

DIGESTATE STABILITY: COMPARISON BETWEEN ONE-STAGE AND TWO-STAGE ANAEROBIC DIGESTION PROCESS

E. Albini^a, I. Pecorini^b, G. Ferrara^c, G. Galoppi^c

^a PIN S.c.r.l. – Servizi didattici e scientifici per l'Università di Firenze

^b DESTEC – Department of Energy, Systems, Territory and Construction Engineering,
University of Pisa, Largo Lucio Lazzarino, 56122 Pisa, Italy

^c DIEF – Department of Industrial Engineering, University of Florence



Bio2Energy



Regione Toscana



Progetto finanziato con il contributo determinante dell'accordo di programma MIUR-Regione Toscana DGRT 1208/2012- Accordo di programma quadro MIUR-MISE-Regione Toscana DGRT 758/2013 PAR FAS 2007-2013 - Linea d'azione 1.1 Bando per il finanziamento di progetti di ricerca fondamentale, ricerca industriale e sviluppo sperimentale realizzati congiuntamente da imprese e organismi di ricerca in materia di nuove tecnologie del settore energetico, fotonica, ICT, robotica e altre tecnologie abilitanti connesse bando FAR-FAS 2014

Ing. Elena Albini

E-Mail: elena.albini@pin.unifi.it

Web: www.bio2energy.it

Sommario

☐ Introduzione

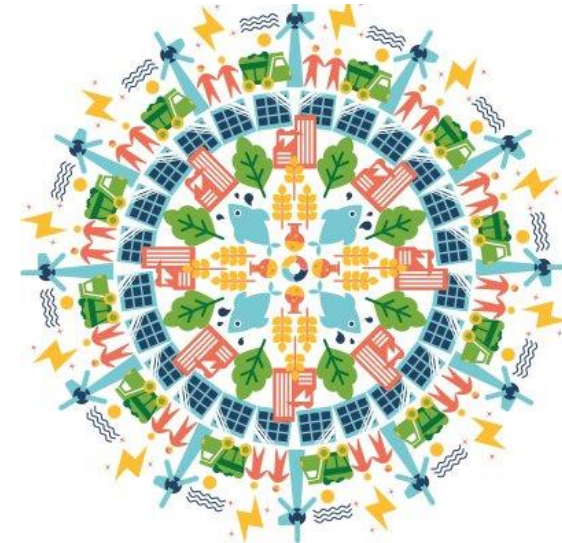
- ❖ *Il problema dei fanghi*
- ❖ *Bioeconomia e Bioraffineria*
- ❖ *Il progetto Bio2Energy: partners di progetto e obiettivi*

☐ I biofertilizzanti in Bio2Energy

☐ Risultati del progetto

- ❖ *Risultati a scala pilota e pre-industriale*
- ❖ *Analisi dei digestati: caratteristiche fertilizzanti e stabilità biologica*

ECOMONDO
THE GREEN TECHNOLOGIES EXPO



Il problema dei fanghi

Il progetto Bio2Energy ha inizio nel 2016 con lo scopo di trovare una soluzione al problema dello smaltimento dei fanghi di depurazione.

Da dicembre 2016 il 100% dei fanghi toscani sono indirizzati al di fuori del territorio regionale (prevalentemente Lombardia)



- ✓ **COSTI SMALTIMENTO**
- ✓ **IMPATTI AMBIENTALI**
(trasporti extra-regionali)

- Scarse possibilità di recupero in agricoltura
- Pochi impianti di incenerimento
- Difficoltà per lo smaltimento in discarica



Bio2Energy

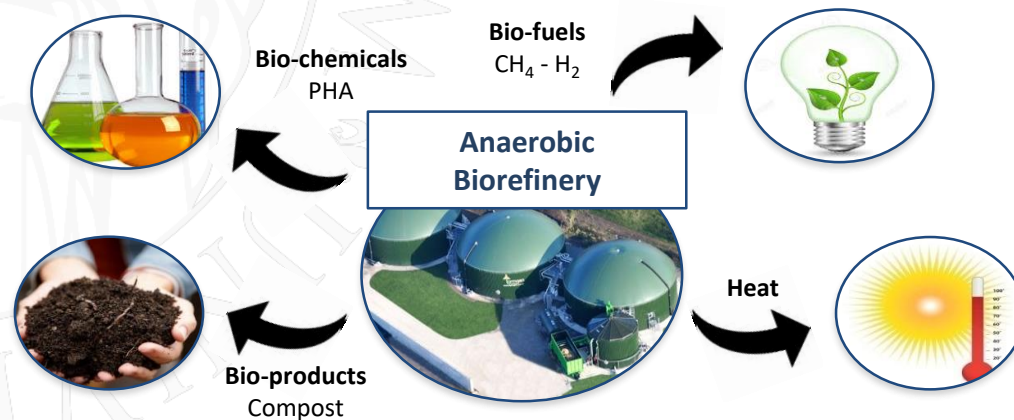
**Recupero dei fanghi di depurazione
attraverso la produzione di
AMMENDANTE MISTO CON
FANGHI (ACF)**

Bioeconomia e Bioraffinerie

L'emblema industriale che determina la transizione della società verso uno sviluppo sostenibile basato sulla **bioeconomia** è rappresentato dalla **bioraffineria integrata**, dove la sorgente fossile è sostituita da una matrice organica rinnovabile e i rifiuti o sottoprodotti di un'industria diventano risorse per un'altra.

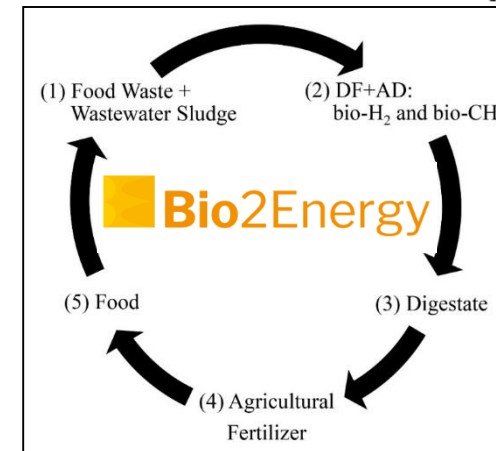
Il progetto Bio2Energy rispetta i principi di base della **bio-based industry** utilizzando **FORSU e FANGHI (bio-waste)** per ottenere:

- ❖ **BIO-MATERIALI – BIOFERTILIZZANTI ORGANICI**: digestato (output finale del processo di digestione) ricco di nutrienti (N e C) grazie ad una giusta miscelazione FORSU e FANGHI – FONTE DI FERTILIZZANTI e RICICLO DEI NUTRIENTI
- ❖ **BIO-ENERGIA – BIO-COMBUSTIBILI GASSOSI**: bio-idrogeno (da DF) e bio-metano (da AD) con contenuto energetico maggiore rispetto allo scenario attuale – ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI
- ❖ **BIO-PRODOTTI - BIO-POLIMERI**: PHA precursori delle bio-plastiche



Obiettivi del progetto

- ✓ **Recupero di materia attraverso la produzione di biofertilizzanti organici.** Il **digestato** ottenuto dalla produzione di biocombustibili è fonte di C, N e altri nutrienti che possono sostituire i fertilizzanti chimici convenzionali;
- ✓ **Miglioramento dell'efficienza degli impianti di pubblica utilità attraverso una gestione sinergica di fanghi di depurazione e FORSU - co-digestione anaerobica di FANGHI e FORSU;**
- ✓ **Aumentare la produzione di energia rinnovabile in Toscana, in particolare quella di biocombustibili da rifiuti organici - produzione di bio-idrogeno e bio-metano;**
- ✓ **Applicare per la prima volta il processo di produzione di bio-idrogeno e bio-metano a scala preindustriale;**
- ✓ **Attuare il Piano d'Azione dell'Unione Europea per l'economia circolare.** In particolare, le azioni del progetto promuovono l'applicazione della **Direttiva Quadro sui Rifiuti 2008/98/CE in termini di recupero e smaltimento.** Il recupero è assicurato incoraggiando la produzione di digestato di alta qualità dalla RD di FORSU e il recupero di energia dai combustibili derivati.



Partners del progetto

Il progetto co-finanziato dalla Regione Toscana è partito nel 2016.

Budget: 3.012.000 euro



Regione Toscana



FAS
Fondo Aree
Sottoutilizzate
2007-2013



REPUBBLICA ITALIANA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIEF
DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA INDUSTRIALE



PIN

POLO
UNIVERSITARIO
CITTÀ DI PRATO

SERVIZI DIDATTICI
E SCIENTIFICI
PER L'UNIVERSITÀ
DI FIRENZE



I biofertilizzanti in Bio2Energy

Uno degli obiettivi del progetto è la caratterizzazione dei prodotti di processo e la valutazione e lo studio dei fertilizzanti. **Alia S.p.A.** ha un'esperienza ventennale sulla produzione di ammendanti compostati misti ACM, compostati verdi e semplici AVM e AVS e della loro collocazione sul mercato tramite l'azienda partecipata **Valcofert S.r.l.** (sub-contraente del Progetto Bio2Energy).

Alia
SERVIZI AMBIENTALI



VALCOFERT



Attività:

- ✓ **Analisi dei digestati prodotti;**
- ✓ **Analisi delle proprietà ammendanti e fertilizzanti;**
- ✓ **Analisi della stabilità biologica.**



Finalità:

- ✓ **Determinare il valore agronomico di tale prodotto sia come digestato tal quale che in miscela con l'ammendante compostato - AMMENDANTE COMPOSTATO CON FANGHI (ACF)**

Quadro normativo sui fertilizzanti organici

FERTILIZZANTI NAZIONALI

D.Lgs. 75/2010

Disciplina tutte le categorie di fertilizzanti ma solo a livello nazionale

CONCIMI CE

Regolamento CE 2003/2003

Disciplina solo i concimi

NUOVO REGOLAMENTO UE dei fertilizzanti

Disciplina tutte le categorie di fertilizzanti a livello UE

Motivi della proposta:

- ✓ i prodotti fertilizzanti innovativi (contenenti nutrienti o materia organica riciclati da rifiuti organici) hanno difficoltà ad accedere al mercato interno a causa dell'esistenza di regole e norme nazionali divergenti;
- ✓ circa il **50% dei concimi attualmente sul mercato è escluso dall'ambito di applicazione del regolamento in vigore sui concimi**. Ciò vale per alcuni concimi inorganici e per quasi tutti i concimi prodotti a partire da materiali organici.



Obiettivo:

Incentivare la produzione su larga scala nell'UE di concimi ottenuti da materie prime nazionali, organiche o secondarie, conformemente al modello di economia circolare, mediante la trasformazione dei rifiuti in nutrienti per le colture.

Quadro normativo sui fertilizzanti organici

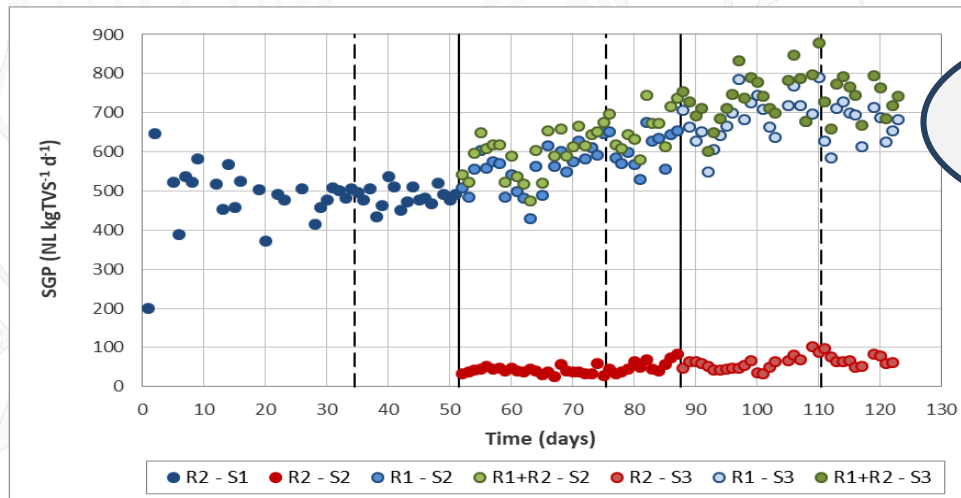
Categorie di materiali costituenti («CMC»):

- **CMC 3 – Compost:** prodotto fertilizzante recante la marcatura CE può contenere compost ottenuto attraverso **compostaggio aerobico**
- **CMC 5 - Digestato diverso da quello di colture energetiche:** prodotto fertilizzante recante la marcatura CE può contenere digestato ottenuto attraverso **digestione anaerobica** solo ed esclusivamente di uno o più dei seguenti materiali in entrata:
 - (a) **i rifiuti organici ai sensi della direttiva 2008/98/CE, derivanti da raccolta differenziata alla fonte;**
 - (b) i sottoprodotti di origine animale delle categorie 2 e 3 a norma del regolamento (CE) n. 1069/2009;
 - (c) gli organismi viventi o morti o parti di essi, non lavorati o lavorati esclusivamente con mezzi manuali, meccanici o gravitazionali...(ecc.), ad eccezione di:
 - ✓ FO dei rifiuti domestici urbani misti, separata mediante trattamento meccanico, fisico-chimico, biologico e/o manuale,
 - ✓ dei fanghi di depurazione, dei fanghi industriali o dei fanghi di dragaggio,
 - ✓ dei sottoprodotti di origine animale della categoria 1 a norma del regolamento (CE) n. 1069/2009;

Categorie Funzionali del Prodotto		Umidità (%)	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
CONCIME ORGANICO	C. O. SOLIDO	<60	>15	2,5	2	2
	C. O. LIQUIDO	>60	>5	2	1	2
CONCIME ORGANO MINERALE	C. O. SOLIDO	<40	>7,5	2,5	2	2
	C. O. LIQUIDO	>40	>3	2	2	2
AMMENDANTE	A. ORGANICO	<60	>7,5	-	-	-

Risultati su scala pilota e pre-industriale

- ❑ Miglioramento del processo di digestione anaerobica utilizzando un processo a due fasi (DF+DA);
- ❑ Migliore idrolisi dei substrati durante la dark fermentation, riduzione dei tempi di ritenzione idraulica e maggiore rimozione di solidi volatili;
- ❑ **La co-digestione di fanghi e FORSU in un processo a due stadi ha mostrato delle performance migliori in termini di produzione di biogas, qualità del biogas e rimozione dei solidi volatili**



Aumento della rimozione dei solidi volatili del 9%

Flusso biogas ricco di H₂ nel reattore di DF

Aumento del 26% della produzione di biogas

Contenuto medio di CH₄ da circa il 61% nel processo tradizionale al 70% nel processo a due fasi

RESEARCH QUESTION?

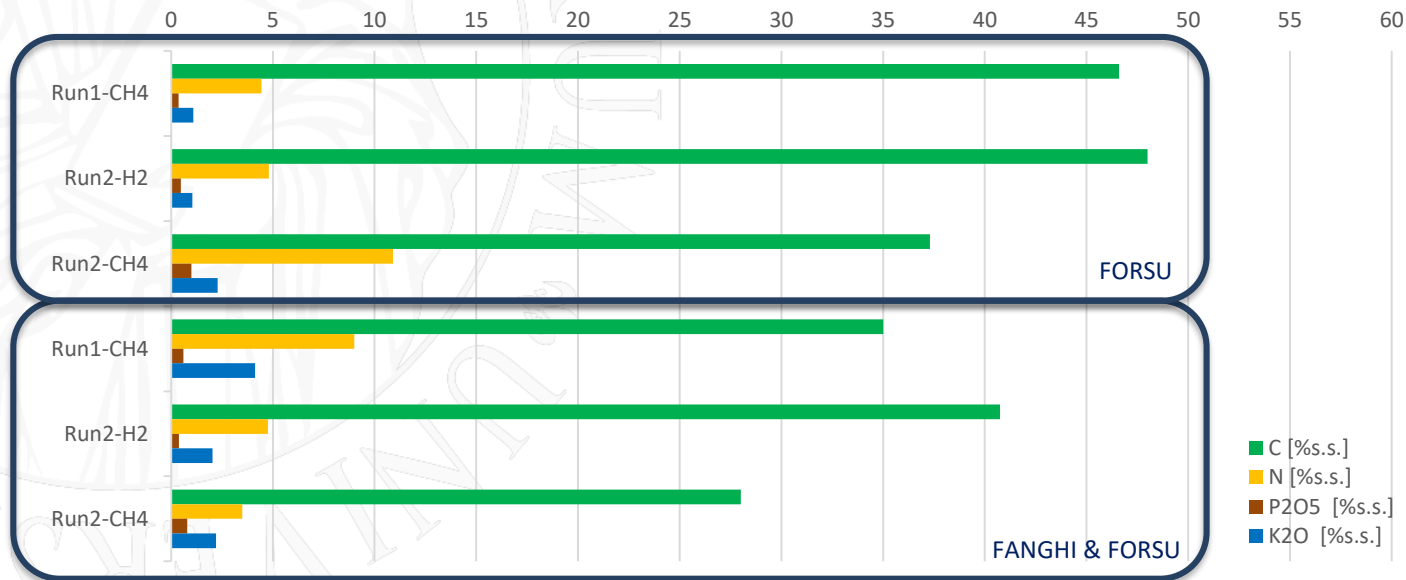
- ***Il digestato ottenuto dalla co-digestione anaerobica può sostituire i fertilizzanti chimici convenzionali?***
- ***«La Digestione Anaerobica può costituire un processo per la cessazione di qualifica di rifiuto (End of Waste)?»***



Analisi dei digestati

Caratteristiche dei digestati – Proprietà ammendanti e fertilizzanti

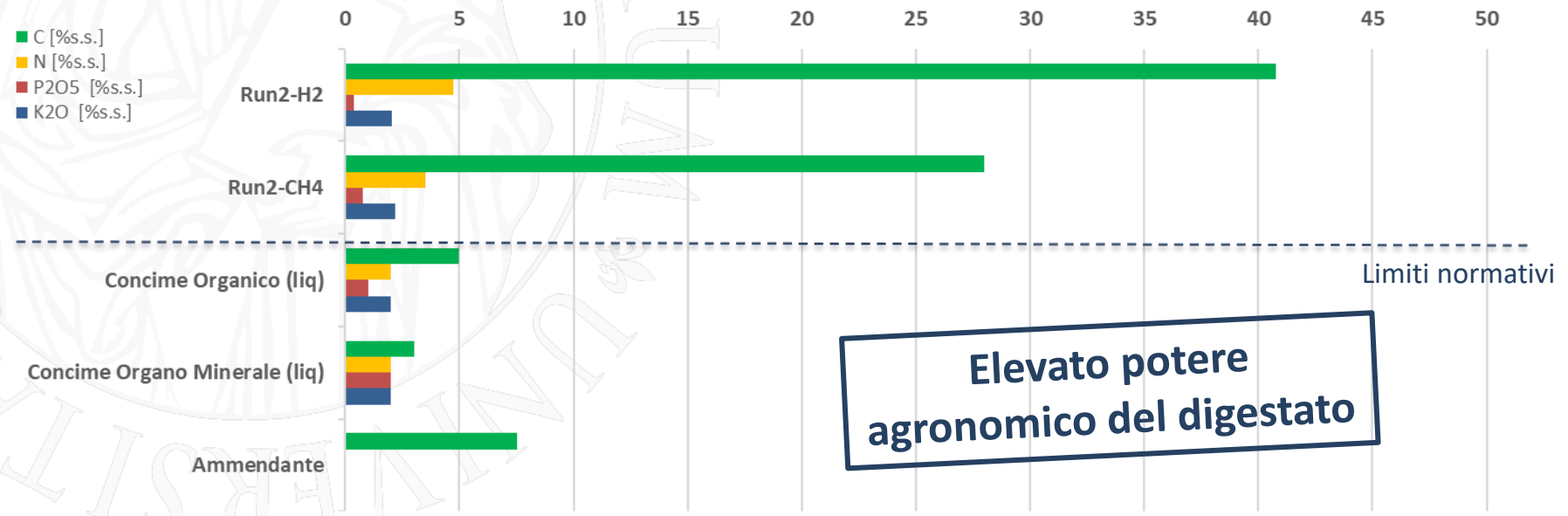
	Umidità (%)	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ espresso in P (%)	K ₂ O espresso in K (%)	
FORSU	RUN 1 - Reattore CH ₄	96,0	46,6	4,4	0,4	1,1
	RUN 2- Reattore H ₂	96,0	48,0	4,8	0,5	1,0
	RUN 2 - Reattore CH ₄	98,0	37,3	10,9	1,0	2,3
FANGHI & FORSU	RUN 1 - Reattore CH ₄	98,0	35,0	9,0	0,6	4,1
	RUN 2- Reattore H ₂	96,0	40,8	4,8	0,4	2,0
	RUN 2 - Reattore CH ₄	98,0	28,0	3,5	0,8	2,2



Analisi dei digestati

Caratteristiche dei digestati – Proprietà ammendanti e fertilizzanti

	Umidità (%)	C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ espresso in P (%)	K ₂ O espresso in K (%)	
FANGHI & FORSU	RUN 2- Reattore H2	96,0	40,8	4,8	0,4	2,0
	RUN 2 - Reattore CH4	98,0	28,0	3,5	0,8	2,2
CFP	Concime Organico (liquido)	>60	>5	2	1	2
	Concime Organico Minerale (liquido)	>40	>3	2	2	2
	Ammendante	<60	>7,5	-	-	-



Elevato potere agronomico del digestato

Analisi dei digestati

Analisi della stabilità biologica dei digestati tal quali e in miscela con ACV e/o ACM

Indice Respirometrico Dinamico (IRD)

Tipo Test: Dinamico

Stato campione: Solido

Peso: da pochi grammi fino a scala industriale

Umidità: normalizzazione a 750 g/kg CIM

Temperatura: processo

Durata prova: da 2 a 4 giorni

Adani et al., 2001

**Ammendante
compostato con
fanghi - ACF**



Specific Oxygen Uptake Rate (SOUR)

Tipo Test: Statico

Stato campione: Liquido

Peso: 3 - 8 grammi

Umidità: in sospensione

Temperatura: 30° C

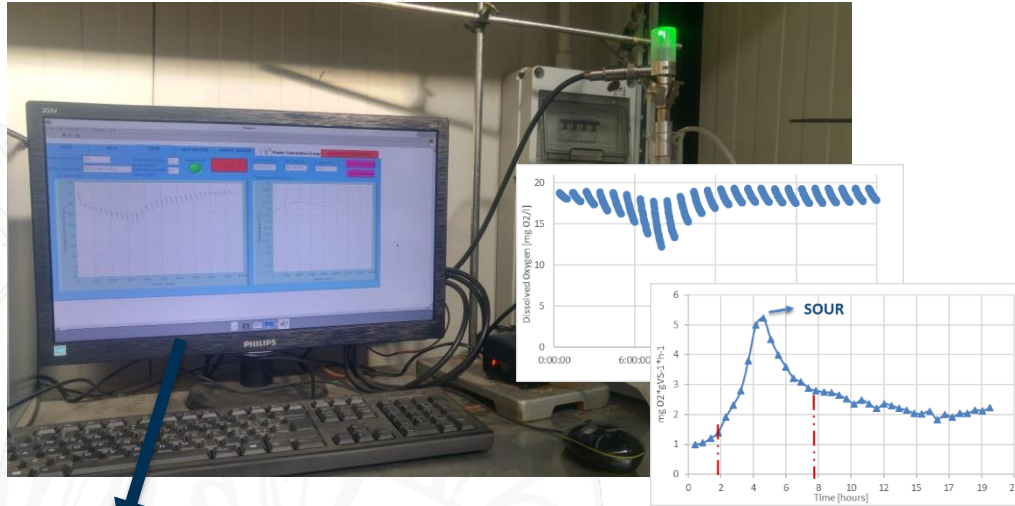
Durata prova: 20 h

Scaglia et al., 2007

DIGESTATO



Specific Oxygen Uptake Rate (SOUR)



Sistema di acquisizione dati National Instruments che misura la concentrazione di DO, la temperatura della biomassa e garantisce un'aerazione ciclica della miscela con regolazione dell'accensione della pompa

Sonda per la misura dell'Ossigeno Dissolto con misura integrata della temperatura della soluzione

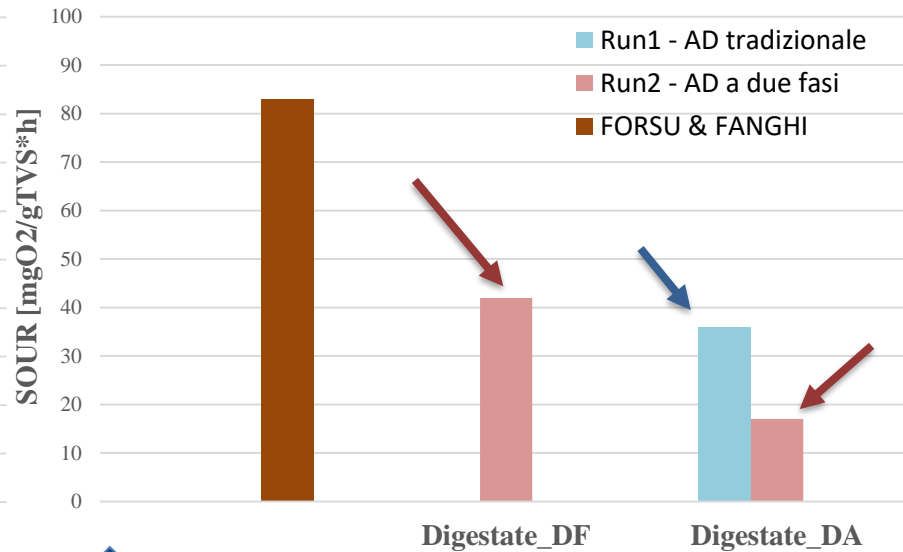
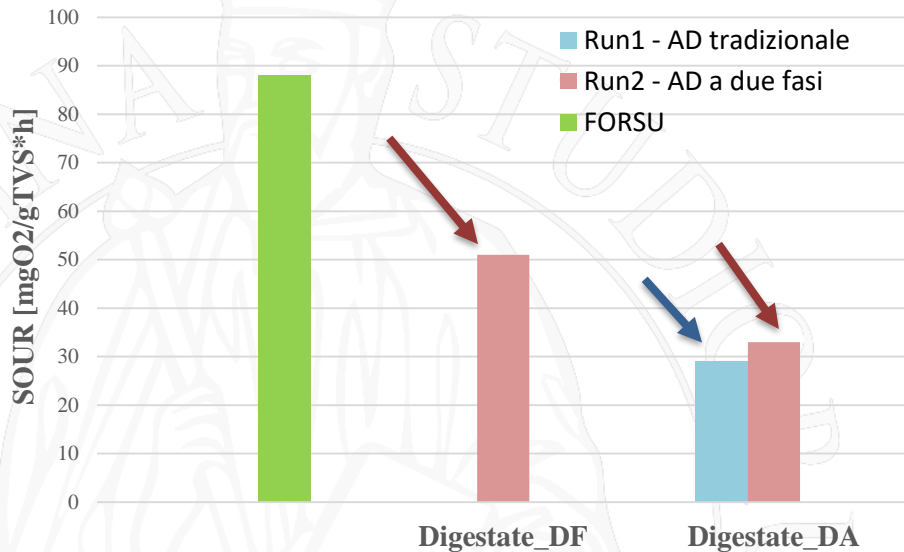
Pompa ad aria necessaria per l'aerazione del materiale. La pompa è temporizzata dal software di controllo per garantire un'aerazione ciclica di 15 minuti.

La diffusione dell'aria nella soluzione è garantita per mezzo di una pietra porosa

Agitatore magnetico con possibilità di regolazione della velocità di rotazione e della temperatura del piatto



Analisi della stabilità – Risultati preliminari



SOUR [mgO2/gTVS*h]

FORSU	FORSU	88
	<i>RUN 1- Reattore CH4</i>	29
	<i>RUN 2 -Reattore H2</i>	51
	<i>RUN 2 - Reattore CH4</i>	33
FANGHI & FORSU	FANGHI & FORSU	83
	<i>RUN 1- Reattore CH4</i>	36
	<i>RUN 2 -Reattore H2</i>	42
	<i>RUN 2 - Reattore CH4</i>	17

Run 1 – Digestione anaerobica tradizionale (una fase)

Run 2 – Digestione anaerobica multifase (due fasi)

...maggiore stabilità del digestato nella co-digestione a due fasi.

Sviluppi futuri

VALCOFERT

□ Attività sperimentale presso Valcofert

- Prove di Recupero della sostanza organica attraverso la produzione di **Ammendanti Misti con Fanghi** ai sensi D.Lgs. 75/2010, composti da Digestato dall'impianto sperimentale di Sea Risorse S.p.A. e Ammendante Verde Compostato o Semplice, e/o Ammendante Misto Compostato;
- Campi di Prova in Azienda Agricola pilota per testarne l'utilizzo in agricoltura

□ Ulteriori attività sperimentale:

- Prove in vaso per testare il potere agronomico dell'ACF;
- Analisi delle caratteristiche dell'ACF e della stabilità del materiale





GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

info@bio2energy.it
www.bio2energy.it



PIN

POLO
UNIVERSITARIO
CITTÀ DI PRATO

SERVIZI DIDATTICI
E SCIENTIFICI
PER L'UNIVERSITÀ
DI FIRENZE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIEF
DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA INDUSTRIALE



Regione Toscana



FAS
Fondo Aree
Sottoutilizzate
2007-2013



REPUBBLICA ITALIANA

Progetto finanziato con il contributo determinante dell'accordo di programma MIUR-Regione Toscana DGRT 1208/2012- Accordo di programma quadro MIUR-MISE-Regione Toscana DGRT 758/2013 PAR FAS 2007-2013 - Linea d'azione 1.1 Bando per il finanziamento di progetti di ricerca fondamentale, ricerca industriale e sviluppo sperimentale realizzati congiuntamente da imprese e organismi di ricerca in materia di nuove tecnologie del settore energetico, fotonica, ICT, robotica e altre tecnologie abilitanti connesse bando FAR-FAS 2014