

# BIO- ECO- NO- MIA

UN NUOVO  
MODELLO  
DI ECONOMIA  
CIRCOLARE



# IL PRO- GET- TO



Bio2Energy è il primo progetto regionale che esporta a scala preindustriale il trattamento di rifiuti organici e la conseguente produzione di biocombustibili (in particolare il bioidrogeno), sfruttando l'impiantistica di depurazione esistente.

Bio2Energy nasce dall'idea di incrementare la produzione di energia rinnovabile in Toscana, in particolare attraverso la produzione di biocombustibili da rifiuti organici.

# BIO2ENERGY È

---

## Energia rinnovabile

---

sotto forma di bioidrogeno e biometano da rifiuti organici, grazie alla gestione sinergica della Frazione Organica proveniente dalla raccolta differenziata e dei fanghi di depurazione provenienti da impianti di pubblica utilità, attraverso il processo di codigestione anaerobica.

## Ricerca e sviluppo

---

per creare i presupposti di una bioraffineria di rifiuti anche in Toscana.

## Biofertilizzanti rinnovabili

---

dal processo di produzione di biocombustibili si ottiene un digestato, un prodotto fonte naturale di carbonio, azoto e altri nutrienti, utilizzabile in sostituzione di fertilizzanti chimici convenzionali (i cui processi di produzione provocano alti impatti ambientali).

## Sostenibilità ambientale

---

il recupero energetico della frazione organica dei rifiuti consente di produrre energia in sostituzione al consumo di energia da fonti fossili e senza emissioni aggiuntive di CO<sub>2</sub>, contribuendo quindi anche alla riduzione delle emissioni climalteranti (gas serra).

## Bioeconomia

---

per realizzare percorsi innovativi di economia circolare in Toscana

## GLI OBIETTIVI

---

01 Studiare i meccanismi di gassificazione dei rifiuti organici e la conseguente produzione di bioidrogeno e di biometano;

---

02 Produrre energia rinnovabile sotto forma di bioidrogeno e biometano da rifiuti organici;

---

03 Codigerire anaerobicamente scarti provenienti da impianti di pubblica utilità, come Fanghi di supero da depuratori e Frazione Organica Dei Rifiuti Solidi Urbani, producendo biocombustibili;

---

04 Recuperare materia dai rifiuti, in particolare dal digestato prodotto nella generazione di biocombustibili, attraverso la caratterizzazione dei nutrienti presenti e quindi valutare l'opportunità di produrre fertilizzanti rinnovabili in sostituzione di quelli convenzionali, di origine chimica;

---

05 Applicare per la prima volta il processo di produzione di bioidrogeno e biometano a scala preindustriale e valutare i fenomeni e le sinergie con la linea acque di un depuratore, al fine di evidenziare i possibili effetti in termini di ottimizzazione del processo depurativo;

---

06 Portare le risultanze dello studio all'attenzione degli enti di programmazione regionali e scrivere delle Linee Guida per l'esportazione del processo in altre realtà territoriali;

## LE ATTIVITÀ

01



Produzione di bioidrogeno e biometano a scala di laboratorio

02



Produzione di bioidrogeno e biometano a scala pilota e preindustriale

03



Caratterizzazione dei prodotti e studio dei fertilizzanti rinnovabili

04



Efficientamento energetico del depuratore e studio degli utilizzatori ottimali del Bioidrogeno e del Biometano

05



LCA e LCC e sostenibilità economica ambientale: valutazione della sostenibilità economico-ambientale

06



Gestione del progetto e disseminazione dei risultati

## I RISULTATI

01

Riduzione dei costi sia in termini economici che ambientali – creazione di una sinergia tra ciclo acque e ciclo rifiuti;

Mancati smaltimenti e costi per il conferimento dei fanghi e del digestato;

02

03

Produzione di energia elettrica e termica richiesta dall'impianto di depurazione preesistente;

Inserimento del digestato sul mercato dei fertilizzanti quale fonte di nutrienti, con recupero di materia e produzione di fertilizzanti organici rinnovabili nell'ottica del "Regolamento END OF WASTE";

04

05

Ottimizzazione del recupero energetico ed efficientamento energetico dell'impianto di codigestione e depurazione;

Portare le risultanze dello studio all'attenzione degli enti di programmazione regionali e scrivere delle Linee Guida per l'esportazione del processo in altre realtà territoriali;

06

2 ANNI

## CATERINA SUSINI

SEA Risorse



### **E' realmente possibile coniugare il mondo del trattamento delle acque con quello dei rifiuti?**

In Italia esistono molti depuratori civili dotati di linee di trattamento fanghi mediante la digestione anaerobica, che nella maggior parte dei casi risulta sovradimensionata per le esigenze di impianto, mentre mancano impianti capaci di trattare il rifiuto organico. Il rifiuto organico peraltro è una fonte elevata dei nutrienti necessari all'ottimizzazione del processo di digestione anaerobica con aumento di produzione di biogas, alla generazione di fertilizzanti rinnovabili ed al ritorno in testa di surnatanti con corretto bilanciamento dei nutrienti.

### **La sinergia tra mondo delle acque e mondo rifiuti ha delle ricadute positive in termini di tariffa?**

Le ricadute sono indiscutibilmente positive sia per il settore rifiuti che per il settore della depurazione delle acque. In primo luogo perché i costi di investimento legati alla realizzazione di una sezione di digestione anaerobica vengono annullati perché l'impianto è già disponibile, in secondo luogo perché i biocombustibili producibili sono valorizzabili ad alto rendimento e il digestato utilizzato al pari di un fertilizzante rinnovabile, e per ultimo ma non di importanza per i minor costi di trattamento del surnatante per le migliorate caratteristiche del surnatante.

## EMANUELE RETICCIOLI

SEA Risorse



### **Quanto una politica attenta di raccolta differenziata può influire sui costi di trattamento delle matrici?**

Come abbiamo avuto modo di verificare direttamente, gli effetti della filosofia di mantenere un buon livello di raccolta differenziata si ripercuotono in maniera diretta sulla tipologia di trattamento a cui questa deve essere sottoposta. Un buona qualità significa minori passaggi di trattamento e, quindi, minor produzione di scarto e minor probabilità di trascinarsi di materie indesiderate all'interno del digestore e conseguentemente nel digestato. Un trattamento poco spinto porta con sé bassi costi di esercizio e quindi, complessivamente, un basso costo di recupero complessivamente.

### **Quali scelte di metodo sono state fatte per il miglioramento della qualità della FORSU raccolta ?**

La scelta di separare la raccolta degli sfalci e potature dall'umido di cucine e mense si è rivelata una scelta vincente, in relazione alla compatibilità della parea con un trattamento anaerobico mesofilo ad umido. L'indicazione dell'uso obbligatorio dei sacchi compostabili riduce l'esigenza di un aprisacco che potrebbe causare la frantumazione di questi e degli inerti contenuti aumentando la difficoltà nella loro rimozione. Sarebbe utile che venissero scritte delle linee guida per la corretta differenziazione del rifiuto umido organico al pari di quelle esistenti per gli imballaggi del CONAI.

## ISABELLA PECORINI

Università degli Studi di Firenze  
Dipartimento di Ingegneria Industriale



### La bioraffineria anaerobica?

Il rifiuto organico ci da una opportunità incredibile: quella di trasformarlo in biocombustibile, fertilizzanti rinnovabili e bioprodotto! Sono proprio i bioprodotto l'oggetto del desiderio. Per diversificare i bioprodotto provenienti dal trattamento di digestione anaerobica sarà necessario frammentare il processo e andare verso una digestione anaerobica multifasica, ossia con più di un reattore. Bio2energy ha dato un avvio concreto al cambiamento partendo dal Bioidrogeno!

### La produzione di idrogeno rappresenta una opportunità di ottimizzare il processo di trattamento?

Durante le prove sperimentali sia a scala pilota che preindustriale abbiamo studiato il processo di dark fermentation (produzione di idrogeno) come un pretrattamento alla digestione anaerobica tradizionale. Questa fase aggiuntiva di processo porta interessanti vantaggi, come l'aumento della produzione di metano nella fase di digestione anaerobica sia in termini di qualità che di quantità. Questo ci fa pensare che l'idrogeno può diventare una opportunità per produrre più metano e incrementare la capacità di riduzione della sostanza organica.

## PAOLA PAOLI

Università degli Studi di Firenze  
Dipartimento di Ingegneria Industriale



### Cosa c'entrano le bioplastiche con il progetto Bio2energy?

Diciamo innanzitutto che plastiche e rifiuti organici si somigliano molto quanto a composizione chimica elementare: in entrambi i costituenti principali sono carbonio e idrogeno, seguiti da ossigeno ed azoto. Ed è proprio durante la prima fase del processo di "digestione" dei rifiuti organici (dark fermentation) che si formano, oltre al bioidrogeno, i VFAs (acidi grassi volatili), una "materia prima" preziosa per la biosintesi di bioplastiche come i PHAs (poliidrossialcanoati). I VFA sono infatti tra le fonti di carbonio preferite dai batteri produttori di PHAs. Questi microrganismi sintetizzano i PHAs e li accumulano all'interno delle cellule in forma di grani come riserva di carbonio ed energia (come noi facciamo con i grassi), mentre noi possiamo usare i PHAs (una volta recuperati) al posto di alcuni tipi di plastiche convenzionali (derivate dal petrolio), ad esempio in applicazioni biomedicali, trattandosi di bioplastiche biodegradabili e biocompatibili.

**LORENZO FERRARI**

CNR ICCOM



## Qual è il ruolo dell'efficienza energetica negli impianti di co-digestione?

Storicamente il target energetico degli impianti di co-digestione anaerobica era l'ottimizzazione della produzione di energia elettrica da biogas. Dai cascami termici della conversione si ricavava l'energia necessaria al sostentamento del processo ed eventuali surplus venivano dissipati. Il panorama, però, sta cambiando. Il progetto Bio2Energy ha permesso di individuare alcune soluzioni impiantistiche in grado di recuperare i cascami termici e riutilizzarli nel processo stesso, aumentandone l'efficienza energetica complessiva e riducendone l'impatto ambientale. Ma non è tutto. Oggi, infatti, ci troviamo davanti alla grossa opportunità di utilizzare gli impianti di co-digestione anaerobica per produrre un bio-combustibile assimilabile al gas naturale, ma rinnovabile. Per fare questo è necessario utilizzare un sistema di upgrading, che a sua volta richiede energia. Questa, con opportune soluzioni impiantistiche, può essere recuperata internamente. L'efficienza energetica dell'impianto diventa, quindi, un parametro cruciale perché permette di ridurre gli autoconsumi a favore di una maggiore produzione di bio-metano. Se dovesse sussistere il problema dell'immissione in rete del bio-metano a causa degli eccessivi costi di allacciamento, esiste comunque la possibilità di liquefarlo producendo bio-LNG. Questo potrebbe ad esempio essere utilizzato come combustibile nei veicoli a servizio dell'impianto stesso.

**CLAUDIA MARIANELLI**

Alia Servizi Ambientali



## Il biometano come chiusura di un circolo virtuoso?

Il biometano è un biogas prodotto dalla decomposizione biologica della sostanza organica nel processo di Digestione Anaerobica in assenza di ossigeno, che subisce un successivo trattamento di raffinazione per arrivare ad alte concentrazioni di metano. Il biometano ottenuto al pari del gas naturale può essere utilizzato come carburante in grado di bruciare in modo efficiente con emissioni dirette di CO<sub>2</sub> del 20% in meno rispetto alla benzina e il 5% in meno rispetto al gasolio. La politica ambientale, nell'ottica della valorizzazione energetica delle biomasse a seguito della Conferenza di Kyoto, ha accentuato l'attenzione sul recupero del biogas e recentemente anche la normativa nazionale, con il Decreto Biometano di marzo 2018, incentiva e promuove la produzione del biometano dalla frazione organica dei rifiuti non solo per generare energia elettrica e termica, ma anche per la produzione di biocombustibile. Nel tema del trattamento dei rifiuti risulta, quindi, fondamentale la filiera del biometano, che avrà nel futuro prossimo un ruolo chiave nei sistemi energetici e nell'abbattimento delle emissioni climalteranti.

## ELENA ALBINI

PIN - Polo Universitario  
Città di Prato



### L'esperienza dei biofertilizzanti del Progetto Bio2Energy. I digestati ottenuti durante il processo di digestione anaerobica possono sostituire i fertilizzanti chimici convenzionali?

Allo stato attuale i terreni agricoli risultano essere poveri di nutrienti quali azoto, carbonio, fosforo e potassio. Dalla caratterizzazione dei digestati ottenuti dal processo di co-digestione anaerobica, è emerso il loro elevato valore agronomico rispetto ai fertilizzanti chimici tradizionali. Il loro utilizzo in agricoltura permetterebbe quindi di migliorare le proprietà del terreno grazie alle loro ottime proprietà ammendanti e fertilizzanti. Nell'ottica del concetto di economia circolare e della modifica del Regolamento Europeo Fertilizzanti 2003/2003 (fertilizzanti a marcatura CE), Bio2Energy ci porta a confermare che la digestione anaerobica costituisce un processo tale da garantire la cessazione della qualifica di rifiuto - "End of Waste": concetto che si riferisce ad un processo di recupero eseguito su un rifiuto che porta lo stesso a perdere tale qualifica per acquisire quella di prodotto.

## ALESSIA SCAPPINI

Alia Servizi Ambientali



### La digestione anaerobica come opportunità per il compostaggio?

Il processo di digestione anaerobica, che è storicamente presente nel settore della depurazione acque per la stabilizzazione dei fanghi, negli ultimi anni sta ottenendo sempre maggiore attenzione come tecnologia per il trattamento della frazione organica (FORSU) o per la codigestione (fanghi e FORSU). Data la necessità di gestire crescenti quantità di frazioni organiche derivanti dalla raccolta differenziata dei rifiuti urbani, risulta estremamente utile porre attenzione al processo anaerobico, sia nella costruzione di nuovi impianti che nel potenziamento degli impianti esistenti. L'integrazione dei due processi nel trattamento dei rifiuti è sicuramente un'opportunità, che offre la possibilità di trasformare la frazione organica in energia e fertilizzanti, raggiungendo pienamente gli obiettivi di economia circolare. La fase anaerobica produce energia rinnovabile (biogas/biometano), andando a migliorare il bilancio energetico dell'impianto, la fase aerobica permette di ottenere compost di qualità utilizzabile in agricoltura. L'ulteriore sinergia nella digestione di rifiuti organici e fanghi di depurazione, oltre ad incrementare l'efficienza energetica, permette di ottimizzare il bilancio ambientale del ciclo delle acque e dei rifiuti.

## VIERI MORANDI

Valcofert



### Bio2energy e l'agricoltura toscana, quali le connessioni?

L'importanza della distribuzione di sostanza organica nei terreni agricoli toscani fa sì che il progetto Bio2energy sia fondamentale per gli agricoltori toscani.

Esperienze avute con gli ammendati compostati, che non sono assolutamente sufficienti per soddisfare le richieste, dimostrano che oltre ad un miglioramento produttivo ed incremento della resa e della qualità della coltura dove è stato impiegato (cereali, girasole, ortaggi, vite e olivo) c'è stato anche un miglioramento della struttura del terreno. Nel caso di terreni sciolti incremento della capacità di ritenzione idrica. Nel caso di terreni argillosi miglior permeabilità e riduzione della tenacità con grande beneficio nelle lavorazioni meccaniche. Sicuramente un prodotto come quello proposto da Bio2energy, ossia l'ammendante compostato misto con fanghi (ACF), sarà molto apprezzato e richiesto dal mondo agricolo.

## LUCA MATTESINI

PIN - Polo Universitario  
Città di Prato



### Una collaborazione possibile?

Il progetto Bio2energy è un ottimo esempio di collaborazione tra il mondo della ricerca ed il tessuto produttivo. Grandi aziende dei servizi che collaborano con piccole aziende del manifatturiero insieme a enti di ricerca pubblici e privati.

La crescita del tessuto produttivo non può che avvenire attraverso percorsi che permettano alle aziende di acquisire know how allo stato dell'arte, accedendo a nuove conoscenze attraverso la stretta collaborazione con gli organismi di ricerca, accrescendo le competenze dei propri tecnici. Al contempo le sfide tecnologiche a cui sono chiamate le imprese, per rispondere alle maggiori esigenze ambientali, sociali e di mercato, offrono al mondo della ricerca sfide culturali che possono sfociare in nuovi filoni di ricerca.

## SIMONE FALUGI

Cavalzani Inox



### La progettazione di reattori in collaborazione con il mondo della ricerca?

Probabilmente è l'aspetto più stimolante del mio lavoro. Si tratta di ascoltare le richieste dei ricercatori e di capire quali sono le loro esigenze come se fossero veri e propri clienti da soddisfare, con l'unica differenza che tali esigenze sono quasi sempre del tutto nuove e molto diversificate.

Per fare ciò mi vengono in aiuto le molteplici esperienze fatte dalla CAVALZANI INOX nel corso degli anni nei più svariati settori dell'industria. Cerco di mettere insieme soluzioni funzionali allo scopo ed esperienze pregresse con un occhio sempre rivolto alla standardizzazione ed industrializzazione del processo poiché da ognuna di queste esperienze potrebbero nascere nuove opportunità di lavoro.

## OSVALDO CAVALZANI

Cavalzani Inox



### L'importanza dello sviluppo sperimentale per le PMI?

Credo che sia essenziale, per ogni PMI che abbia un minimo di ambizione di crescita, il confronto con lo sviluppo sperimentale e con il mondo della ricerca universitaria. Ogni volta che viene richiesta la possibile collaborazione della mia azienda in bandi di ricerca dove la nostra esperienza può essere di aiuto, la mia risposta è sempre positiva. Queste nuove esperienze e collaborazioni ci hanno permesso di entrare in nuovi settori di mercato. Senza l'apporto della ricerca universitaria la mia azienda non avrebbe raggiunto i risultati sin qui ottenuti.

## GIOVANNI FERRARA

Università degli Studi di Firenze  
Dipartimento di Ingegneria Industriale



**Quali sono gli elementi che permettono di inquadrare questo progetto nell'ambito del trasferimento tecnologico?**

Potremmo considerare questo progetto come un caso studio di riferimento dal punto di vista del trasferimento tecnologico.

Gli ingredienti giusti sono infatti tutti presenti: il primo è rappresentato da un partenariato di Imprese, piccole e grandi, enti istituzionali e, ovviamente, Università. Il secondo è rappresentato da un'idea progettuale di forte impatto competitivo per le imprese e di forte risalto sociale per le istituzioni. Il terzo è indubbiamente rappresentato dall'opportunità che un supporto economico pubblico rappresenta per affrontare problematiche di frontiera (seppur sempre applicative).

**Quando questi ingredienti sono presenti il successo è quindi sicuro?**

Purtroppo no. E' triste dirlo ma talvolta l'obiettivo di un partenariato è quello di costituirsi come tale solo per cercare di ottenere un finanziamento che permetta ad ognuno dei partner di portare avanti una propria specifica esigenza anche se disgiunta da quelle degli altri. Quello che ha reso vincente questo progetto è aver creato un partenariato attorno ad un'idea di ricerca applicata che vede i partner sinergici e determinati nel raggiungere un obiettivo comune. L'aver portato in fondo questo progetto ha infatti delle valenze sia economiche che sociali, comuni ai partner. Una vittoria per tutti.

## MONICA BARNI

Vicepresidente, Regione Toscana  
Assessore alla Cultura,  
Università e Ricerca



**Perché il bando FAR FAS 2014?**

Il Progetto FAR-FAS 2014 Bio2energy è un progetto finanziato con il contributo determinante dell'accordo di programma MIUR-Regione Toscana DGRT 1208/2012 ossia l'Accordo di programma quadro MIUR-MISE-Regione Toscana DGRT 758/2013 PAR FAS 2007-2013 - Linea d'Azione 1.1. Proprio per la particolare tipologia di questi fondi abbiamo cercato di congiungere il mondo delle aziende toscane, sia PMI che Grandi Imprese, al mondo della ricerca e dello sviluppo sperimentale, per dare nuova forza e competitività al tessuto industriale toscano. Il valore di questa linea di finanziamento consiste proprio nel promuovere una fruttuosa collaborazione fra Università e sistema produttivo, fra Università e Imprese, ossia nella concretizzazione con finalità economiche e sociali, delle conoscenze di profilo scientifico avanzato. Credo che con Bio2energy ci siamo riusciti, abbiamo creato un volano che ha dato importanti risultati in merito al tema della gestione evoluta del recupero dei rifiuti organici di origine urbana e sperimentato a scala industriale dei sistemi di trattamento innovativi che consentono di parlare del nuovo concetto di "Bioraffinaria anaerobica".





Bio2Energy "Bioidrogeno e biometano da codigestione anaerobica di FORSU, produzione di fonti energetiche e fertilizzanti rinnovabili per l'efficienza di impianti di pubblica utilità", progetto finanziato con il contributo determinante dell'accordo di programma MUR-Regione Toscana DGR 1208/2012 - Accordo di programma quadro MUR-MISE-Regione Toscana DGR 758/2013 PAR FAS 2007-2013 - Linea d'Azione 11 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