

A microbe-based value chain: TREatment and valorisation of texTILE wastewater



# Coltivazione di microalghe su reflui tessili

*V. Mezzanotte, F. Marazzi  
DISAT, Università degli Studi  
di Milano Bicocca,*

Evento Finale \_Webinar 3 giugno 2021



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI MILANO



# ATTIVITA'

- CARATTERIZZAZIONE DEL REFLUO
- PROVE DI COLTIVAZIONE DI CIANOBATTERI IN BATCH
- PROVE IN LABORATORIO IN CONTINUO CON ALGHE VERDI SU REFLUO TAL QUALE E SU EFFLUENTE ANAMMOX
- PROVE PILOTA IN CAMPO

# CARATTERISTICHE DEL REFLUO TESSILE



## Stamperia Cassina Rizzardi

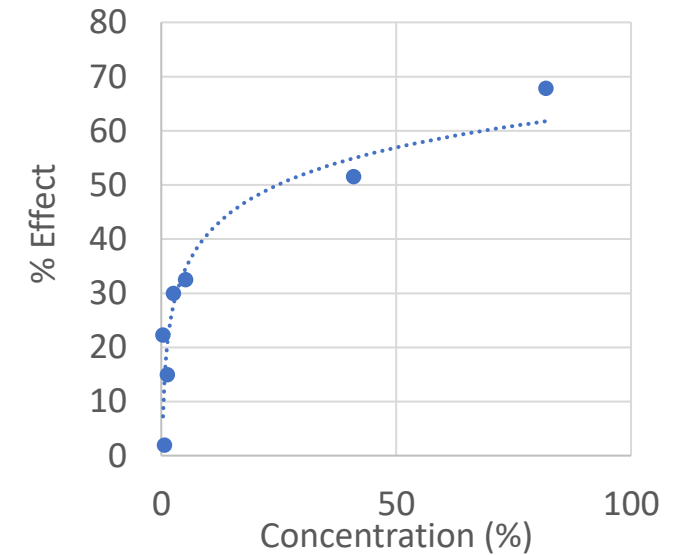
Capacità di stampa = 100.000 m/giorno

Stampanti digitali = 33

Reflui generati = > 340.000 m<sup>3</sup>/anno

	Mean	Standard deviation		Mean	Standard deviation
pH	8.5	0.1	K (mg L-1)	3.9	0.7
Conductivity (mS cm <sup>-1</sup> )	2.61	0.45	Mg (mg L-1)	6.7	1.3
Turbidity (FAU)	110	58	Ca (mg L-1)	30.9	6.3
TN-N (mg L <sup>-1</sup> )	196	52	Si (mg L-1)	2.79	3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg L <sup>-1</sup> )	161	14	Fe (mg L-1)	0.08	0.04
NH <sub>3</sub> -N (mg L-1)	21	7	Na (mg L-1)	258	32
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg L <sup>-1</sup> )	1.9	0.1	Zn (mg L-1)	0.08	0.02
COD (mg L <sup>-1</sup> )	799	73	Mn (mg L-1)	0.012	0.003
sCOD (mg L <sup>-1</sup> )	524	51	Al (mg L-1)	0.03	0
sCOD/N	2.8	0.6	Cr (µg L-1)	33.9	28.6
TSS (mg L-1)	122	44	Ni (µg L-1)	6	4.6
VSS (mg L-1)	99	34	Cu (µg L-1)	30.4	16.9

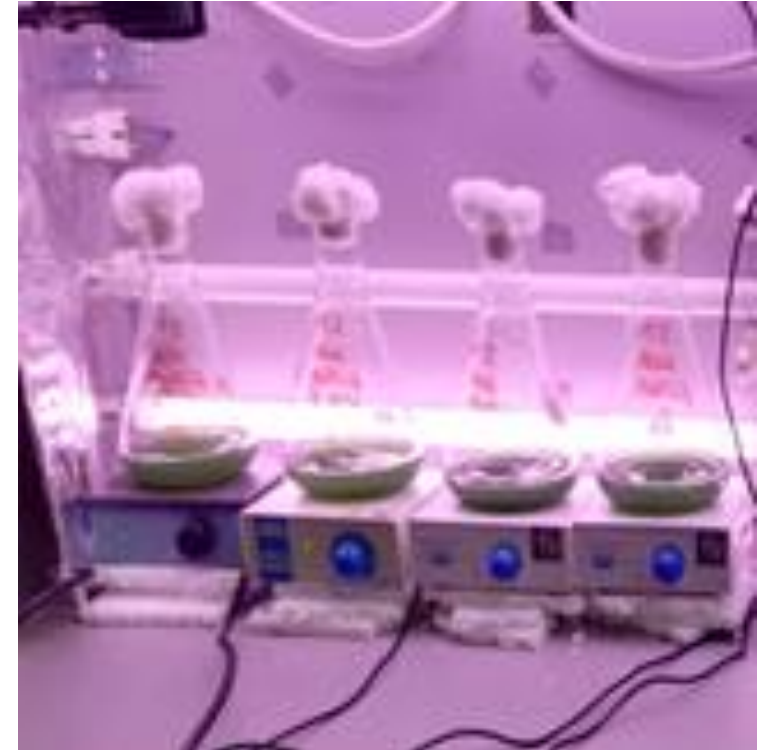
Microtox<sup>®</sup>



# SELEZIONE CIANOBATTERI IN BATCH

- *Arthrospira platensis*
- *Chroococcus minutus*
- *Synechococcus rubescens*

Controllo	Refluo tessile
Zarrouk	Tal quale
BBM	Diluizione 1:2
BG11	Diluizione 1:4



**RISULTATI NON SODDISFACENTI**

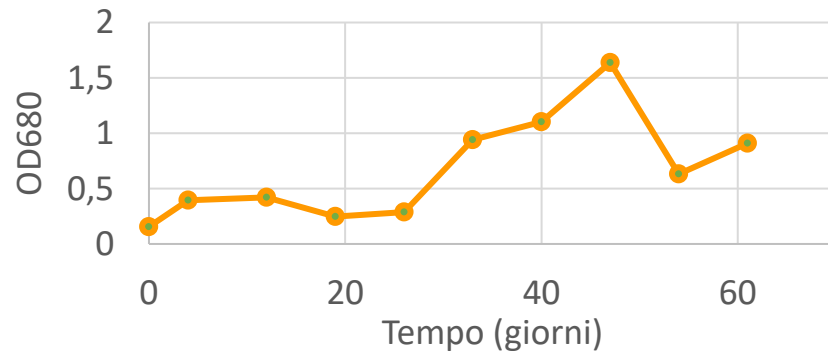
# SPERIMENTAZIONE A PICCOLA SCALA CON *CHLORELLA VULGARIS* E POPOLAZIONE MISTA DI ALGHE VERDI E CIANOBATTERI

Volume: 200 mL

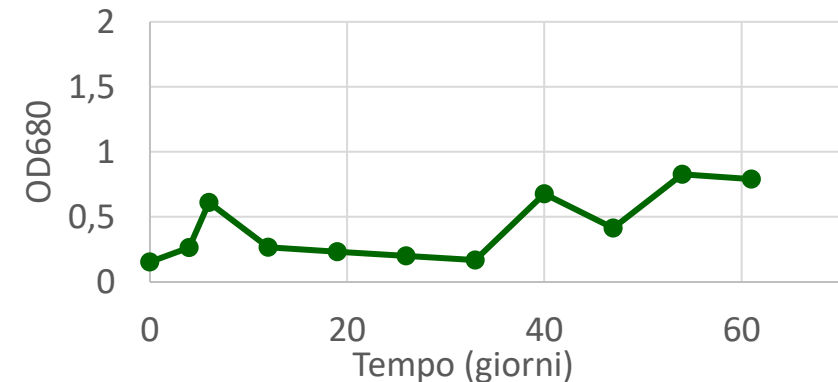
Inoculi: *Chlorella vulgaris* e popolazione mista di alghe verdi e cianobatteri cresciuta su reflui di sierificio (10%)

Substrato: refluo tessile tal quale

Prova in semi-batch (HRT=28 giorni)



Popolazione mista



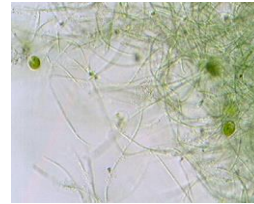
*Chlorella vulgaris*

# SPERIMENTAZIONE A PICCOLA SCALA CON *CHLORELLA VULGARIS* E POPOLAZIONE MISTA DI ALGHE VERDI E CIANOBBATTERI

Popolazione mista



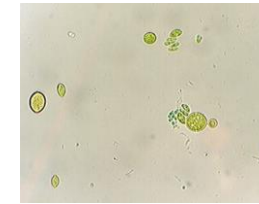
0



33



61

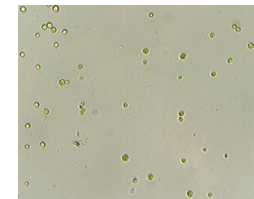


*Synechocystis* sp.

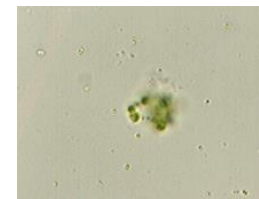
*Chlorella vulgaris*



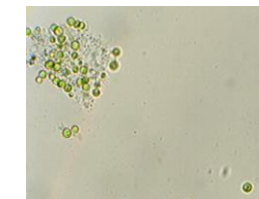
0



33



61



IMPOSSIBILE CONTROLLARE LA COMPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE



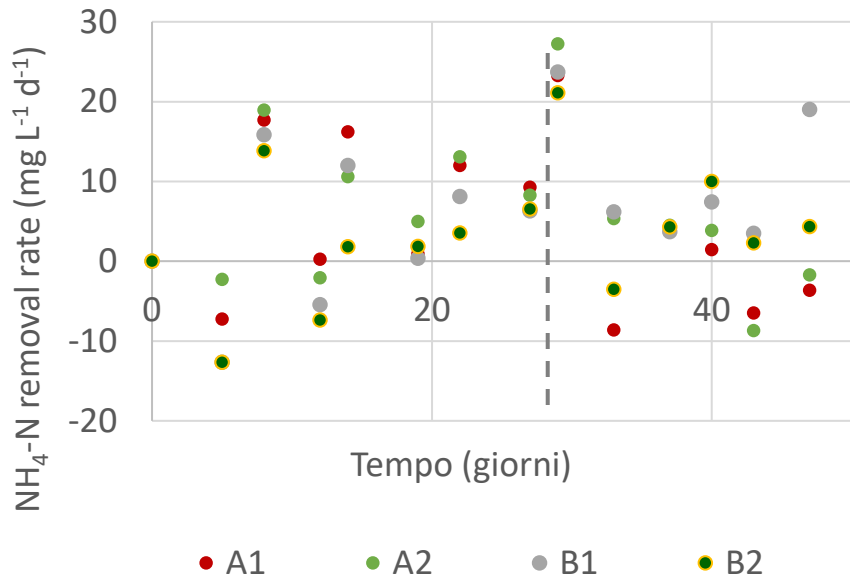
# SPERIMENTAZIONE IN CONTINUO A SCALA LABORATORIO



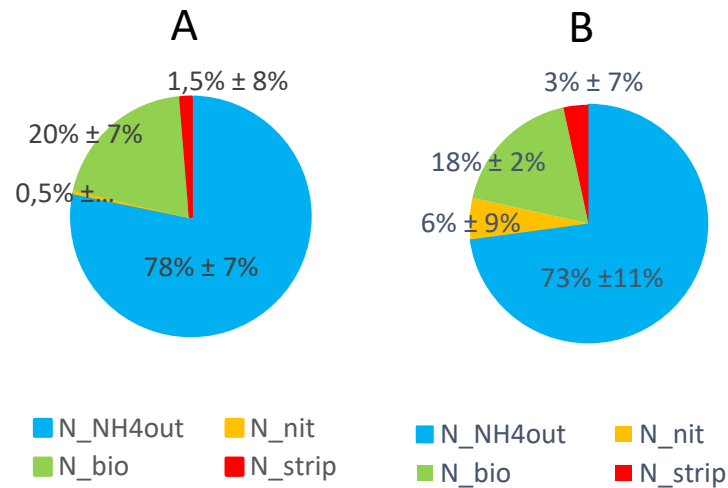
- Volume (L) = 3
- HRT (giorni)= 13
- Durata = 50 giorni
- Ciclo luce/buio = 12/12 ore
- CO<sub>2</sub> fino al giorno 27

	Inoculo
A	Popolazione mista di alghe verdi, diatomee e cianobatteri
B	Popolazione mista di alghe Verdi

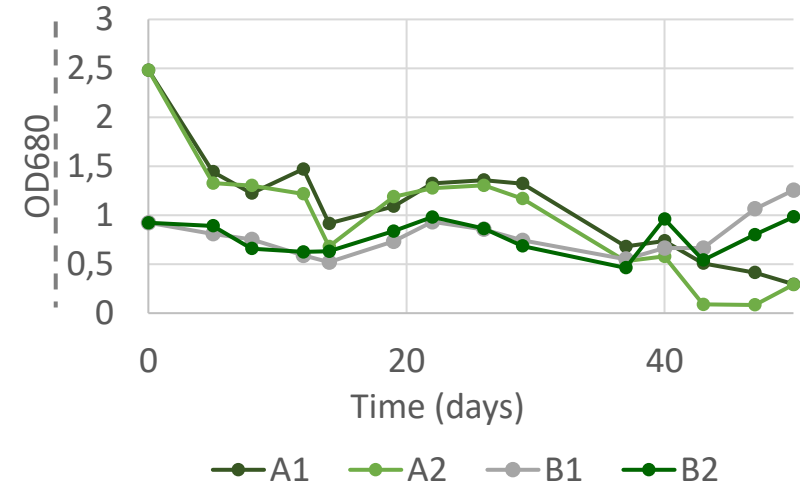
# RIMOZIONE DELL'AZOTO



Tassi medi di rimozione:  
 A:  $1 \pm 2$  mg N-NH<sub>4</sub>/L\*gg  
 B:  $2 \pm 2$  mg N-NH<sub>4</sub>/L\*gg



# CRESCITA MICROALGALE

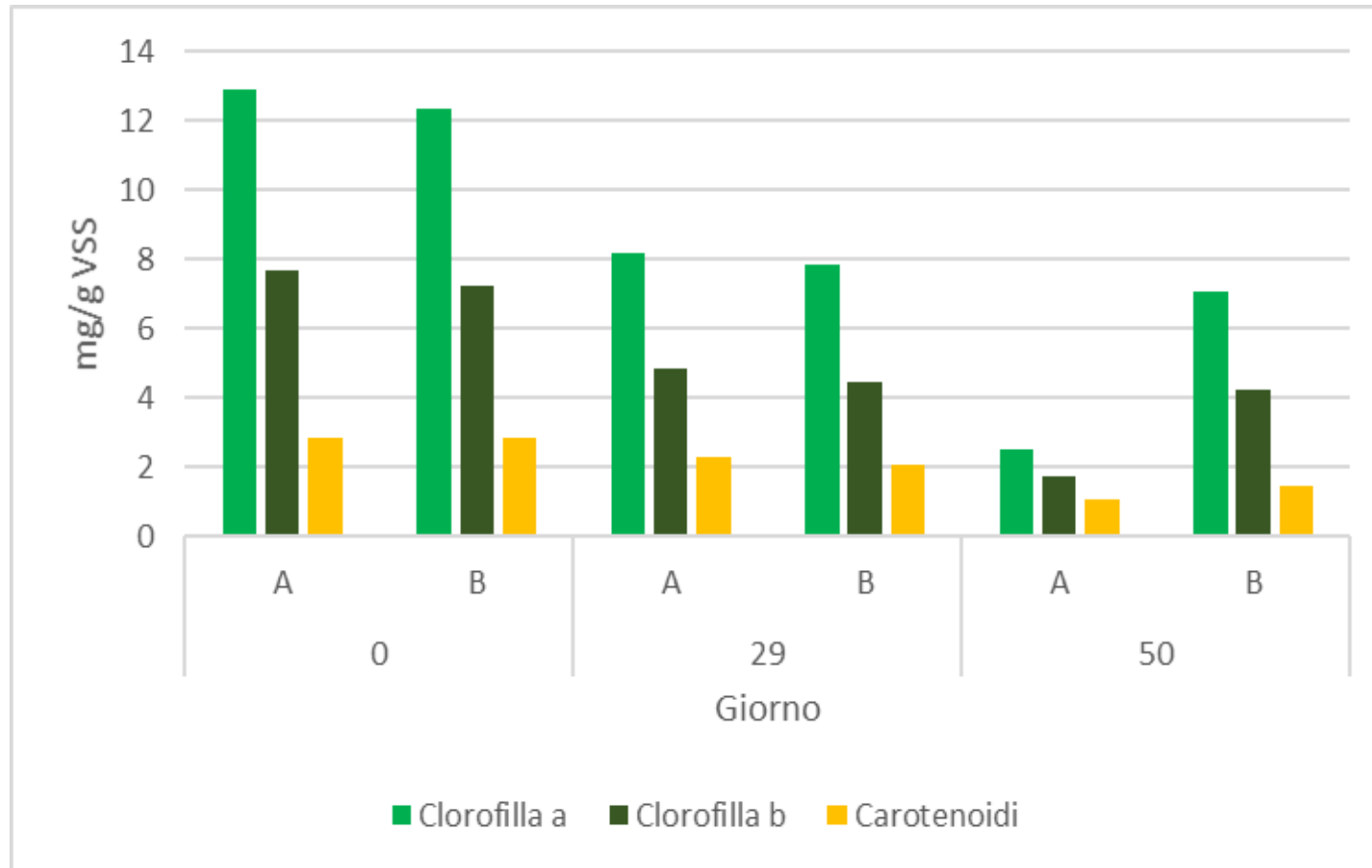


Produttività (mg VSS L<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

Tempo (giorni)	A	B
1-27	$33 \pm 4$	$21.3 \pm 26$
28-50 (senza aggiunta di CO <sub>2</sub> )	$0.8 \pm 3$	$25 \pm 6.5$



# PIGMENTI



# PRODUZIONE DI BIOMETANO



I/S= 2 gVS/gVS

	A	B
<b>BMP</b> (NmL <sub>CH4</sub> /g <sub>vs</sub> )	<b>224 ± 0,1</b>	<b>162 ± 0,2</b>

- RUOLO IMPORTANTE DELLA CO<sub>2</sub>
- PRODUZIONE DI PIGMENTI CONFRONTABILE CON QUELLA OTTENUTA SU REFLUO
- BMP INTERESSANTE, PER LA POPOLAZIONE A

# TRATTAMENTO DELL'EFFLUENTE DEL PROCESSO ANAMMOX



- Volume (L) = 2.5
- HRT (giorni) = 15
- Q (ml/giorni) = 170
- Durata = 47 giorni in continuo + 15 giorni in batch
- Ciclo luce/buio = 12/12 ore

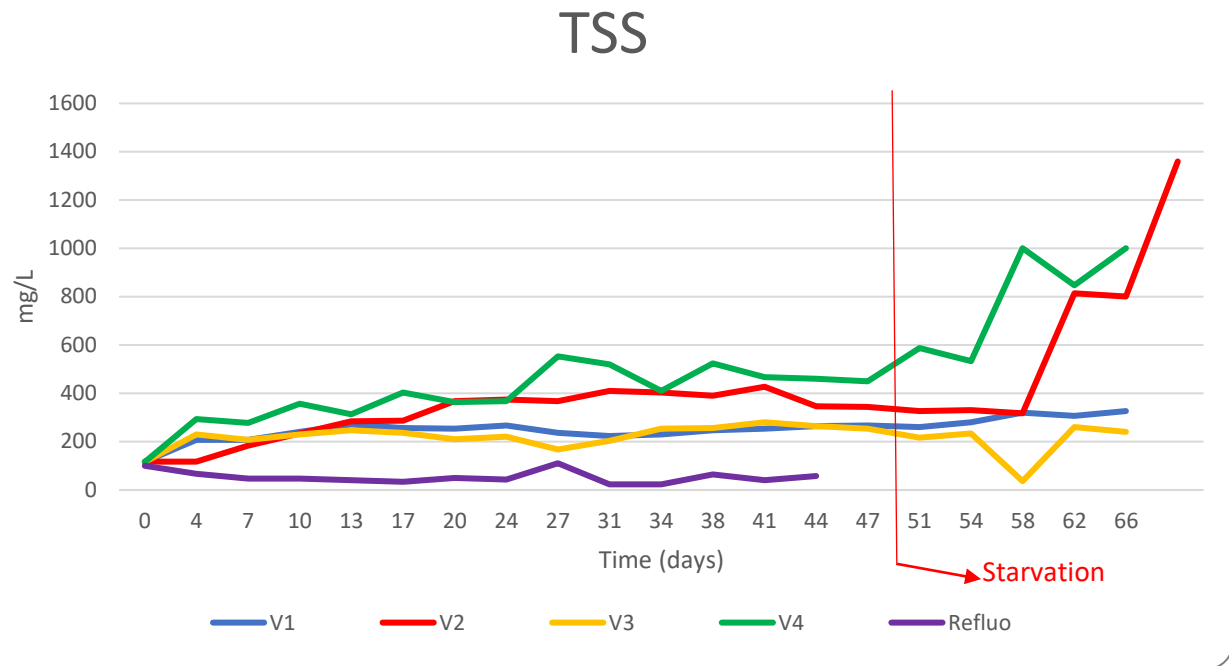
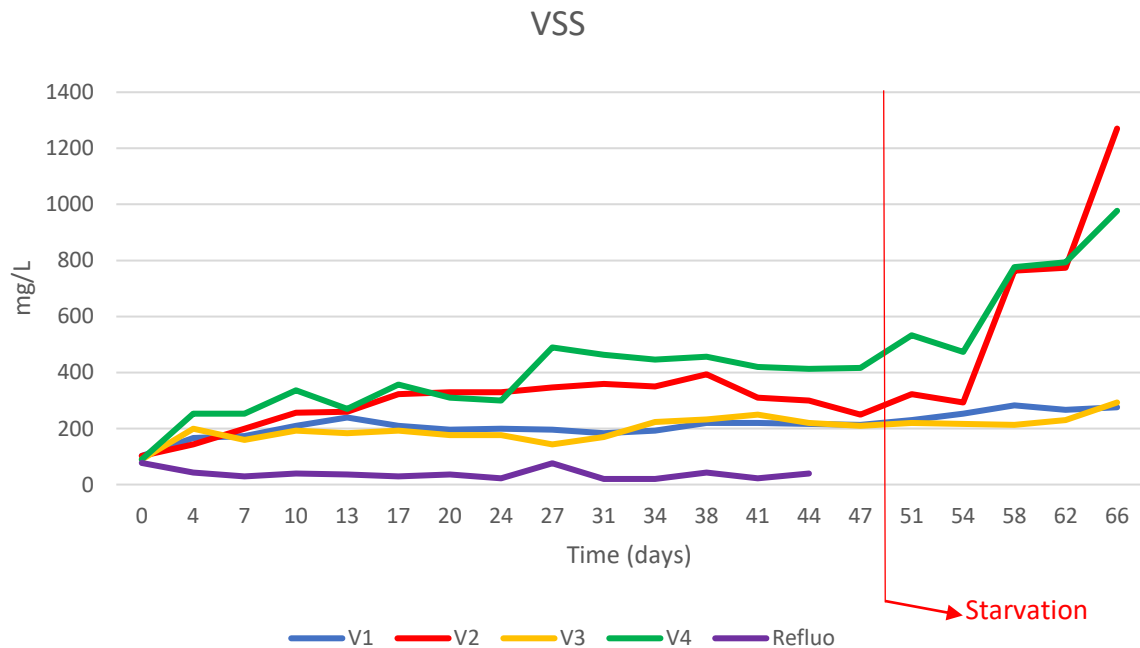
	CO <sub>2</sub>	Inoculum
V1	NO	<i>Scenedesmus</i>
V2 CO <sub>2</sub>	Sì	<i>Scenedesmus</i>
V3	NO	<i>Scenedesmus</i> + <i>Chlorella</i>
V4 CO <sub>2</sub>	Sì	<i>Scenedesmus</i> + <i>Chlorella</i>

# ALIMENTO (EFFLUENTE DEL PROCESSO ANAMMOX SBR)

N TOT (mg/L)	57.6 ± 7
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	13.6 ± 3.5
NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	9.4 ± 4
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	21.1 ± 2.6
P TOT (mg/L)	9.8 ± 1.7

Rapporto molare N/P ~ 13

# Maggior crescita algale con aggiunta di CO<sub>2</sub>

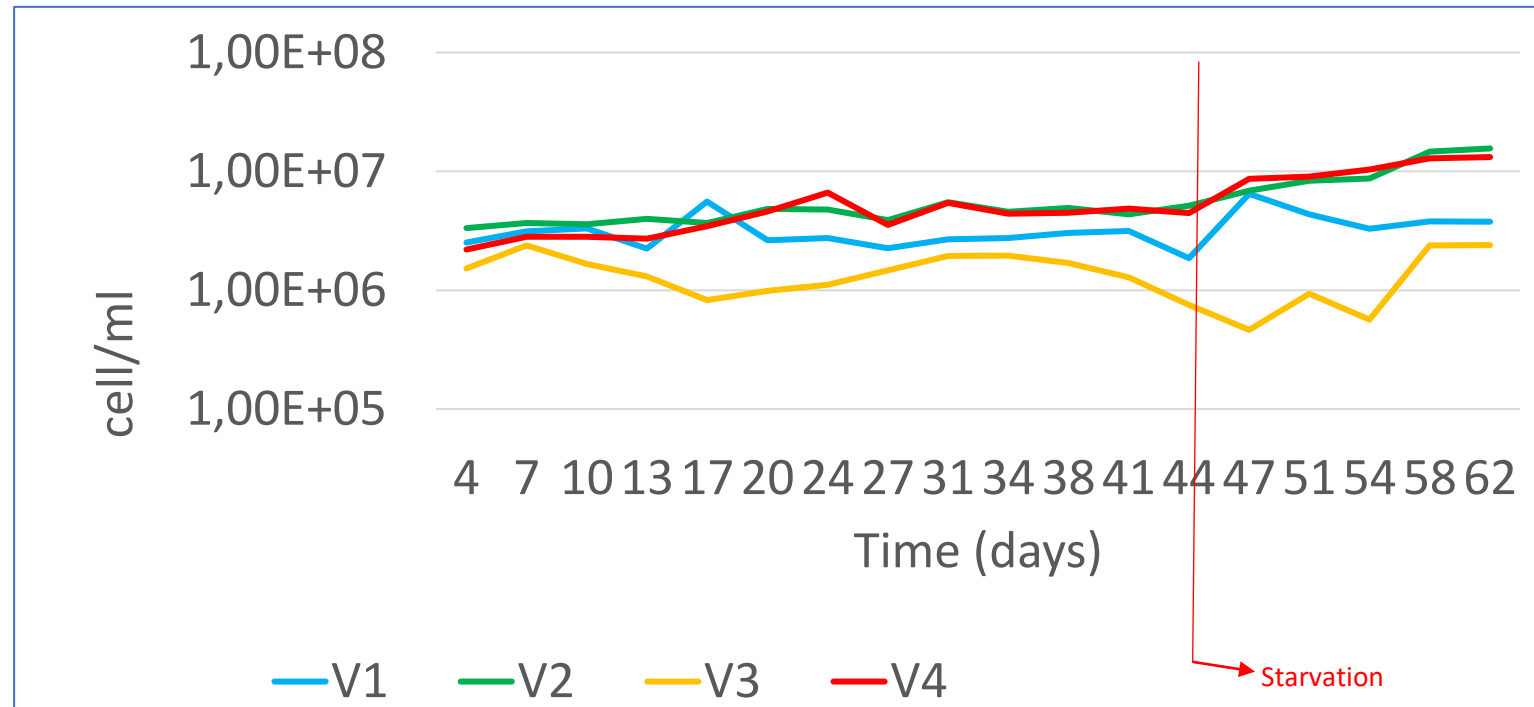


Aumenta la biomassa in fase batch (starvation)...

...ma non aumentano le conte cellulari

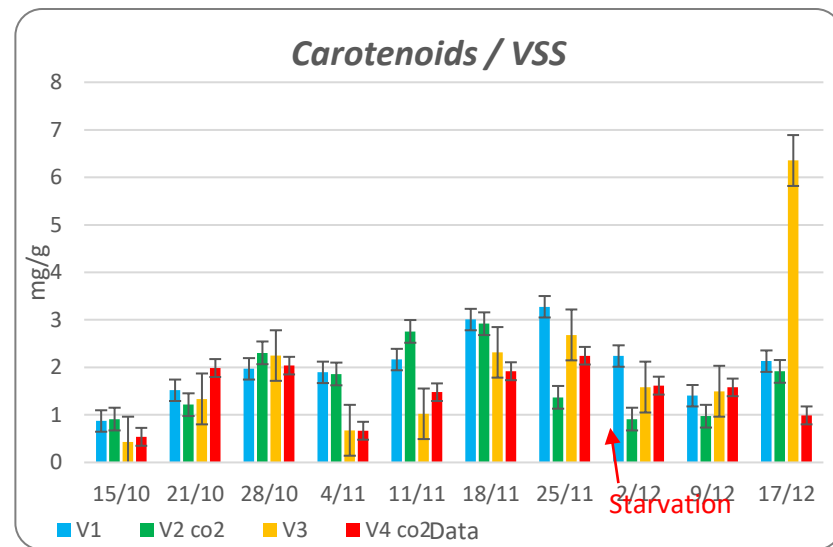
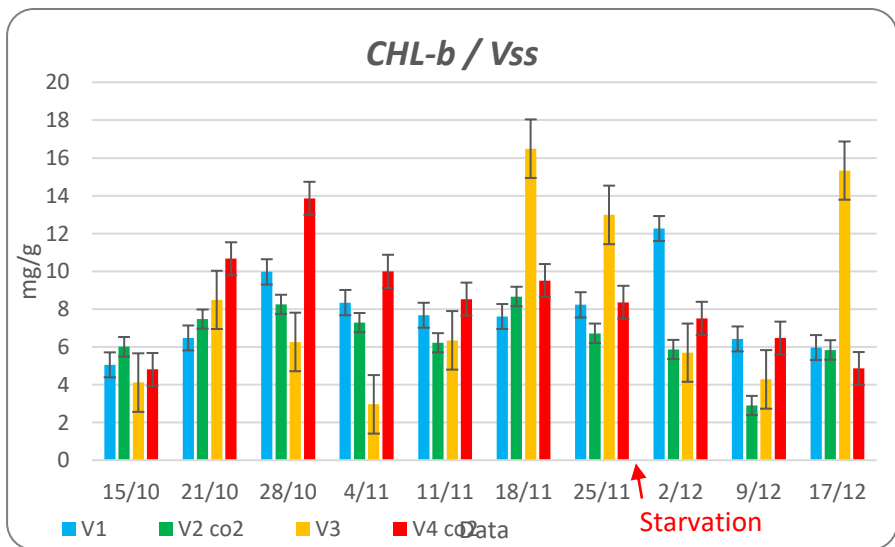
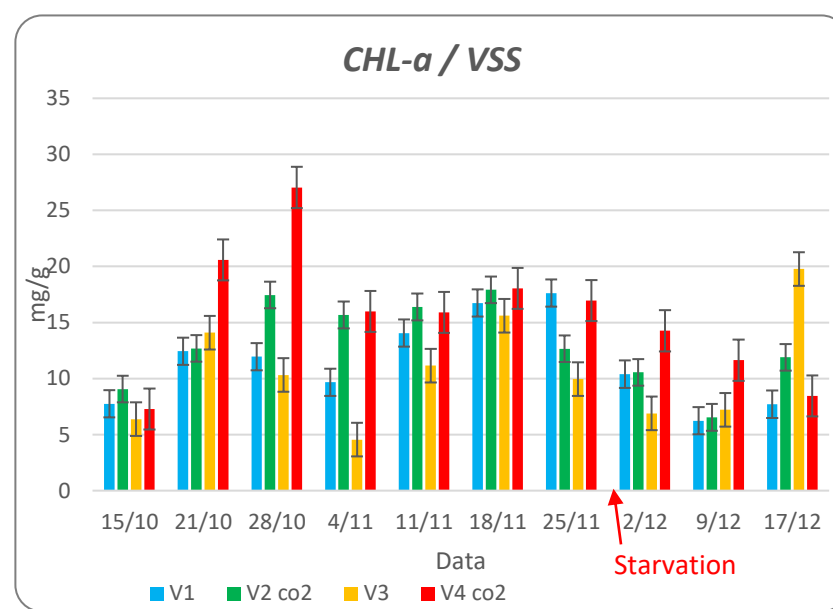
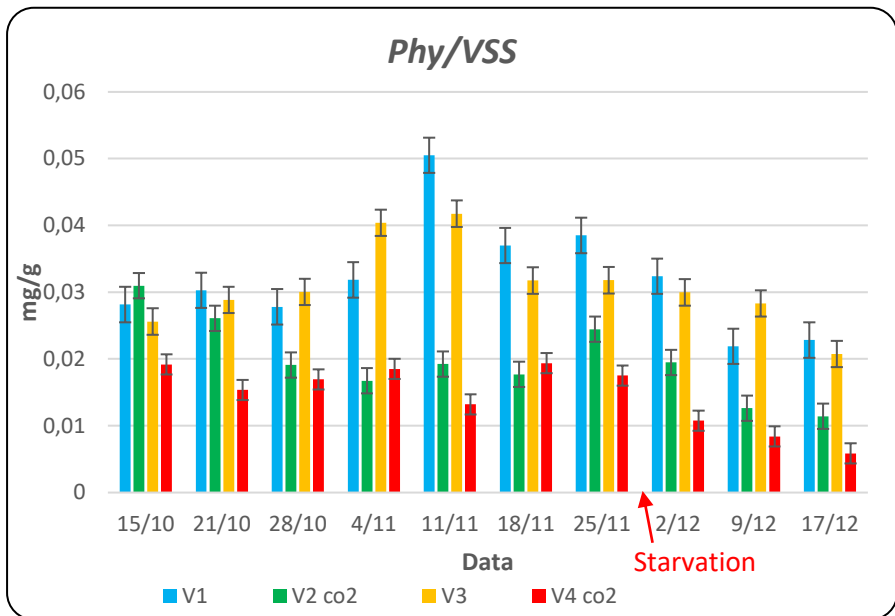


aumento del contenuto in lipidi



Fv/Fm sempre >0.8

# PIGMENTI





Rimozione dell' $N-NH_4$   
praticamente totale.

Con aggiunta di  $CO_2$  le  
microalghe hanno  
assorbito anche  $N-NO_3$ .

Non si è verificata  
nitrificazione

Rimozione di fosforo  
praticamente nulla

Rateo	Continuo		Starvation	
	V1-V3	V2-V4	V1-V3	V2-V4
Prod. TSS (mg/L/giorno)	3,0	5,8	3,0	48,1
Prod.VSS (mg/L/giorno)	2,5	5,0	4,0	46,3
Rim. $N_{tot}$ (mg/L/giorno)	0,3	0,8	0,5	0,2
Rim. $N-NO_3$ (mg/L/giorno)	-0,1	0,0	0,4	0,3
Rim. $N-NO_2$ (mg/L/giorno)	0,4	0,5	0,2	0,0
Rim. $N-NH_4$ (mg/L/giorno)	0,3	0,4	0,1	0,0
Rim. $P_{tot}$ (mg/L/giorno)	0,0	0,0	0,0	0,2

# PROVA A SCALA PILOTA IN CAMPO

Volume : 80 L

HRT= 9.3-14 giorni

Durata =121 giorni (giugno - ottobre 2020)

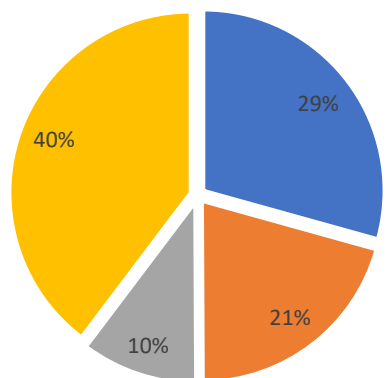
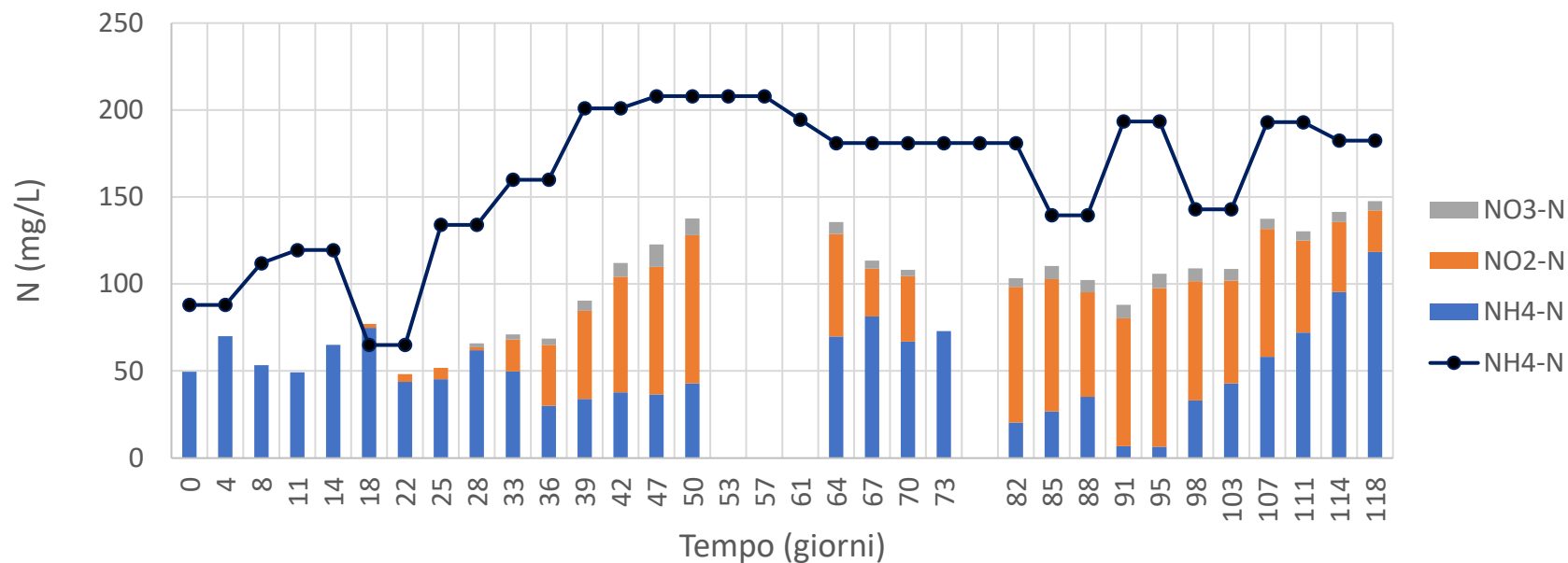
Modalità operativa: semi continuo

CO<sub>2</sub> dosata per 15 min/h durante le ore del giorno

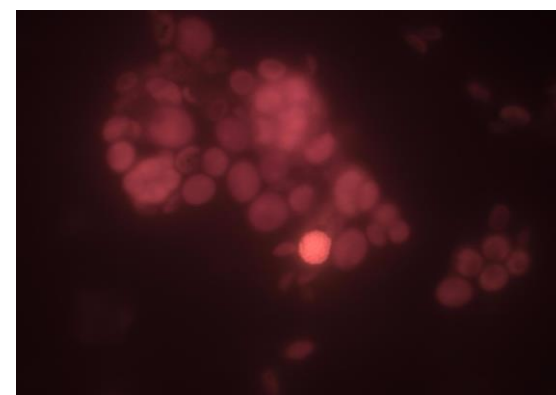
**Microalghe dominanti:**  
*Scenedesmus sp.*,  
*Coelastrella sp.* e  
*Chlorella sp.*



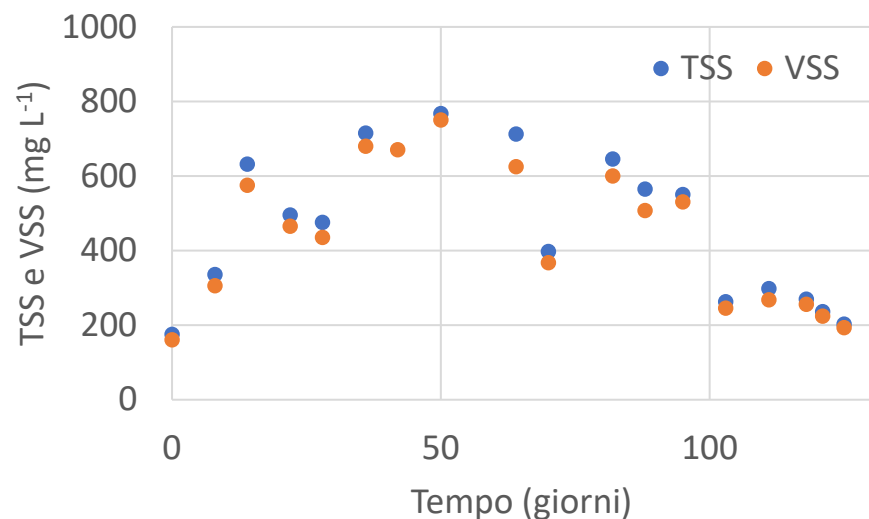
# PROVA A SCALA PILOTA IN CAMPO



**RIMOZIONE MEDIA AZOTO AMMONIACALE**  
 $\eta_{\text{NH}_4\text{-N}} (\%) = 60.3$

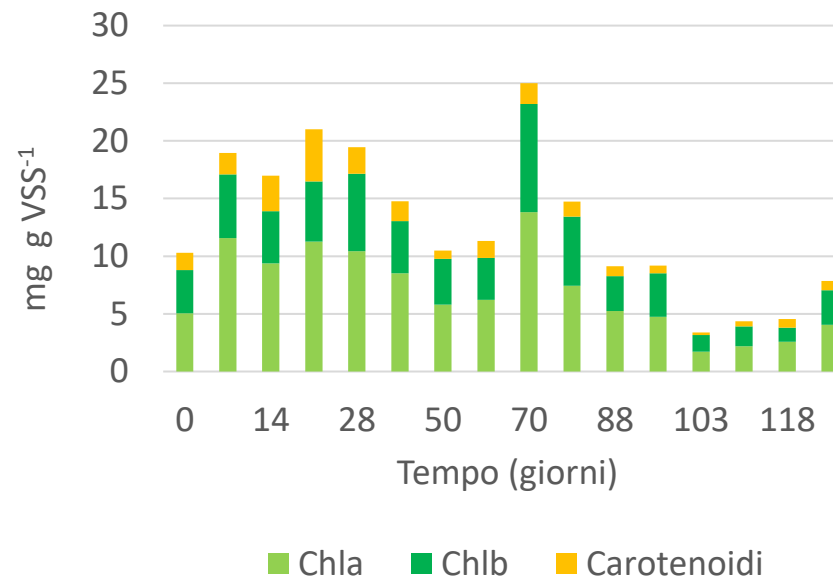


# PROVA A SCALA PILOTA IN CAMPO



## PRODUZIONE DI BIOMASSA ALGALE

$$rTSS \text{ (mg TSS L}^{-1} \text{ d}^{-1}) = 37 \pm 41$$



## CONCENTRAZIONE DI PIGMENTI

**Prodotti circa 400 g SS di biomassa da valorizzare**

# PROVA A SCALA PILOTA IN CAMPO

## Produzione di biometano



	<b>BMP (NmL CH<sub>4</sub>/g<sub>SV</sub>)</b>
<b>Fine agosto</b>	135.5
<b>Fine ottobre</b>	215

# CONCLUSIONI

- Prestazioni confrontabili in scala laboratorio e in scala pilota.
- Importante l'aggiunta di CO<sub>2</sub>
- Rimozione di N e P buona ma non sufficiente per lo scarico.
- Rimozione del colore molto variabile e non sufficiente.
- Frazione di N strippata molto bassa
- Impossibile, in sistemi aperti, controllare la composizione delle popolazioni, a meno di interventi mirati

# CONCLUSIONI

In colonna parziale nitrificazione



minor rimozione di N.

Produzione di pigmenti in tutti i casi soddisfacente (Batch?)

Produzione di biometano discreta



utilizzo in digestione anaerobica



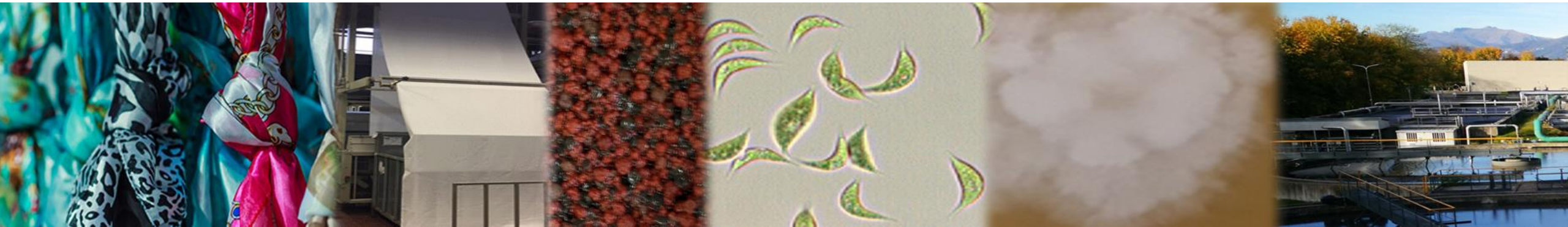
# CONCLUSIONI

Su effluente Anammox ottima rimozione dell'azoto, ma rimozione del colore e del COD non soddisfacenti

Il processo basato sulle microalghe potrebbe essere un utile pre-trattamento, a monte della depurazione che, come si è detto, già oggi avviene a livello centralizzato.

**La sostenibilità della filiera dipende dalla valorizzazione dei pigmenti e della biomassa algale residua**

**THANK YOU FOR YOUR  
KIND ATTENTION**



Partners:

# VALERIA MEZZANOTTE

[valeria.mezzanotte@unimib.it](mailto:valeria.mezzanotte@unimib.it)

[francesca.marazzi@unimib.it](mailto:francesca.marazzi@unimib.it)

Progetto finanziato da:



**POLITECNICO**  
MILANO 1863



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI MILANO

