

*Sessione Tecnica della XXII Conferenza Nazionale sul Compostaggio e la Digestione  
Anaerobica*

# Concentrations of Volatile Fatty Acids in dry Anaerobic Digestion of OFMSW

E. Rossi, I. Pecorini, R. Iannelli, A. Scappini, D. Scamardella, C. Marianelli, F. Piccini, A. Merlini

**ECOMONDO**  
THE GREEN TECHNOLOGY EXPO

## Progetto TAAB

UNIVERSITÀ DI PISA



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DIEF**

DIPARTIMENTO DI  
INGEGNERIA INDUSTRIALE

**Alia** S.P.A.  
SERVIZI AMBIENTALI

**Belvedere** S.P.A.  
Innovazione - progetti - sviluppo

**Elena Rossi, PhD Student**  
DESTEC - Università di Pisa  
e-mail: [elena.rossi@phd.unipi.it](mailto:elena.rossi@phd.unipi.it)

# Sommario

## 1. Introduzione

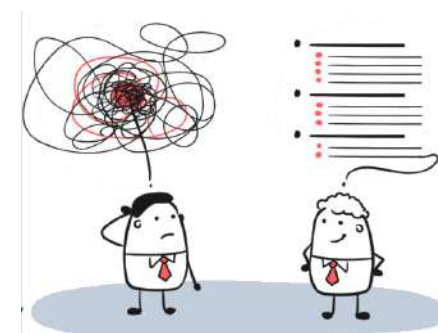
- La digestione anaerobica e gli acidi grassi volatili
- *Research question*
- Il Progetto TAAB

## 2. Materiali and metodi

- Set-up sperimentale
- Scenari di confronto
- Controllo di processo
- Valutazione delle rese di processo

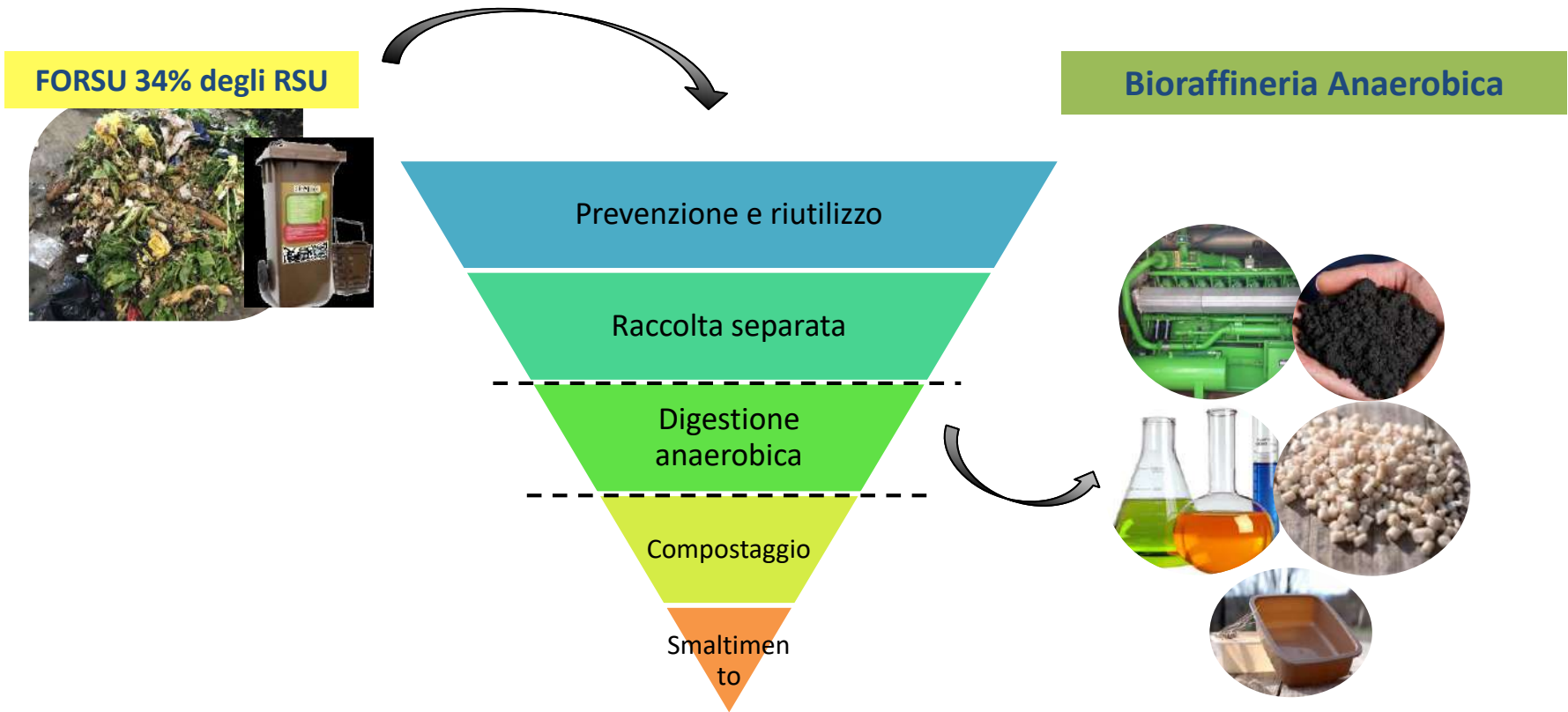
## 3. Risultati e discussione

## 4. Conclusioni e sviluppi futuri



# Introduzione

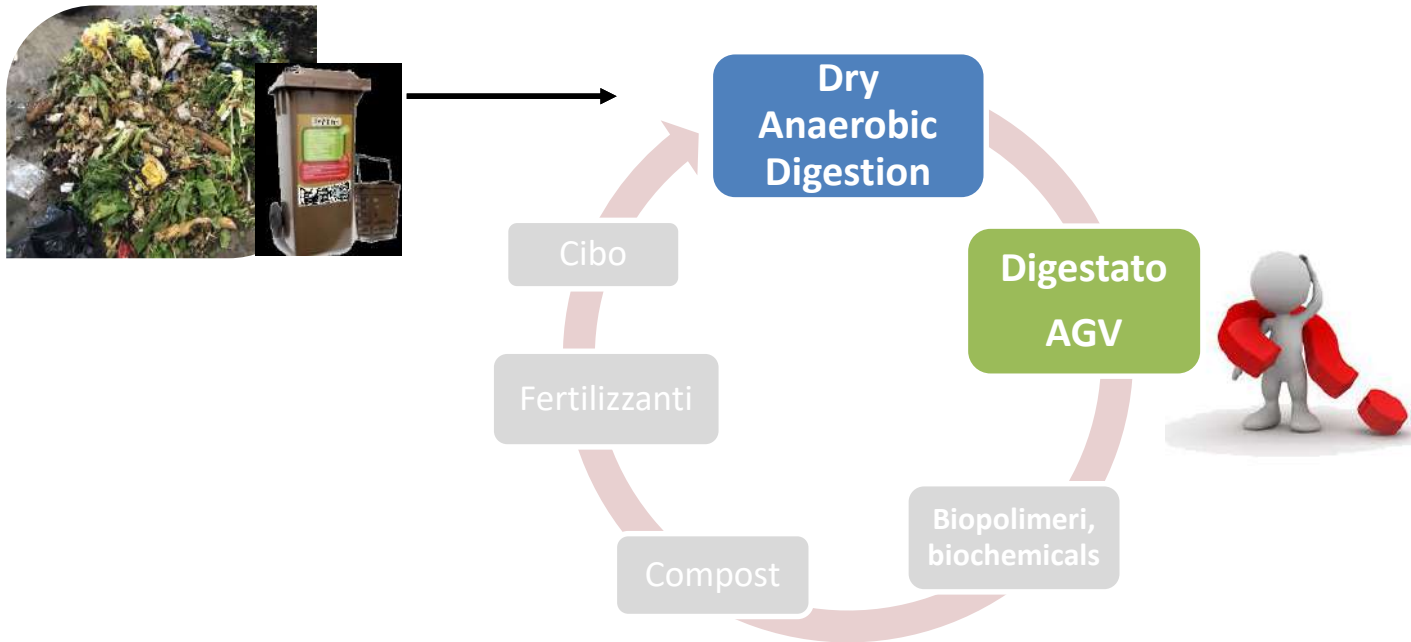
## La digestione anaerobica come Bioraffineria



# Introduzione

## Research question

Qual'è la concentrazione di **acidi grassi volatili (AGV)** rilasciati nel digestato di un reattore **plug-flow** a scala pilota per la digestione anaerobica della FORSU?



# Introduzione

## Progetto TAAB

«*Trasferimento tecnologico di processi Avanzati di digestione Anaerobica nell'ottica del Biorefinery concept*»

### Fase A

Studio e caratterizzazione FORSU, test di laboratorio di produzione di biogas (BMP)

### Fase B

Analisi progettuale del *biorefinery concept*. Sviluppo del layout impiantistico.

### Fase C

Sviluppo a scala pilota di reattore plug flow, allestimento e conduzione attività sperimentali

### Fase D

Sviluppo di modelli per la chiusura dei bilanci di massa e di energia sia qualitativi che quantitativi

# Materiali and metodi

## Fasi della sperimentazione

	HRT [d]	OLR [ $g_{TVS}/l/d$ ]	Lignina [% $_{TVS}$ ]
<b>Reference Scenario – S1</b>	23	7.24	24.4
<b>Scenario Alternativo - S2</b>	14	12.18	
<b>Scenario Alternativo - S3</b>	23	6.33	16.6

- ✓ TS: 33%
- ✓ Volume utile: 28L
- ✓ Termofilia (55°C)
- ✓ R: [-] 0.3

	Gen-20	Feb-20	Mar-20	Apr-20	Mar-20	Giu-20	Lug-20	Ago-20	Set-20	Ott-20	Nov-20	Dic-20
Deg.												
S1		trans	stazionario									
S2					trans	stazionario						
S3								trans	stazionario			



# Materiali and metodi

## Substrato ed inoculo

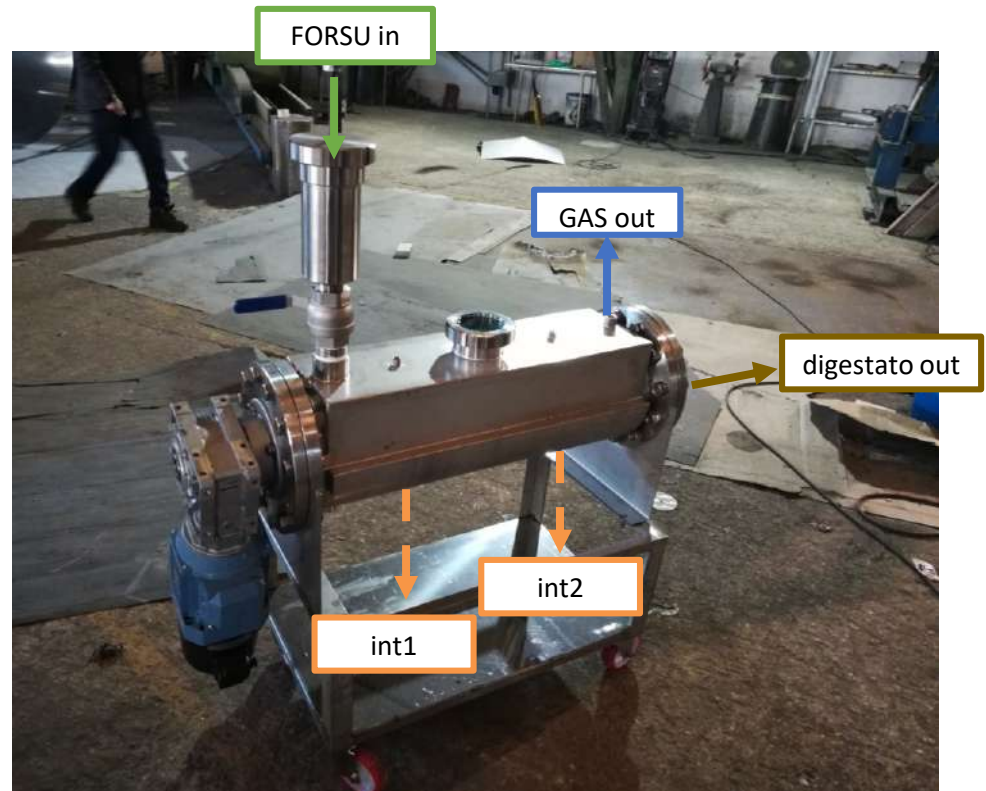
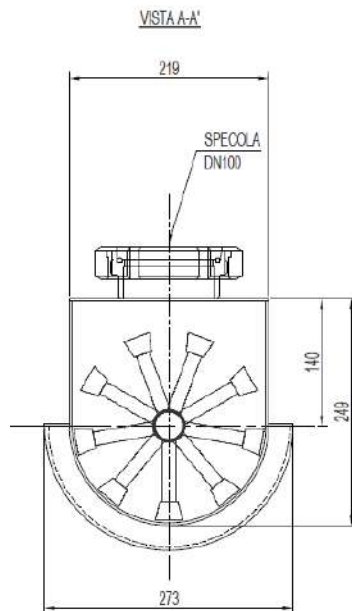
- **FORSU (circuito PaP)**
  - Analisi merceologica
  - Vagliatura a 80 mm
  - Triturazione
  - stoccaggio
- **Sfalci e potature**
  - Triturazione
  - Vagliatura a 10 mm
- **Digestato da reattore termofilo operante con FORSU e sfalci e potature come strutturante**
  - Vagliatura a 20mm per rimuovere le parti grossolane



# Materials and metodi

## Set-up sperimentale

1. Ingresso del substrato
2. Zona centrale: reazioni microbiologiche, miscelazione trasversale del digestato
3. Uscita: biogas e digestato





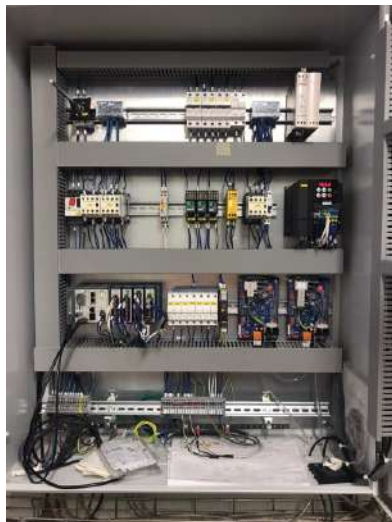
# Materiali and metodi

## Controllo del processo – software acquisizione dati

### Acquisizione dati e controllo

PLC - NI cRIO

cRIO-9030; Controller CompactRIO  
NI-9208. NI-9265. NI-9375



### Biogas

**Produzione**  
Contatore  
volumetrico



**Composizione**  
CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>  
GASCARD NG



### pH e temperatura

n. 2 Sonde Mattler Toledo INPRO  
42811/SG/225 + M300 PROCESS 2-  
CH. 1/4 DIN



### Bagno termostato

FA 90. Falc  
Instruments Srl)



# Materiali and metodi

## Controllo del processo – analisi sperimentali

Campione	Analiti	Intervallo di campionamento
Substrato	Solidi Totali- TS (105°C for 24h)	giornaliero
	Solidi volatili – TVS (550°C for 3h)	
	pH	
	Densità (Baptista. 2009)	mensile
	Biochemical Methane Potential tests (BMP)	
	Caratteristiche fisico-chimiche: C,H, N,O, S, metalli	Ogni HRT
	Caratteristiche bromatologiche: lignina, cellulosa, carboidrati, proteine, oli e grassi	
Biogas	Composizione del biogas(CH <sub>4</sub> . CO <sub>2</sub> )	Continuo
	Produzione del biogas	Continuo
I1	<b>Acidi grassi volatili (AGV)</b>	<b>giornaliero</b>
I2	<b>AGV</b>	<b>giornaliero</b>
OUT	Solidi Totali- TS (105°C for 24h)	giornaliero
	Solidi volatili – TVS (550°C for 3h)	
	Ph	
	BMP	Ogni HRT
	<b>AGV</b>	<b>giornaliero</b>
	Stabilità aerobica - Oxygen Uptake Rate	Ogni HRT
	Caratteristiche fisico-chimiche: C,H, N,O, S, metalli	Ogni HRT
	Caratteristiche bromatologiche: lignina, cellulosa, carboidrati, proteine, oli e grassi	

# Materiali and metodi

## Stabilità del processo

- Concentrazione AGV – Analisi Gas cromatografica
- Oxygen Uptake Rate - UNI EN 16087-1



## Rese di produzione di biogas

- Produzione Specifica di Biogas (SGP)

$$\frac{Q_{biogas}}{g_{TVS}}$$

$$[Nm^{3biogas}/kg_{TVS}]$$

- Produzione di biogas a ton FORSU

$$Q_{biogas}$$

$$[Nm^3/t_{FORSU}]$$

- Efficienza di abbattimento TVS

$$RE_{TVS} = \frac{TVS_{in} - TVS_{out}}{TVS_{in}}$$

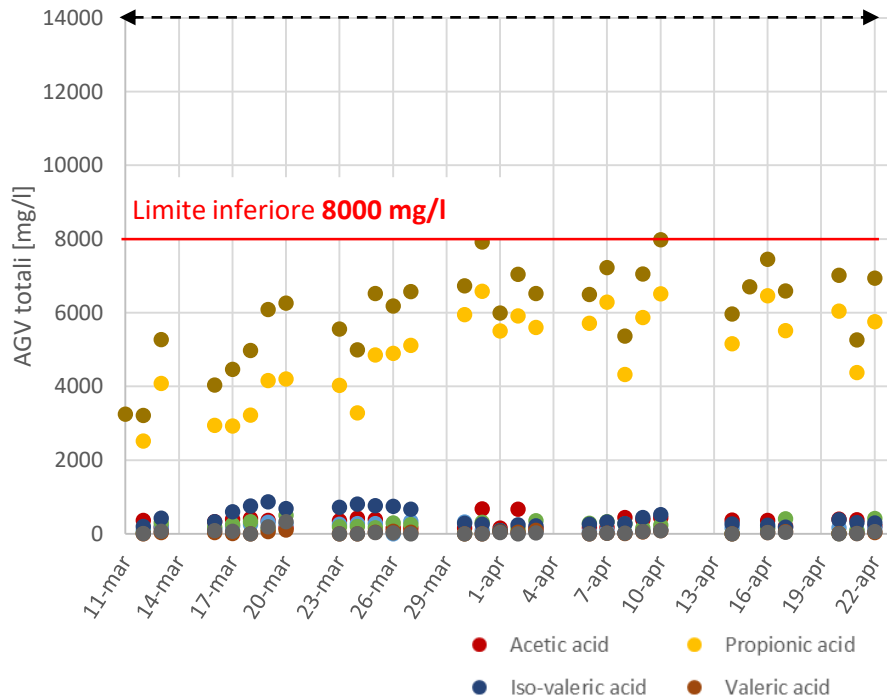
$$[\%]$$



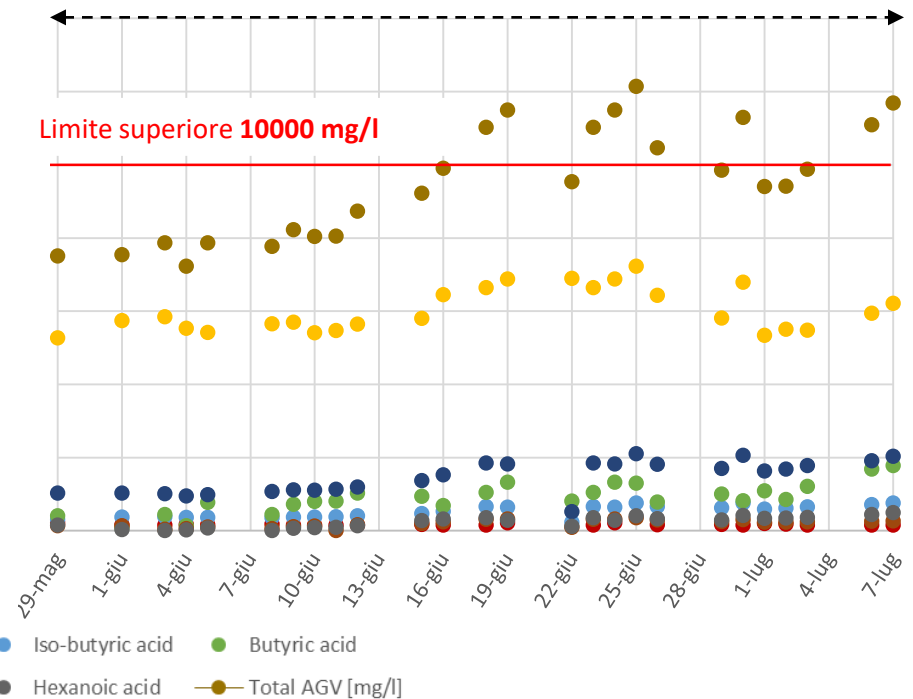
# Risultati e discussione

## Stabilità del processo – Concentrazione AGV digestato in uscita

**S1 – Reference Scenario - Fase Stazionaria**



**S2 – Scenario alternativo - Fase Stazionaria**

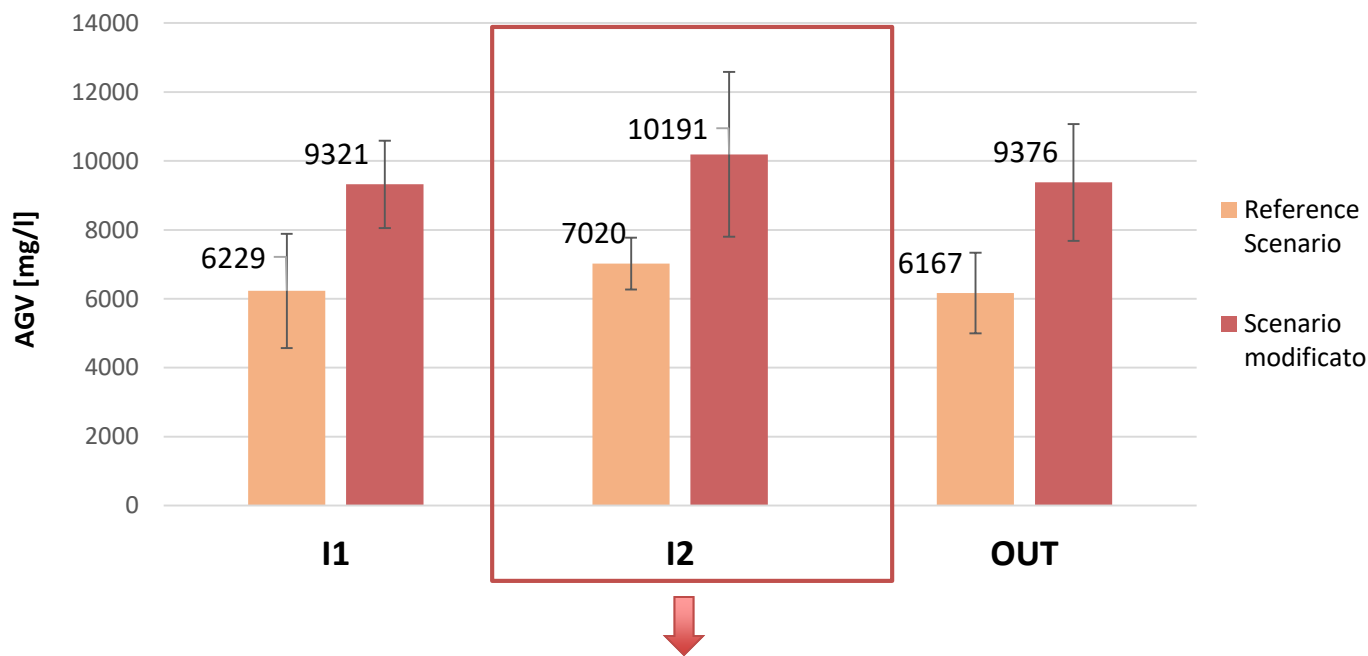


**S1 risulta uno scenario stabile AGV < 8000 mg/l**

**S2 risulta instabile AGV > 10000 mg/l**

# Risultati e discussione

## Stabilità del processo – Concentrazione AGV sezioni intermedie



- Lo scenario modificato S2 mostra le massime concentrazioni di AGV in ogni sezione di campionamento
  - S2 un valore medio di +48.9% della concentrazione di AGV rispetto ad S1
- La Sezione 2 è ottimale per prevedere uno spillamento di digestato nell'ottica di recupero VFA



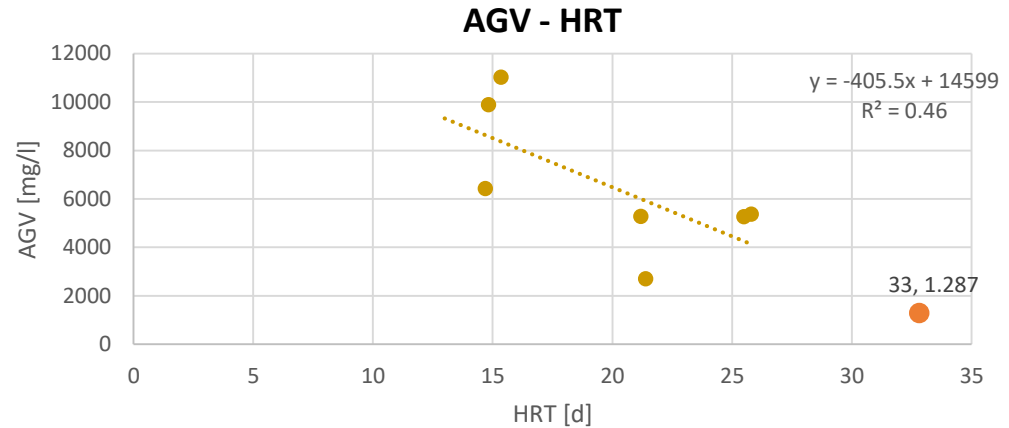
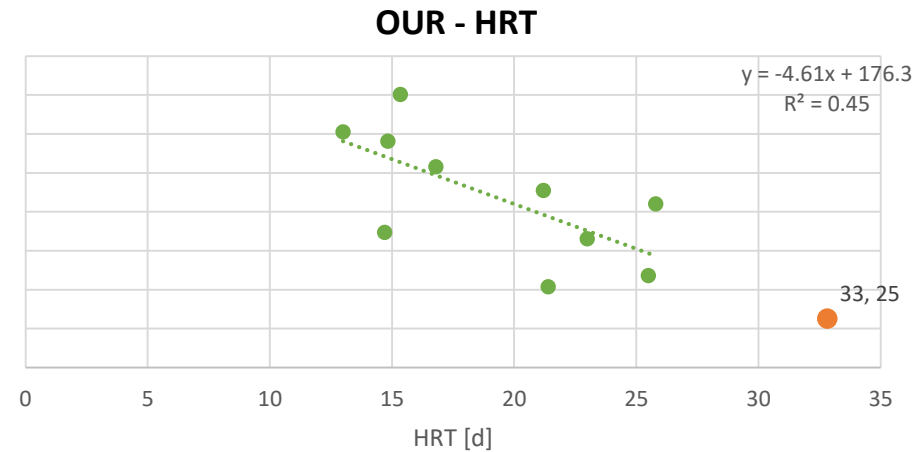
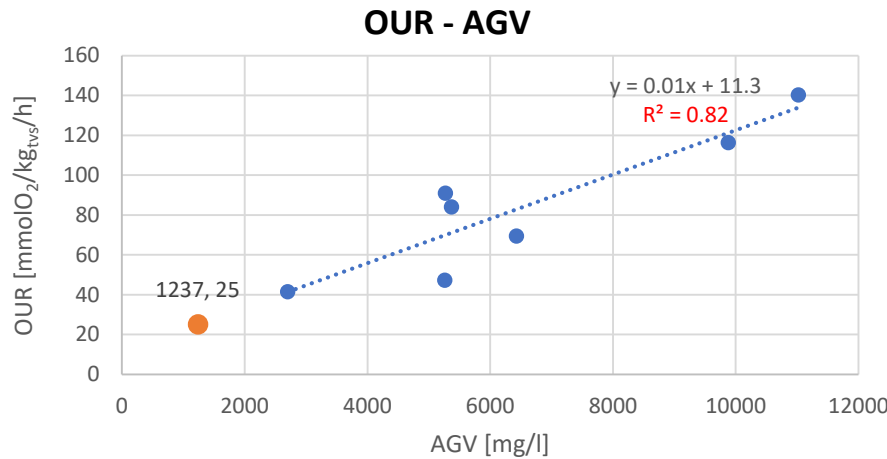
# Risultati e discussione

Autori	Substrato	Digestore	OLR [gTVS/l/d]	T [°C]	AGV [mg/l]	AGV prevalente	Potential biopolimer
<b>Questo studio</b>	OFMSW+GW	PFR	7.24 (S1) 12.1 (S2)	55	6077±1171 9379±1692	Propionate, butyrate, iso-valeric	PHA, PHB, PHV
<b>Jayalakhmi et al., 2009</b>	FW	PFR	-	-	5000°	Acetate, Propionate, butyrate	-
<b>Zeshan et al., 2012</b>	OFMSW	PFR	4		11725	-	-
			10.65		11417	-	-
			4.35	55	9625	-	-
			7.7		7469	-	-
			7.3		6010	-	-
<b>Chinellato et al., 2019</b>	OFMSW	PFR	6.2	38	1956±1210	Acetate, caproic	-
<b>Franke-Whittle et al., 2014</b>	Organic Waste	CSTR	5.2	55	4977.5- 8741.3	acetate and propionate	-
<b>Reddy and Mohan, 2012</b>							
<b>Yin et al., 2016*</b>	Food Waste					acetic, propionic, butyric, valeric acids	PVA, PHA
<b>Shen et al., 2016*</b>							
<b>Tang et al., 2017*</b>							

°maximum U.M. mg/kg, \*Giroto et., al 2017

# Risultati e discussione

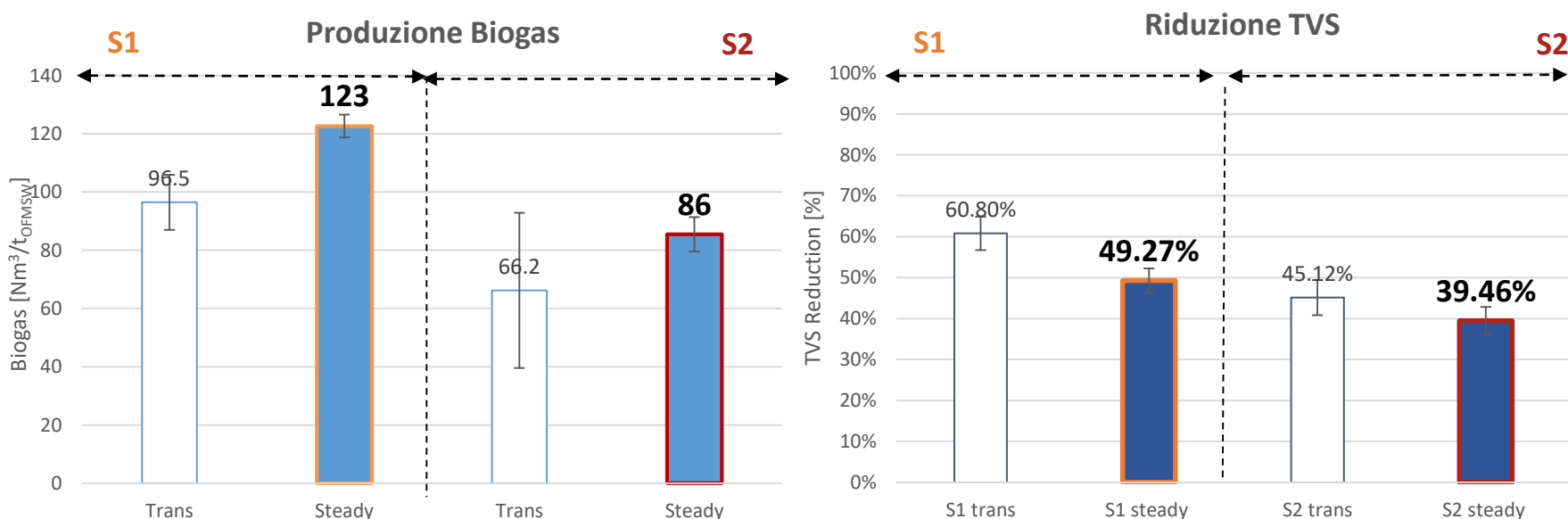
## Stabilità del processo – Oxygen Uptake Rate – Risultati preliminari



- OUR-AGV proporzionalità diretta
- OUR-HRT e AGV-HRT proporzionalità inversa (da confermare con prove in corso)

# Risultati e discussione

## Rese di produzione di biogas



Parametro	S1 – fase staz (09/03-24/04)		S2 – fase staz (29/05-05/07)	
	Media	Dev.st	Media	Dev. st
SGP [Nlbiogas/kg <sub>TVS</sub> ]	267.8	27.2	188.38	20.74
CH <sub>4</sub> [%]	57.1	1.8	54.58	1.8

# Conclusioni

Le prove sperimentali sono state svolte sul reattore pilota per una durata complessiva di **170 giorni** e sono stati confrontati due scenari con HRT 23 giorni (S1) e HRT 14 giorni (S2)

## Concentrazioni di AGV

- S1 è un processo stabile e con concentrazioni medie di AGV nel digestato in uscita inferiori a 8000 mg/l, l'acido propionico è risultato prevalente;
- S2 è risultato un processo instabile con concentrazioni medie superiori a 10000 mg/l nella fase stazionaria;

## Produzioni di biogas

- S1 ha mostrato le massime rese di produzione di biogas con una media di  $122.7 \pm 7.2 \text{ Nm}^3/\text{kg}_{\text{TVS}} \text{ d}$  ed un abbattimento dei TVS medio di  $49.27 \pm 3\%$
- S2 ha riportato una produzione di biogas media di  $85.38 \pm 9.42 \text{ Nm}^3/\text{kg}_{\text{TVS}}$  ed una riduzione media dei TVS di  $39.36 \pm 3\%$

## Sviluppi futuri

- Analizzare i risultati dello scenario 3
- Sviluppare un modello per individuare l'anadamento della concentrazione degli AGV nel reattore plug-flow al fine di individuare il punto in cui spillare digestato per la produzione di PHA



*Sessione Tecnica della XXII Conferenza Nazionale sul Compostaggio e la Digestione Anaerobica*

# Concentrations of Volatile Fatty Acids in dry Anaerobic Digestion of OFMSW

**ECOMONDO**  
THE GREEN TECHNOLOGY EXPO

**Grazie per l'attenzione!**



**Elena Rossi, PhD Student**  
*DESTEC - Università di Pisa*  
e-mail: [elena.rossi@phd.unipi.it](mailto:elena.rossi@phd.unipi.it)