concentrazione sospensione algale (mg/L)	Efficienza di rimozione (%)
N-NH ₄	396	32,1	92%
N-NO ₂	0,04	90,3	
N-NO ₃	4,0	4,3	
P-PO ₄	22	4,9	78%
COD	2180	602	72%
Ntot	400	127	68%

Prova di crescita in semi-continuo su W2



Produttività = 27 ± 13 mgSS/L/d

Con tempo di ritenzione idraulica di 55 giorni



□ Rimozione $N-NH_4$ >97%

□ Rimozione COD > 80%

□ Nitrificazione con produzione di nitriti

Seconda prova: con W2 a ridotta (500 mgN/L) concentrazione di NH_4 (strippaggio):

Produttività = 82 ± 18 mgSS/L/d

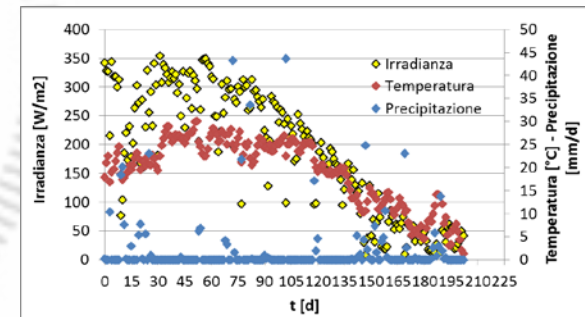
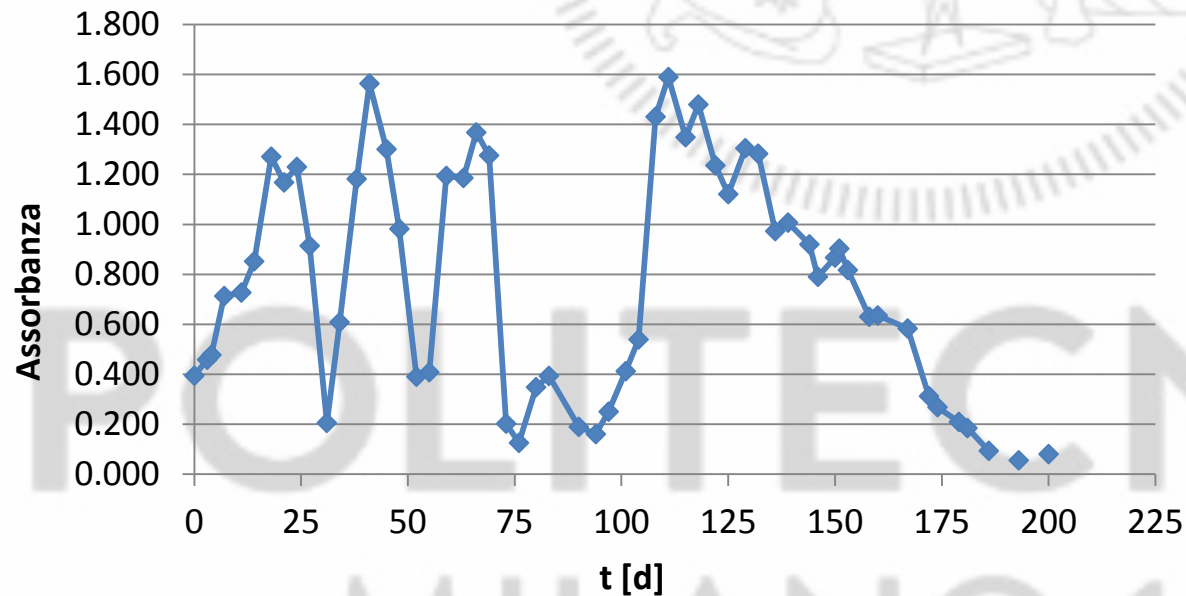
Con tempo di ritenzione idraulica di 9-11 giorni

Prova di crescita scala pilota W2



Raceway presso Azienda Agricola cremonese:

- $A = 4 \text{ m}^2$ ($V = 0,9 \text{ m}^3$),
- Controllo pH con CO_2
- Alimentazione continua (tempo di residenza idraulico 10 d)



Produttività areale

= $18 \text{ gSS/m}^2/\text{d}$

= 50 tSS/ha/anno (su 9 mesi)

(MAIS ~ $17\text{-}21 \text{ tSS/ha/anno}$)

Prova di crescita scala pilota

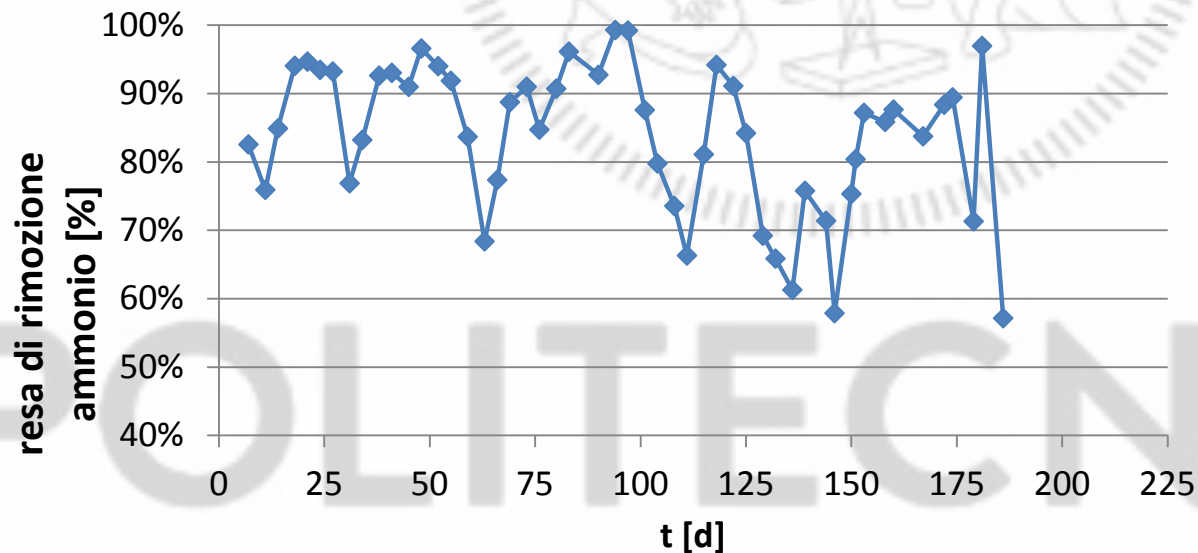
W2



Azoto

Elevata resa di rimozione azoto ammoniacale

Forte **nitrificazione**: fino al 95% dell'ammonio ossidato a nitrato



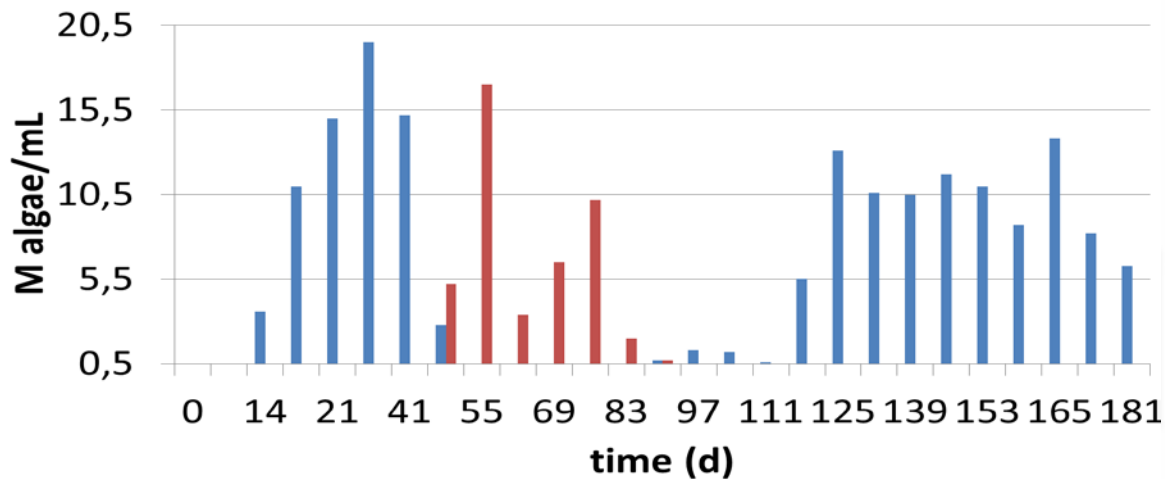
Prova di crescita scala pilota W2



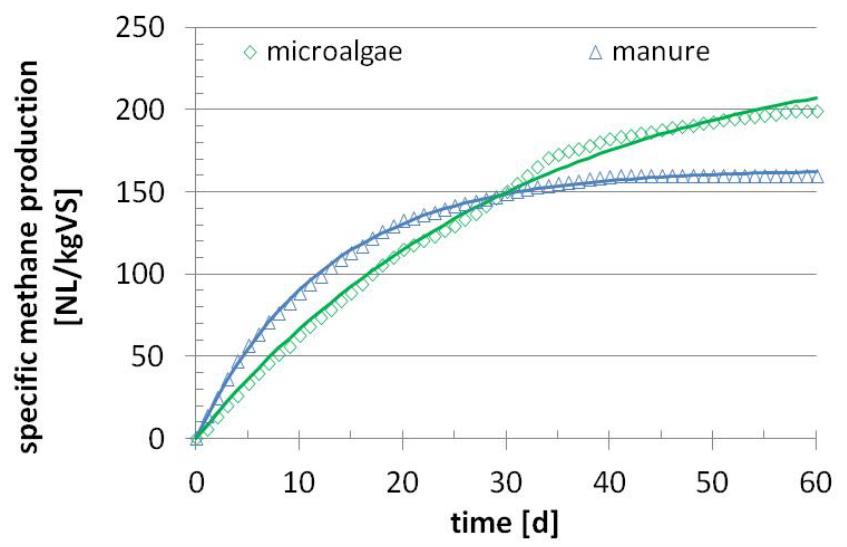
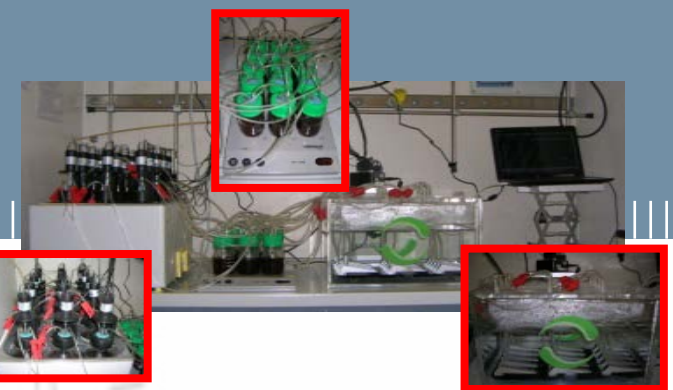
Conta algale in citometria

Chlorella spp. (max count: $1,95 \cdot 10^7$ cell/mL)

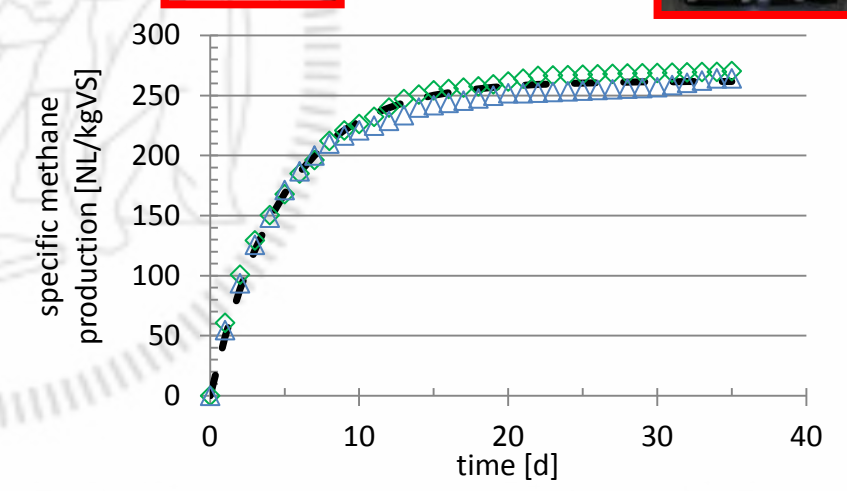
Acutodesmus spp. (max count $1,7 \cdot 10^7$ cell/mL)



Valorizzazione biomassa algale produzione di biogas



Alghe cresciute su W2



Alghe cresciute su W1

	BMP (m3/tSS)	produttività (tss/ha/y)	potenza (MWh/ha/y)
mais	350	19	26,3
alghe	210	50	41,6

Conclusioni e *prospettive*

❑ Microalghe coltivabili

- su reflui zootecnici : ottimi risultati in prova lab in continuo → *prova pilota*
- su digestato : limite di produttività legato a concentrazione azoto ammoniacale
- Rimozione N inversamente proporzionale a nitrificazione → *comprendere come gestire consorzio alghe/batteri*

❑ Produttività risente di condizione meteo → *controllare almeno la temperatura utilizzando cascami di calore disponibili in impianto*

❑ Potenziale metanigeno interessante → prove di co-digestione

Nei prossimi mesi:

- *Produzione bioplastiche e bioetanolo*
- *Analisi statistiche e approfondimento relazione nitrificanti/alghe*

Katia Parati
Roberto Puglisi
Lorenzo Proietti
Luciano Foglio
Federico Castillo

Valeria Mezzanotte
Francesca Marazzi



fondazione
cariplo



POLITECNICO
MILANO 1863

Elena Ficara
Davide Scaglione
Micol Bellucci
Simone Rossi

**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**

ELENA.FICARA@POLIMI.IT