

UN ESEMPIO AVANZATO DI SISTEMA INTEGRATO ANAEROBICO-AEROBICO

D. Mainero*

Sommario – ACEA è una moderna azienda multi-utility, che gestisce una pluralità di servizi a favore di Comuni, Aziende e Cittadini. L'Area Ambiente di ACEA gestisce l'intero ciclo dei rifiuti urbani dalla raccolta rifiuti, ai servizi di spazzamento, allo sviluppo e gestione di impianti di trattamento dei rifiuti che comprendono una discarica certificata ISO14001 ed un impianto di compostaggio certificato ISO 14001 e 9001. Il sistema di trattamento dei rifiuti solidi urbani di ACEA Pinerolese Industriale S.p.A. è stato realizzato con l'obiettivo di raggiungere una corretta gestione ambientale dei rifiuti. Attraverso l'uso di tecnologie avanzate il sistema impiantistico permette di produrre energia da fonte rinnovabile (attraverso il processo di digestione anaerobica) ed un prodotto, Florawiva® (attraverso il processo di compostaggio) che riducono di conseguenza il flusso di rifiuti in discarica. L'intero processo è basato sulla connessione di quattro diversi impianti di trattamento (digestione anaerobica, compostaggio, depuratore e discarica).

AN ADVANCED EXAMPLE OF ANAEROBIC-AEROBIC INTEGRATED SYSTEM

Summary – ACEA is a modern Italian multi-utility company, which currently provides services for Municipalities, private companies and citizens. In the environment sector, ACEA manages the entire waste cycle from waste collection, street sweeping and cleaning to the development and management of different waste treatment plants (including an ISO 14001 certified landfill and an ISO 14001 and 9001 Composting plant). The Waste Treatment facilities of ACEA Pinerolese Industriale S.p.A. has been realised with the main intent of achieving an environmentally correct management of solid waste. By means of advanced technologies the plant increases the possibility to make use of renewable energy (through anaerobic digestion), and soil conditioner, Florawiva® product (through composting), with the consequently reduction of waste material in landfill. The entire process is based on the connection of four different treatment plants (anaerobic digestion, composting plant, wastewater treatment plant and a landfill), where both anaerobic and aerobic digestion take place.

Parole chiave: digestione anaerobica, compostaggio, gestione rifiuti, energia rinnovabile, compost.

Keywords: anaerobic digestion, composting, waste management, renewable energy, soil conditioner.

1. INTRODUZIONE: FATTORI CHIAVE NELLA SCELTA DELL'INTEGRAZIONE ANAEROBICA-AEROBICA

L'esistenza di tecnologie e competenze interne all'azienda raggiunte in 30 anni di esperienza nel settore della gestione

dei rifiuti solidi urbani e del ciclo integrato delle acque sono state le premesse fondamentali per avvalorare e concretizzare la scelta tecnologica adottata.

I vantaggi ravvisati nel sistema, oltre agli adempimenti normativi, ed i fattori chiave che ne hanno determinato la scelta sono stati:

- la possibilità di produrre energia da fonte rinnovabile;
- il minor impatto dovuto agli odori, che in un processo "chiuso" vengono notevolmente limitati;
- la minore quantità di superficie occupata per unità di tonnellate trattate a confronto del solo compostaggio;
- la riduzione della quantità di massa da trattare in fase di compostaggio, a parità di materiale in ingresso;
- una maggiore efficienza di recupero in termini sia di materia (produzione di compost dal digestato) sia di energia (biogas prodotto);
- un minore impatto ambientale del sistema a confronto del solo compostaggio.

2. IL SISTEMA INTEGRATO AEROBICO-ANAEROBICO DI ACEA

2.1 Il processo anaerobico

I due aspetti principali del processo di digestione anaerobica adottato sono:

- medio contenuto di solidi totali (con un valore di TS compreso tra 10% e 12%);
- un sistema discontinuo ed in fase termofila.



Fig. 1 – Polo ecologico di Pinerolo, ACEA Pinerolese Industriale

* Ing. Mainero Davide; ACEA Pinerolese Industriale SpA – Via Vignone, 42 – 10064, Pinerolo (TO) – Tel. 0121.236401, e-mail: ambiente impiantiDA@aceapinerolese.it.

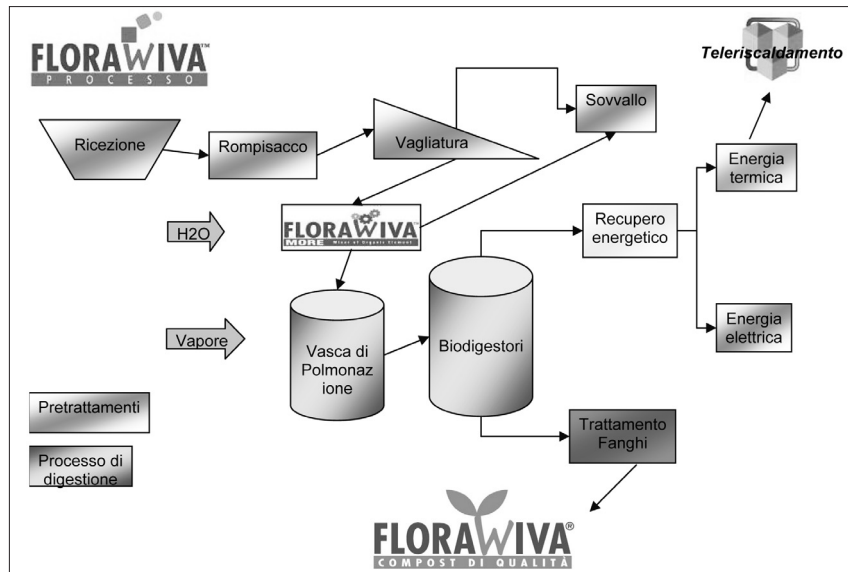


Fig. 2 – Schema del processo di digestione anaerobica adottato

L'impianto è dotato di due linee di trattamento. Lo schema di processo di digestione per ciascuna linea è rappresentato in Figura 2.

I flussi della frazione organica vengono conferiti alla linea umida dell'impianto di valorizzazione, dove subiscono un pre-trattamento meccanico costituito da una triturazione molto blanda (rompisacchi) seguito da una vagliatura effettuata con un vaglio a dischi. In questo punto si generano due flussi. Il primo è rappresentato dal sovrvallo, che costituisce il più consistente flusso di scarto della linea ed il secondo dal sottovaglio che costituisce l'alimentazione del processo. Quest'ultimo viene sottoposto a deferrizzazione prima di essere avviato all'impianto di miscelazione ed omogeneizzazione (Florawiva MORE™) in cui è diluito con fanghi di depurazione (provenienti da autobotti), effluente dell'impianto di depurazione e parte delle acque madri di disidratazione del digestato. Nell'impianto Florawiva MORE™ si realizza anche un'ulteriore intercettazione di materiale indesiderato eventualmente sfuggito ai pretrattamenti, mediante una trappola per l'estrazione in continuo degli inerti e un sistema di sgrigliatura/aspirazione del materiale flottante. La miscela prodotta in continuo, caratterizzata da un contenuto di solidi pari al 10-12% in secco, viene avviata in un serbatoio di stoccaggio/polmonazione (volume utile di 185 m³) nel quale avviene la correzione della temperatura prima dell'alimentazione ai digestori. Ottenuta la miscela in termini di temperatura (circa 60-65 °C) e di contenuto in solidi, il materiale è alimentato al digestore (2600 m³ di capacità utile). Ciascun digestore è coibentato ma non riscaldato ed è dotato di un sistema di agitazione meccanico accoppiato ad un sistema di ricircolo del biogas con lance.

Il biogas prodotto dalla digestione, così come quello da discarica (collegata al polo da una condotta di circa 3 Km) e proveniente dai reflui civili, viene convogliato in un unico gasometro di 3300 m³. Da qui viene aspirato e, previo trattamento termico con un gruppo frigorifero, avviato a tre motori a ciclo otto per una potenza installata pari a 3,1 MWelettrici. Il sistema di recupero energetico è, inoltre, costituito da due cicli di

recupero termico, uno ad olio diatermico sui fumi di scarico dei motori, per la produzione di vapore ed un altro circuito, ad acqua, (lato recupero sul raffreddamento motore) per la produzione di acqua calda. L'energia elettrica prodotta è erogata in isola su tutti e tre gli impianti e l'eccesso è ceduto alla rete. Il sistema gode dei certificati verdi.

La stessa energia termica è a servizio del processo di biodigestione e del vicino depuratore (1 digestore mesofilo). Viene, inoltre, utilizzata per il riscaldamento dei vari spazi operativi ed adibiti ad uffici oltre che per servire la prima parte della rete di teleriscaldamento di Pinerolo; in questo caso il sistema ha accesso ai certificati bianchi.

Dalla stagione termica 2008/2009 il surplus termico è utilizzato per assicurare il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria ad un centro commerciale di 30.000 m² (un ipermercato e 52 negozi) e di un'area di 4.800 m² adibiti a civile abitazione.

Il digestato è scaricato a gravità in un serbatoio intermedio, è avviato ad un sistema di disidratazione e poi avviato all'impianto di compostaggio per la produzione di ammendante. Il compost ACEA, noto con il marchio registrato Florawiva®, ha ricevuto il marchio di qualità CIC nel 2005.

Circa il 30% dell'acqua dalla disidratazione è riutilizzata, mentre il resto è inviato all'impianto di depurazione. Tutta l'acqua necessaria al processo di digestione anaerobica è costituita dall'acqua in uscita dal depuratore.

2.2 Il processo aerobico

Il processo di compostaggio è essenzialmente suddiviso in due fasi (www.compost.it):

- Maturazione accelerata o bio-ossidazione, dove il processo è attivato attraverso una platea insufflata tradizionale e rivoltamento del materiale con mezzo mobile, questa fase attiva è caratterizzata da un intenso processo di degradazione dei costituenti organici. La bioossidazione dura circa 28 giorni, è chiusa e dotata di sistema di aspirazione delle arie convogliate ad un biofiltro.

- Maturazione lenta o mineralizzazione, durante questa fase il prodotto diventa stabile e si arricchisce in molecole umiche. Questa fase è caratterizzata da un processo di trasformazione della sostanza organica la cui massima espressione è la formazione di sostanze umiche.

Le materie prime in ingresso sono costituite dai fanghi dell'impianto di depurazione, dal digestato del processo di digestione anaerobica e da scarti lignocellulosici, provenienti dai centri di raccolta ACEA e da privati.

Il compost è prodotto ai sensi del D.Lgs 75/2010. L'impianto è, inoltre, dotato di un sistema di gestione qualità ambiente certificato ai sensi degli standard ISO 9001:2000 e ISO 14001: 2004 dal 2006.

3. EFFICENZA ENERGETICA DEL SISTEMA DI DIGESTIONE ANAEROBICA

3.1 Controlli di processo

Il processo di digestione anaerobica adottato è soggetto ad una serie di controlli sia in continuo (temperature, livelli pressioni, qualità e portata del biogas prodotto), che in modo discreto (analisi chimico fisiche condotte su campioni prelevati presso i vari punti di prelievo presenti all'interno del processo). L'incrocio di queste diverse fonti di dati garantisce il controllo di gestione.

In particolare i controlli chimico-fisici sono rivolti:

- alla miscela in alimentazione, relativamente al contenuto in solidi volatili e totali;
- alla miscela in digestione, per il contenuto in acidi ed alcali;
- al digestato, per quanto riguarda il contenuto in solidi totali e volatili piuttosto che il contenuto in metalli pesanti.

Tab. 1 – Dati di processo

Descrizione	Valore
Media della frazione organica trattata	900-1000 ton/settimana
Scarti dal pretrattamento	24%
Contenuto solido medio nella FORSU, TS	30-35%

I controlli in continuo permettono di garantire la corretta igienizzazione del sistema e di monitorarne la resa.

3.2 Dati di processo

ACEA tratta la frazione organica dei rifiuti solidi urbani (FORSU) proveniente da raccolta differenziata per una capacità di circa 1000 ton/settimana (Tabella 1). Attraverso analisi merceologiche controlliamo la purezza del rifiuto, le impurezze raggiungono valori anche del 20% in peso (Figura 3), incidendo pesantemente sui sistemi di pretrattamento meccanico e lo scarto da essi generato.

Un controllo non in continuo su alcuni parametri è effettuato attraverso campionamenti discreti, mentre un controllo in continuo è ottenuto attraverso una rete di strumentazione fissa (più di 150 strumenti installati). I cambiamenti nel rapporto tra metano ed anidride carbonica permettono, in parallelo con il valore di R_a (rapporto acidi/alkali, misurato su campioni del materiale in digestione), di prevenire cambiamenti indesiderati nel processo (Figura 4).

Il valore della temperatura all'interno dei digestori è un altro parametro tipico che permette di seguire il comportamento del processo e garantire la corretta igienizzazione del materiale.

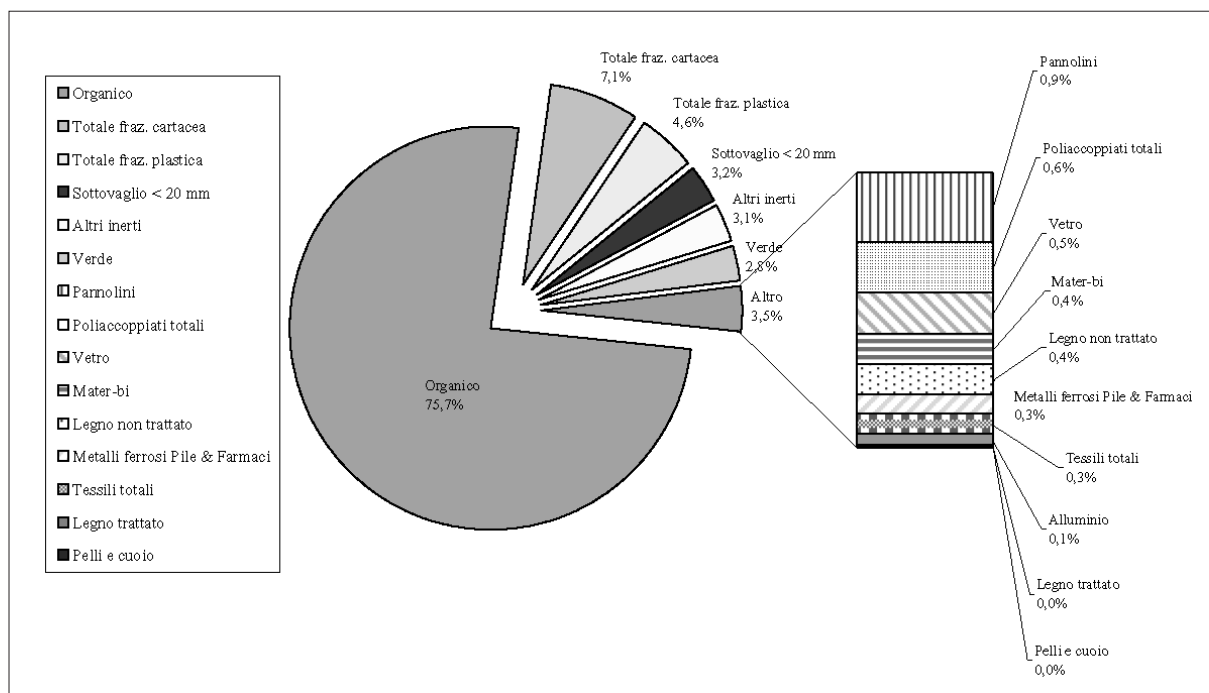


Fig. 3 – Merceologia tipica anno 2007

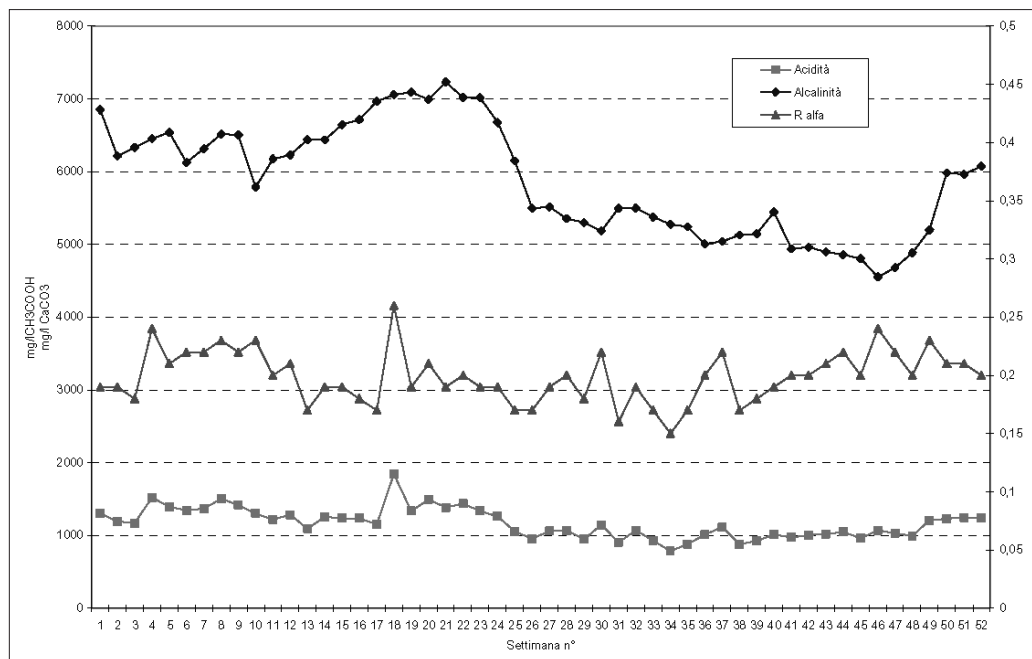


Fig. 4 – Linea A Acidità, alcalinità ed Ralfa 2007

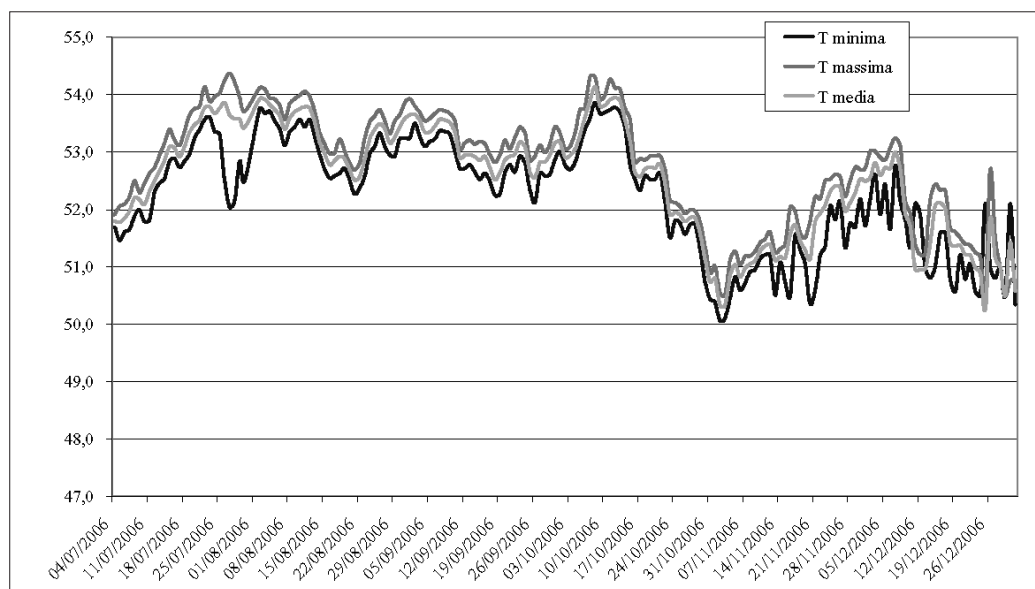


Fig. 5 – Linea A andamento della temperature durante la seconda metà del 2006

Tab. 2 – Indici di processo dell'impianto basato su ANPA, ONR (2002)

Parametri di controllo	Linea A e B medi (2006)	Linea A e B medi (2007)	Linea A e B medi (2008)	Linea A e B medi (2009)	Dati di progetto
Carico organico [m ³ /giorno]	115	210	139	151	180
Tempo di ritenzione idraulica HRT [giorni]	14	12	16	14	14
Produzione specifica di biogas al 60% CH ₄ [m ³ /KgVs alimentato]	0,59	0,44	0,419	0,515	0,300
Efficacia di rimozione del substrato Vs% [%]	74%	69%	59%	75%	53%
Produzione specifica di energia elettrica [KWh/ton alimentata]	330	263	293	322	-

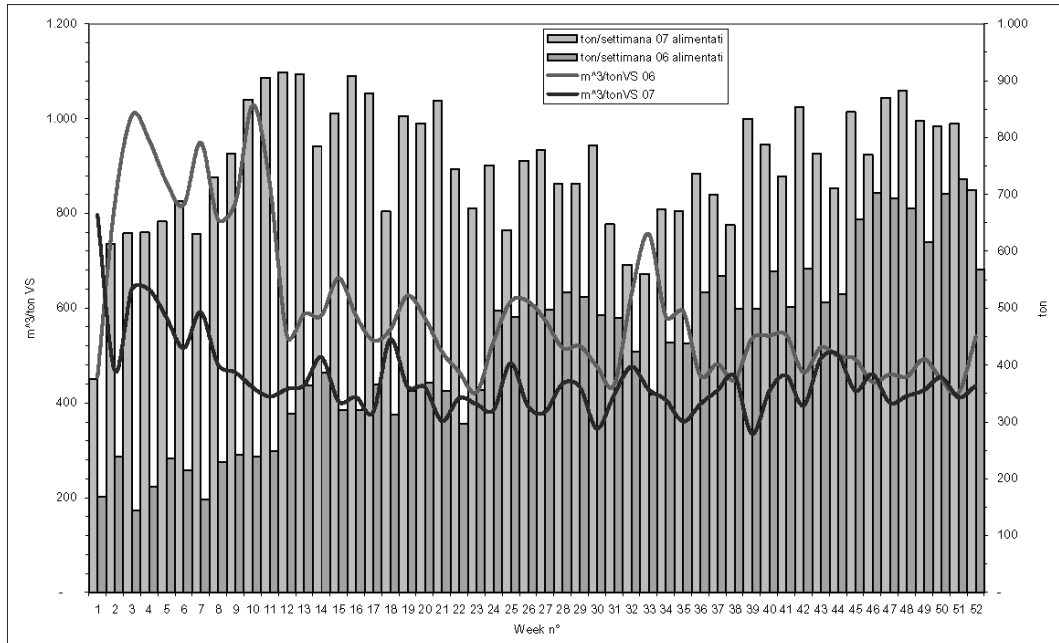


Fig. 6 – Produzione settimanale specifica di biogas nel corso del 2006 e del 2007 confrontata con l'alimentazione ai digestori

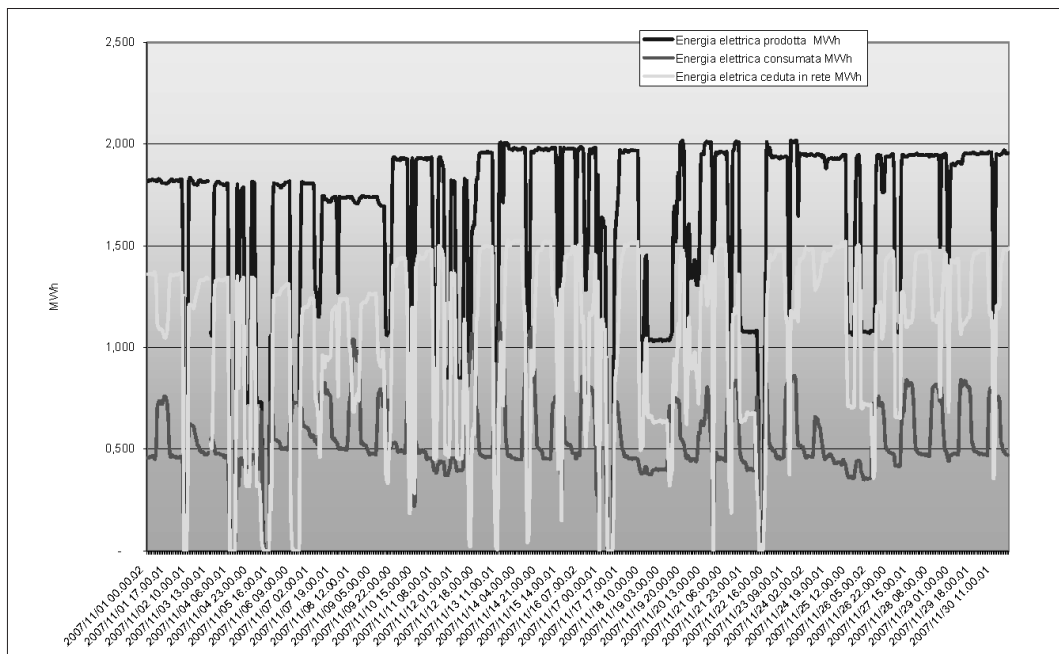


Fig. 7 – produzione giornaliera e consumo di energia elettrica 11/2007

Il controllo della produzione di biogas rappresenta la misura della nostra efficienza energetica. In Figura 6 sono confrontati i valori di resa specifica con le quantità alimentate settimanalmente ai digestori nel corso del 2006 e del 2007. In Tabella 2 sono confrontati i dati di 4 anni di gestione rispetto ai dati di progetto.

I dati presentati in Tabella 2 mostrano come il sistema abbia raggiunto i dati di progetto e li abbia superati come l'alta effi-

Tab. 3 – Consumi 2007 digestione anaerobica line A e B

Consumo specifico di energia elettrica	75 KWhe/ton
Consumo specifico di energia termica	45 KWht/m ³
Percentuale di energia elettrica consumata	28% rispetto a quella prodotta
Percentuale di energia termica consumata	16% rispetto a quella prodotta

Tab. 4 – Valori energetici del Polo Ecologico, dati riferiti all'anno solare

Descrizione	2007	2008	2009
Energia primaria da biogas [GWh]	39,1	28,3	32,12
Energia elettrica prodotta [GWh]	13,2	10,1	12,3
Energia elettrica utilizzata al Polo ecologico [GWh]	8,3	5,9	7,0
Consumo di energia termica comprensivo della rete [GWh]	6,5	5,5	6,6

cienza raggiunta dalla conversione del substrato e la produzione specifica di biogas.

Dalla Figura 7, possiamo vedere come la produzione di energia elettrica rappresenti un tangibile effetto dell'efficienza raggiunta permettendoci di vendere al mercato circa la metà della produzione.

Per rendere più chiara l'efficienza del sistema nelle Tabelle 3 e 4 vengono riassunti alcuni dati di consumo; si noti (Tabella 4) la mancata produzione di energia elettrica negli anni 2008 e 2009 a causa del fermo di un cogeneratore a cavallo dei due anni.

4. CONSIDERAZIONI FINALI

I favorevoli risultati del sistema integrato anaerobico-aerobico adottato da ACEA e l'esperienza fino ad ora maturata permettono di trarre alcune considerazioni ed indicazioni utili.

I principali indici di sistema dimostrano la stabilità del processo (pH, $R\alpha$, T).

La qualità del biogas prodotto è coerente con processi anaerobici noti (60% CH₄) ed anche la portata è allineata ai migliori dati di letteratura. Ciò comporta un'alta efficienza energetica del sistema, sia in termini di energia elettrica che termica ed offre importanti spunti di sviluppo.

Il recupero di energia della frazione organica attraverso la digestione anaerobica offre vantaggi in termini economici in quanto beneficia di quanto previsto dalla legislazione vigente (certificati verdi e titoli di efficienza energetica).

La qualità dei fanghi estratti permette di avviare il materiale al compostaggio, nel rispetto dei limiti fissati dal D.Lgs 75/2010.

La riduzione dei volumi trattati attraverso il processo di digestione anaerobica e l'omogeneizzazione del digestato semplifica il trattamento successivo.

L'integrazione dei due processi permette una forte stabilizzazione dei rifiuti organici fermentescibili, escludendo qualsiasi problema relativo all'inquinamento da sostanza organica. Le alte temperature che si sviluppano sia durante il processo anaerobico che durante la prima fase del compostaggio determinano la distruzione dei microrganismi patogeni.

La gestione di un sistema complesso necessita di figure professionali qualificate e solo un accurato controllo permette la gestione dell'intero sistema, fornendo strumenti per migliorare le efficienze e controllare i risultati.

Sulla base dell'esperienza maturata, è pertanto possibile affermare che l'integrazione tra i sistemi offre indubbi vantaggi e che la digestione anaerobica della frazione organica da raccolta differenziata rappresenta ormai una possibile scelta industriale.

BIBLIOGRAFIA

D. Mainero (2008) "An advanced example of anaerobic-aerobic integrated system" in VENICE 2008 Secondo Simposio Internazionale sull'Energia da Biomasse e Rifiuti 17-20 Novembre.

D. Mainero (2008) "Renewable energy from organic waste" in POWER-GEN Europe 2008 03-05 June 2008 Milano.

D. Mainero (2007) "Il trattamento degli scarti organici presso il polo ecologico di pinerolo" in "Biogas da frazioni organiche di rifiuti solidi urbani in miscela con altri substrati" POLIMI, Milano 7-10 maggio 2007.

Consorzio Italiano Compostatori (2007) The composting process – www.compost.it.

D. Mainero, I. Brussino (2006) "ACEA: un modello di applicazione delle tecniche di compostaggio a partire da rifiuti urbani e vegetali" in *Informatore Fitopatologico* numero 12, dicembre 2006.

F. Cecchi, P. Pavan, (2006) "Process performances and conditions for application of anaerobic digestion process to different feedstocks" in "Biological treatment of biowaste" ISWA Perugia 10-12 maggio 2006.

Gruppo di lavoro CIC sulla digestione anaerobica, (ottobre 2006) "L'integrazione tra la digestione anaerobica e il compostaggio" rapporto tecnico CIC.

W.Six, (2006) "Status and trends of anaerobic digestion in Europe" in "Biological treatment of biowaste" ISWA Perugia 10-12 maggio 2006.

J. Mata Alvarez "Biomethanization of the organic fraction of municipal solid waste". IWA publishing (2003).

ANPA, ONR (2002) "Il trattamento anaerobico dei rifiuti: aspetti progettuali e gestionali" Roma, ANPA-Unità normativa tecnica.

B. De Benedetti, G. Genon, M. Marino, (2000) "Compostaggio e digestione anaerobica della frazione organica dei rifiuti: bilanci energetici e del carbonio" in *Innovation in waste management*, Collana Ambiente n. 23/b, Vol. II edited by CIPA.

CURRICULUM

Mainero Davide – È attualmente responsabile degli impianti di trattamento rifiuti di ACEA Pinerolese Industriale, l'area tecnica comprende una discarica, un impianto di digestione anaerobica seguito da un impianto di compostaggio ed un impianto di produzione di CDR. Dopo la laurea presso il politecnico di Torino ed un periodo di lavoro su un cantiere dell'alta velocità ferroviaria in Francia, ha acquisito la sua esperienza professionale in ACEA a partire dall'organizzazione dei servizi di raccolta rifiuti e dalla gestione della discarica, seguendo il progetto dell'impianto di compostaggio e la seguente gestione così come essendo parte del progetto e della fase di avvio degli impianti di digestione anaerobica e di produzione di CDR. È coinvolto in tavoli tecnici all'interno del Comitato Termotecnico Italiano (CTI) e del Consorzio italiano Compostatori (CIC).