



# SISTEMI AVANZATI PER IL RECUPERO DEI RIFIUTI

PROGETTO SARR cofinanziato dalla Regione del  
Veneto nell'ambito del POR FESR 2014-2020  
Azione 1.1.4

## REPORT FINALE DEL PROGETTO SARR

SARR ha l'obiettivo generale di realizzare una piattaforma collaborativa fondativa per lo sviluppo del programma della Rete Innovativa Regionale Veneto Green Cluster. Il progetto intende dimostrare l'ampiezza degli ambiti di ricerca e innovazione perseguibili dalla rete, grazie alla realizzazione di sottoprogetti di R&S, concreti e industrializzabili, caratterizzati dalla collaborazione tra Imprese e Organismi di ricerca.

## SOTTOPROGETTO - AZIONE 2.3

Valorizzazione FORSU per impianto integrato "biogas e alghe"

## 1. Descrizione degli obiettivi di progetto

Il progetto ha studiato la possibilità di valorizzare la FORSU a Km zero, ossia raccolta nell'ambito di utenze di piccole dimensioni (paesi o quartieri) attraverso un impianto di digestione anaerobica di nuova realizzazione caratterizzato dalle dimensioni compatte. In particolare, l'impianto è stato dimensionato per servire un'utenza di circa 2000-2500 abitanti. In aggiunta, il progetto ha valutato anche la possibilità di a) ottenere intermedi di reazione di interesse commerciale (acidi grassi volatili) attraverso il processo di digestione anaerobica a due fasi; b) di sfruttare i flussi secondari del processo di digestione anaerobica (digestato liquido e fumi di combustione prodotti dal cogeneratore) per la produzione di microalghe, allo scopo di valorizzare tali sottoprodotti.



*Minidigestore utilizzato nella sperimentazione realizzato da Berica Impianti Energia srl*

## 2. Modalità di attuazione della ricerca

Berica Impianti Energia srl ha progettato il minidigestore per la cui sperimentazione hanno collaborato:

- il Laboratorio di Ingegneria Chimica e dei Bio-processi, operante in seno al Dipartimento di Biotecnologie dell'Università di Verona (UNIVR) è stato il supporto all'avviamento dell'impianto dimostrativo di digestione anaerobica per la produzione di biogas a partire dalla Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani (FORSU) da raccolta differenziata realizzato da Berica Impianti. L'impianto ha trattato circa 1 tonnellata di FORSU al giorno. Una volta raggiunte le condizioni stazionarie, Labicab ha monitorato il sistema attraverso la conduzione di analisi chimico/fisiche dei flussi in entrata e in uscita dal digestore.
- L'università Ca' Foscari di Venezia ha inoltre valutato le migliori condizioni operative per l'ottimizzazione di Acidi Grassi Volatili, intermediari biologici usati nella produzione di diversi biomateriali ad alto valore aggiunto, quali le bioplastiche, e di biocombustibili. La produzione di Acidi Grassi Volatili è stata condotta attraverso digestione anaerobica in due stadi, che prevede la separazione della fase acidogenica per la produzione di Acidi Grassi Volatili, da quella metanigena per la produzione di metano.
- Il Centro Levi Cases dell'Università di Padova ha condotto lo studio relativo alla coltivazione di microalghe, effettuato mediante un fotobioreattore pilota affiancato all'impianto di digestione anaerobica, e alimentato dal digestato liquido e, in un secondo momento, dai fumi di combustione da esso prodotti.

### 3. Risultati ottenuti

La sperimentazione sull'impianto pilota ha dimostrato le buone performance della digestione anaerobica da FORSU. La produzione di biogas è stata di circa 25mc al giorno con un contenuto di metano di circa il 60% in volume, sviluppando una potenza di circa 6,4 kWe. Il grande vantaggio dell'impianto pilota è rappresentato dalla sua compattezza, che lo rende facilmente trasportabile in prossimità di piccoli centri urbani (o presso allevamenti zootecnici di piccola/media entità), per una gestione e valorizzazione locale dei rifiuti in biogas tramite digestione anaerobica. L'innovazione del progetto, pertanto, consiste proprio nell'evitare il trasporto dei rifiuti, prodotti nei piccoli centri urbani, verso l'impianto full scale di digestione anaerobica più vicino.

La produzione di intermedi di reazione come gli acidi grassi volatili (VFA) è stata ottimizzata in un processo di digestione anaerobica a due fasi, ovvero isolando lo stadio di fermentazione acidogenica da quello di metanazione. Gli elevati rendimenti ottenuti in termini di VFA prodotti a partire da FORSU gettano le basi per nuove possibili sperimentazioni maggiormente focalizzate sulla produzione di questi intermedi ad elevato valore di mercato.

La sperimentazione relativa alla coltivazione di microalghe ha dimostrato la possibilità di produrre biomassa utilizzando la frazione liquida del digestato e la CO<sub>2</sub> contenuta nei fumi prodotti dal cogeneratore, pur evidenziando i limiti legati alla torbidità del substrato, che necessita pertanto una chiarificazione/diluizione. La produttività ottenuta è risultata compresa tra 7-12 g per metro quadro al giorno, associata ad una parziale rimozione di nutrienti (azoto e fosforo) dal digestato. La biomassa prodotta potrebbe trovare impiego come biofertilizzante, oppure essere riciclata al digestore per aumentarne la resa metanigena. Tali applicazioni potrebbero quindi costituire l'oggetto di un nuovo studio.



*Crescita microalgale nel raceway*

#### 3.1 Nuove conoscenze acquisite

1. L'ottimizzazione della digestione anaerobica della FORSU ha permesso di individuare le migliori condizioni operative per la produzione di un biogas ricco in metano in un impianto dimostrativo.
2. La digestione anaerobica a due fasi a partire da FORSU può consentire di ottenere un biogas ricco in metano oltre ad un residuo liquido di alto valore aggiunto particolarmente ricco in VFA, intermedi di reazione utilizzabili nell'industria chimica di sintesi, e che ad oggi sono ottenuti da fonti fossili.
3. La possibilità di accoppiare un fotobioreattore per la produzione di biomassa microalgale al digestore anaerobico, sfruttando i sottoprodotti di quest'ultimo come fonte di nutrienti e CO<sub>2</sub> per la crescita dei microrganismi.

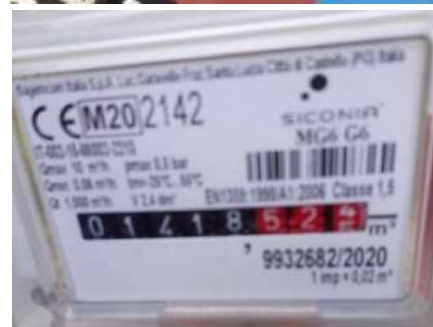
### 3.2 Tecnologie impiegate

1. Individuazione dei principali parametri operativi (Tempo di Residenza, Carico Organico Giornaliero) e della migliore miscela di alimentazione per l'ottimizzazione della produzione di biogas da FORSU, tramite il processo di digestione anaerobica, tecnologia già ampiamente usata in Europa per la valorizzazione dei substrati organici.
2. Individuazione dei parametri operativi ottimali (principalmente temperatura, pH, carico organico giornaliero e tempo di residenza) per la conduzione del processo di digestione anaerobica a fasi separate, ottimizzato per l'ottenimento di building blocks (acidi grassi volatili) o intermedi di reazione ad elevato valore commerciale.
3. Produzione di biomassa microalgale in un fotobioreattore open-pond operato in modalità semi-continua, e individuazione del miglior regime di alimentazione del digestato in ingresso.

### 3.3 Prototipi o impianti pilota sviluppati

La digestione anaerobica della FORSU è stata condotta su un impianto pilota realizzato da Berica Impianti Energia srl localizzato all'interno di un container standard da 40 piedi costituito da:

- Pre-digestore: circa 4 mc totali,
- Digestore: circa 35,5 mc ad altezza fissa di circa 2 mc;
- Vasca di post digestione: circa 10 mc;
- Il biogas prodotto viene accumulato nella parte superiore dell'ambiente unico costituito da digestore e vasca di post digestione. In questa maniera si cerca di
- garantire alla turbina una portata di metano che sia il più possibile costante, al fine di evitare fluttuazioni nella cogenerazione di energia elettrica e termica o, peggio, un suo continuo avviamento e spegnimento.
- Fotobioreattore: vasca di tipo "raceway" di 4.5 metri quadrati, con alimentazione di CO<sub>2</sub> (dal digestore anaerobico) comandata attraverso un regolatore di pH. La vasca può funzionare in modalità semi-continua o continua. Viene alimentata da digestato liquido opportunamente diluito, e produce una sospensione microalgale con concentrazione di solidi attorno ad 1 g/L.



*Sistema di monitoraggio qualitativo e quantitativo biogas prodotto*

La digestione anaerobica a due fasi (fermentazione + metanazione) è stata condotta su una piattaforma pilota attrezzata con 4 bioreattori da 2.3 m<sup>3</sup>, all'interno dell'impianto di trattamento acque di Treviso. Nello specifico, un reattore veniva alimentato con FORSU pre-trattata per l'ottenimento di acidi grassi volatili; un secondo reattore veniva alimentato con FORSU fermentata per l'ottenimento di digestato anaerobico (fonte di fertilizzanti) e biogas.

### 3.4 Pubblicazioni scientifiche

1. Barreiro-Vescovo S., Barbera E., Bertucco A., Sforza E. 2020. "Integration of Microalgae Cultivation in a Biogas Production Process from Organic Municipal Solid Waste: From Laboratory to Pilot Scale". ChemEngineering, 4(2), 25. DOI: 10.3390/chemengineering4020025
2. Valentino F., Munarin G., Biasiolo M., Cavinato C., Bolzonella D., Pavan P. Enhancing volatile fatty acids (VFA) production from food waste in a two-phases pilot-scale anaerobic digestion process. Submitted to Journal of Environmental Chemical Engineering (2021).



### 4. Trasferibilità dei risultati all'interno della RIR o in altri contesti

Il progetto è stato sviluppato grazie alla sinergia di enti aziendali e accademici che hanno realizzato un modello di bioraffineria per la valorizzazione della frazione organica dei rifiuti solidi urbani (FORSU). È stato, pertanto, offerto un esempio virtuoso di economia circolare dove i rifiuti diventano nuovamente materia prima per la produzione di bio-combustibili e bio-materiali. Nello specifico, Berica Impianti Energia srl, con l'ausilio dei vari enti accademici, ha realizzato un impianto prototipale in grado di essere immediatamente implementato nel ciclo di trattamento della FORSU. L'impianto, realizzato in container, è facilmente



trasportabile ed inseribile in contesti quali isole ecologiche, quartieri residenziali o paesi di piccole dimensioni, evitando il loro spostamento su grandi distanze. Il TRL testato lo rende di fatto pienamente commercializzabile. La gestione dell'impianto è stata monitorata dall'Università di Verona, che ne ha ottimizzato le condizioni operative per la produzione di un biogas ricco in metano. L'università Ca' Foscari ha verificato la flessibilità del processo adattandolo a una modalità di digestione anaerobica in "doppia fase" per l'ottenimento simultaneo di idrogeno e metano. Infine, l'Università degli Studi di Padova ha sfruttato i sottoprodotti dei processi testati, ovvero l'anidride carbonica del biogas e il digestato ricco Azoto e Fosforo, come nutrienti per la crescita di microalghe. Quest'ultime potranno poi essere sfruttate per la produzione di proteine e lipidi da convertire in bio-materiali ad alto valore aggiunto.

*Eco.Bio.Energy - biodigestore a km 0*



Un moltiplicatore di opportunità.  
Da non lasciarsi sfuggire.

## 5. Partner di progetto

Imprese:



[www.eliteambiente.it](http://www.eliteambiente.it)

Organismi di ricerca:



[www.unive.it](http://www.unive.it)



[www.unipd.it](http://www.unipd.it)



[www.univr.it](http://www.univr.it)

## 6. Approfondimenti

[www.venetogreencluster.it](http://www.venetogreencluster.it)

[www.icer-grp.com](http://www.icer-grp.com)

