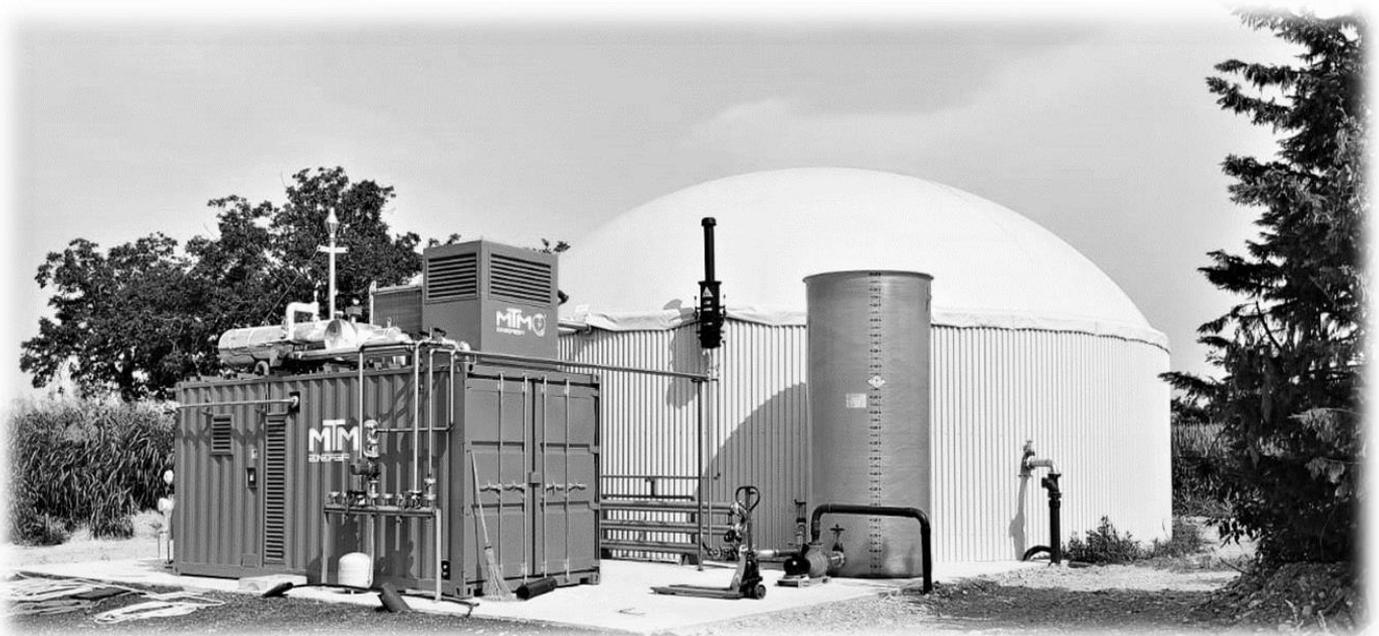


**Prof. Dr. Alessandro Arioli, PhD**

Il micro-biogas agricolo con tecnologia “Micro”  
Inserimento nel contesto delle bioenergie, economia  
circolare, indirizzi politici e socio-ambientali

## **Relazione tecnico-informativa di presentazione del Progetto agli Enti Pubblici di riferimento**



## **SOMMARIO**

### **PARTE I – LA DIGESTIONE ANAEROBICA SU MICRO-SCALA**

PREMESSA – L'economia circolare e le bioenergie  
CAPITOLO 1 – La digestione anaerobica su micro scala  
CAPITOLO 2 – I vantaggi del biogas su micro scala  
CAPITOLO 3 – Emissioni ed aspetti ambientali  
CAPITOLO 4 – Il digestato  
CAPITOLO 5 – Domande e risposte frequenti  
CAPITOLO 6 – Posizione del MIPAAF  
BIBLIOGRAFIA

### **PARTE II – APPROFONDIMENTO TECNICO: LA TECNOLOGIA MICRO**

CAPITOLO 7 – Generalità  
CAPITOLO 8 – L'impianto di tecnologia Micro  
    8.1 – *Il digestore*  
    8.2 – *Il container tecnico*  
CAPITOLO 9 – Cogenerazione  
CAPITOLO 10 – Schema di funzionamento  
CAPITOLO 11 – Dimensionamento  
APPROFONDIMENTO – Recupero termico

## PARTE I – LA DIGESTIONE ANAEROBICA SU MICRO SCALA

### PREMESSA – L’economia circolare e le bioenergie

La perdita di materiali preziosi è una costante delle nostre economie. Utilizzare le risorse in modo più efficiente e garantire la continuità di tale efficienza non solo è possibile, ma può apportare importanti benefici economici. Dopo lo sviluppo sostenibile e la green economy, al centro delle politiche ambientali ed economiche europee entra l’economia circolare, un modello che si fonda sulla sostenibilità del sistema, in cui NON esistono prodotti di scarto perché le materie vengono costantemente riutilizzate: un sistema opposto a quello definito “lineare”, che parte dalla materia prima e arriva al rifiuto.

Elementi fondamentali di una “Economia circolare” sono:

- Energie rinnovabili;
- Riduzione dei consumi di materie prime;
- Minimo impatto ambientale di processi e prodotti;
- Gestione sostenibile delle risorse idriche e dei territori;
- Riduzione, riutilizzo, riciclo e recupero dei rifiuti;

La bioenergia è una fonte energetica fondamentale nell’economia circolare. La bioenergia infatti è una fonte rinnovabile, continua e programmabile, che si basa su una pluralità di materie prime (biomasse residuali e/o da colture dedicate) e sulla disponibilità di tecnologie mature e affidabili. Le bioenergie sono in grado di soddisfare i diversi settori della domanda energetica:

- Calore per usi civili e industriali: prevalentemente da biomasse solide;
- Elettricità: da biomasse solide, biogas e bioliquidi;
- Biocarburanti per trasporti: o liquidi: biodiesel, etanolo/ETBE da colture dedicate o da residui; o gassosi: biometano da biomasse fermentescibili.

Assicurare nel tempo la sicurezza di approvvigionamento, le quantità, la qualità e il costo delle biomasse per alimentare un impianto e/o sostenere gli obiettivi nazionali e regionali è un aspetto prioritario di ogni serio piano di sviluppo del settore. Inoltre, è fondamentale che tutto ciò sia perseguito avendo a riferimento la sostenibilità ambientale, sociale ed economica, assicurando la protezione del territorio e della biodiversità, valutando con attenzione gli aspetti legati alla salute [1].

### CAPITOLO 1 – La digestione anaerobica su micro scala

La digestione su micro-scala è una tecnologia per la produzione di biogas utilizzando solo le risorse dell’azienda agricola e, soprattutto, i reflui zootecnici quale principale substrato [2]. Tale processo microbiologico è già esistente in natura ed è molto antico dal punto di vista evolutivo [1].

In natura la decomposizione di sostanze organiche, determinata dall’azione di microrganismi, provoca la produzione di gas che si disperdono in atmosfera. La produzione di biogas sfrutta lo stesso principio che avviene in natura, ma in modo controllato e con ridotte emissioni in atmosfera. Questo processo avviene infatti in grandi vasche chiuse, chiamate digestori, in assenza di ossigeno e a temperatura costante, in questo modo non ci sono emissioni verso l’esterno di sostanze potenzialmente inquinanti. Il processo prevede la progressiva decomposizione del materiale organico introdotto nel digestore da parte di diversi tipi di batteri, con la conseguente produzione di anidride carbonica e metano, oltre a piccole quantità di altri composti gassosi (principalmente vapore acqueo, ammoniaca e idrogeno solforato) [3].

Il biogas è composto per circa il 60% da metano (CH<sub>4</sub>) e per circa il 40% da CO<sub>2</sub>, più tracce di altri composti e vapore acqueo. Grazie al suo ottimo potere calorifico, derivante dall'alto contenuto in metano, il biogas viene normalmente utilizzato per la cogenerazione di elettricità e calore. Inoltre, nel caso venga prodotto da scarti della lavorazione agricola, si forma anche una frazione semiliquida, detta digestato, riutilizzata in agricoltura dopo opportuno trattamento aerobico come concime e ammendante, restituendo così carbonio ai suoli e permettendo la riduzione dell'uso di fertilizzanti chimici la cui produzione è oltretutto fortemente energivora [4].

I reflui digeriti (ovvero l'output della digestione anaerobica detto "digestato") vengono utilizzati come fertilizzante per i terreni agricoli poiché presentano maggiori vantaggi rispetto ai reflui non trattati (trattandosi di materiale stabilizzato, non più putrescibile, le emissioni odorifere risultano nettamente inferiori). La digestione su micro-scala è inoltre una fonte di produzione di energia rinnovabile che contribuisce a ridurre le emissioni di gas serra e l'uso di combustibili fossili [2].

Fino a non molto tempo fa si costruivano solo impianti biogas di grandi dimensioni (300-1000kW) ed alimentati quasi esclusivamente con colture energetiche (principalmente mais da monocoltura). In quel periodo nei territori che vedevano la maggior concentrazione di impianti, si crearono localmente momentanei effetti distorsivi nel mercato dei prodotti e dei terreni agricoli, mostrando il fianco a speculazioni spesso complottiste e quindi gettando le basi per quella che ancora oggi è un'opinione pubblica disomogenea e controversa. Ma oggi le cose sono diverse. Nel frattempo, migliorate le competenze in ambito biotecnologico nella gestione dei digestori, è aumentato l'utilizzo di effluenti zootecnici e sottoprodotti agricoli e agroalimentari, sempre in sostituzione del mais da monocoltura. Il digestore ha assunto il ruolo di un ruminante aggiuntivo perfettamente integrabile nell'azienda agricola, un reattore in grado di produrre energia rinnovabile programmabile, utilizzabile in molte forme e un riciclatore di nutrienti e carbonio organico in azienda rendendo disponibile un fertilizzante organico anche in aziende senza allevamento. Le rese colturali sono aumentate e l'attenzione si è naturalmente spostata al contenuto in sostanza organica dei terreni che, prima del digestore, da anni, era in costante diminuzione.

Inoltre, a differenza di una decina di anni fa, gli attuali decreti che regolano la produzione di biogas e biometano incentivano solo i piccoli e micro-impianti alimentati con sottoprodotti e/o reflui zootecnici esclusivamente di proprietà delle aziende agricole.

Ciò che oggi ci appare molto chiaro è che il digestore costituisce una grande opportunità per trasformare l'azienda agricola in un sistema indipendente da un punto di vista energetico e proteico, potendo quindi ridurre drasticamente l'utilizzo di concimi derivati da idrocarburi e di pesticidi, migliorando il contenuto di carbonio organico del suolo agricolo.

Non solo, le aziende agricole divengono più vitali a ragione del miglioramento del cash flow derivante dalla possibilità di utilizzare in modo flessibile la capacità produttiva del suolo (grazie alla incrementata fotosintesi) per competere in più mercati, alimentari e foraggeri, energetici e in futuro anche dei biomateriali.

Se l'agricoltura biologica è nata come opposizione all'agricoltura convenzionale, cioè a un'agricoltura basata sull'energia fossile e sull'uso di prodotti chimici, l'utilizzo intelligente del biogas e del digestato nelle nostre aziende è stato un processo spontaneo via via ottimizzato per gli effetti di miglioramento delle rese e della fertilità dei suoli e di riduzione dei costi di concimazione. Oggi le aziende del biogas utilizzano un quantitativo di concimi organici maggiore rispetto ad ogni altra azienda [5].

## **CAPITOLO 2 – I vantaggi del biogas su micro scala**

La produzione di biogas è un processo che, se impostato correttamente, porta molteplici ricadute positive peraltro evidenziate anche da una vasta bibliografia di settore. Gli impianti di biogas si pongono non come una semplice modalità di produzione di energia rinnovabile, ma come elementi di ormai riconosciuta utilità al fine di rendere le attività agricole più sostenibili sotto il profilo ambientale ed economico nel loro complesso [6].

L'uso di digestori su micro scala migliora la sicurezza in campo energetico sia in prospettiva locale che nazionale. Dal punto di vista della sicurezza nazionale, l'auto-provvigionamento di combustibile riduce l'importazione dall'estero, stabilizza l'economia nazionale, evita l'incertezza della domanda e riduce l'impatto delle variazioni di quotazioni dei combustibili fossili. Dal punto di vista locale, la decentralizzazione della produzione di energia migliora la sicurezza delle forniture energetiche per le famiglie.

La diffusione dell'energia alternativa prodotta dai reflui zootecnici può incrementare la competitività sul mercato europeo, contribuendo alla diminuzione dei costi di produzione. L'energia prodotta con questa tecnologia diventerebbe meno costosa se ci fosse una maggiore diffusione dei digestori su micro-scala ed un adeguato servizio di consulenza, obiettivo quest'ultimo perseguito anche con il progetto BioEnergyFarm2.

Un altro aspetto da considerare è la crescente domanda di energia elettrica, nelle aree rurali, dove spesso la rete elettrica è di bassa qualità e soggetta ad avaria. Le attività svolte nelle aziende agricole che necessitano di un continuo apporto di energia sono numerose, quindi disporre di una fonte "auto prodotta" e costante, costituisce un grande vantaggio. L'utilizzo di energia rinnovabile offre vantaggi non soltanto alle generazioni attuali ma, se prodotta con tecniche appropriate, garantisce la sostenibilità dei processi produttivi anche per le generazioni future. La sostenibilità di questo processo dipende dal fatto che la produzione di energia avviene attraverso l'utilizzo di sottoprodotti in sostituzione dei carburanti fossili riducendo, allo stesso tempo, le emissioni di gas clima alteranti.

Per ogni kg. di CO<sub>2</sub> equivalente non prodotta attraverso l'utilizzo di biogas in sostituzione delle fonti fossili, si ha un ulteriore vantaggio, pari alla mancata emissione di un kg. di CO<sub>2</sub> equivalente, dovuto alle evitate emissioni di metano derivanti dalla gestione dei reflui zootecnici. La produzione di CH<sub>4</sub> negli allevamenti deriva dai reflui zootecnici, pertanto, la digestione su micro-scala rappresenta uno dei principali strumenti disponibili per ridurre le emissioni.

La produzione decentralizzata di energia elettrica negli impianti di digestione su micro scala migliora la sicurezza della rete elettrica attraverso una riduzione del carico. Quando le aziende sono energeticamente autosufficienti, il carico sulla rete elettrica locale risulta ridotto e l'intera rete meno soggetta a guasti, inoltre, diminuiscono le spese causate dall'eventuale temporanea assenza di corrente.

I digestori su micro scala, al contrario di molte altre fonti rinnovabili (es. il fotovoltaico e l'eolico) consentono la produzione di energia in modo indipendente dal clima (irraggiamento solare e ventosità) producendo una fornitura costante e programmata. Per tali ragioni questa fonte è preferibile per la produzione di energia destinata all'immissione in rete o per la cessione alle grandi centrali [2].

L'aumento notevole previsto per le fonti rinnovabili non programmabili (eolico e fotovoltaico) porterà a problemi sempre maggiori nel bilanciamento della rete. In questo contesto, quindi, la flessibilità degli impianti a biogas andrebbe valorizzata come una risorsa preziosa per il sistema elettrico e potrebbe essere sfruttata per contribuire alla stabilità della rete elettrica. Affinché ciò diventi possibile sarà necessario aggiornare la normativa legata all'accesso al mercato per impianti di generazione distribuita e aggiornare gli schemi incentivanti. Anche la recente definizione

dell'accordo sulla nuova Direttiva Energia Rinnovabile (RED2), che dovrà essere recepita dagli stati membri entro il 30 giugno 2021, apre nuovi scenari interessanti per il settore del biogas. L'istituzione delle comunità dell'energia, in particolare in ambito rurale e forestale, potrebbe giocare un ruolo chiave per lo sviluppo delle filiere agro-energetiche ed agro-alimentari nazionali [6].

Ci sono molti motivi per cui è importante promuovere la digestione negli impianti di micro-scala. Il digestore su micro scala, in quanto fonte locale di energia, aumenta la sicurezza energetica in misura proporzionale alla conseguente diminuzione del carico sulla rete ed utilizza reflui per produrre energia e fertilizzante. Aiuta gli agricoltori rendendoli autosufficienti e più produttivi. Crea nuovi posti di lavoro e contribuisce ad un risparmio economico nazionale.

Il "digestato" è un fertilizzante migliore del refluo tale quale dato che è ottenibile a costo zero, perché derivante da sottoprodotti aziendali. Gli impianti di digestione su micro scala consentono pertanto un significativo risparmio di fertilizzanti chimici, la cui produzione comporta un rilevante dispendio di energia, permettendo al contempo il mantenimento degli stessi standard produttivi nelle aziende agricole. Inoltre, vengono ridotti gli odori e le emissioni di gas serra, poiché il refluo viene trattato prima dello stoccaggio. Per questa ragione il potenziale dei digestori su micro scala nella riduzione delle emissioni di gas serra è enorme. Il metano viene utilizzato come combustibile invece di essere rilasciato nell'atmosfera, dove potrebbe aumentare il riscaldamento globale di 23 volte in più rispetto alla CO<sub>2</sub> [2].

La digestione anaerobica può essere il cuore di un ciclo ecosostenibile che si integra nel territorio, con riduzione delle emissioni in atmosfera, valorizzazione energetica (biometano, energia elettrica, energia termica) e fertilizzazione dei terreni [1];

Considerare il sistema biogas esclusivamente come uno strumento per la produzione energetica è, quindi, molto limitante. Questa tecnologia, in ragione della sua adattabilità alle dimensioni dell'azienda agricola e alla flessibilità di utilizzo di biomasse e sottoprodotti presenti sul territorio, favorisce l'instaurarsi di sinergie locali tra attori della filiera. Queste permettono di sviluppare un modello agricolo avanzato, competitivo e sostenibile, capace di ottimizzare l'impiego dei fattori produttivi, aumentare le rese e l'efficienza d'uso del suolo e migliorare la fertilità del terreno mediante il continuo ritorno della sostanza organica con l'utilizzo del digestato (biofertilizzante). Al di là della produzione di energia, quindi, il biogas offre una concreta alternativa rispetto al tradizionale modello agricoltura, capace di ridurre significativamente l'impatto ambientale del comparto mantenendo e favorendo la capacità di produrre alimenti di qualità e foraggi [7].

### **CAPITOLO 3 – Emissioni ed aspetti ambientali**

Dal punto di vista delle emissioni inquinanti, la combustione del biogas presenta tutti i vantaggi tipici del gas metano rispetto agli altri combustibili fossili: livelli molto bassi di idrocarburi volatili e di ossidi di azoto e azzeramento di sostanze molto pericolose per la salute come benzene, zolfo e polveri sottili. L'uso del biometano come alternativa al gasolio per l'autotrazione porta ad un significativo miglioramento della qualità dell'aria, per quanto riguarda NO<sub>x</sub> e particolato.

Il principale beneficio ambientale apportato dagli impianti di biogas/biometano consiste in un importante contributo alla riduzione delle emissioni di gas serra in atmosfera.

Una quota consistente delle emissioni globali di metano (si stima intorno al 15-18%) deriva proprio dai processi digestivi e dalle deiezioni animali, soprattutto di bovini e suini. Gli impianti di biogas/biometano intercettano e trasformano parte di questo metano in energia rinnovabile: ogni m<sup>3</sup> di biogas prodotto corrisponde a circa 10 kg di CO<sub>2</sub> evitati in atmosfera. Inoltre, biogas e biometano sono combustibili rinnovabili e in quanto tali sono caratterizzati da emissioni di CO<sub>2</sub> equivalenti del ciclo di vita molto ridotte. In Tabella 5 si può notare che una vettura alimentata a biometano produce emissioni di gas a effetto serra paragonabili a quelle di una vettura elettrica alimentata da un parco eolico [8].

**Tabella 5** Emissioni di gas serra WTW per veicoli alimentati a combustibili fossili, biocarburanti ed elettrici

<b>CONFRONTO EMISSIONI CO2*</b>	
Benzina**	164
Diesel	156
Gpl	141
Gas naturale	124
Etanolo	111
Gas naturale con il 20% di biometano	100
Biodiesel	95
Veicoli elettrici	75
Idrogeno 100% da eolico	8
Veicoli elettrici 100% da eolico	5
<b>Biometano 100%</b>	<b>5</b>

\* Valori espressi in gCO<sub>2</sub>eq/km

\*\* Veicolo di riferimento: motore a scoppio con consumo di 7 litri di benzina per 100 km Fonte: Dena, Agenzia tedesca per l'energia

La digestione anaerobica è un processo naturale che utilizza carbonio di origine biogenica e lo converte in un flusso energetico ad alto valore lasciando un residuo carbonioso ad elevato valore aggiunto agronomico. Le emissioni di gas serra per la produzione di energia sono molto minori rispetto a quelle delle fonti fossili, addirittura negative se prodotto con soli effluenti zootecnici [9] [10]. I risparmi di emissioni climalteranti aumentano all'aumentare della percentuale in peso dei reflui zootecnici rispetto al totale delle matrici in ingresso [6].

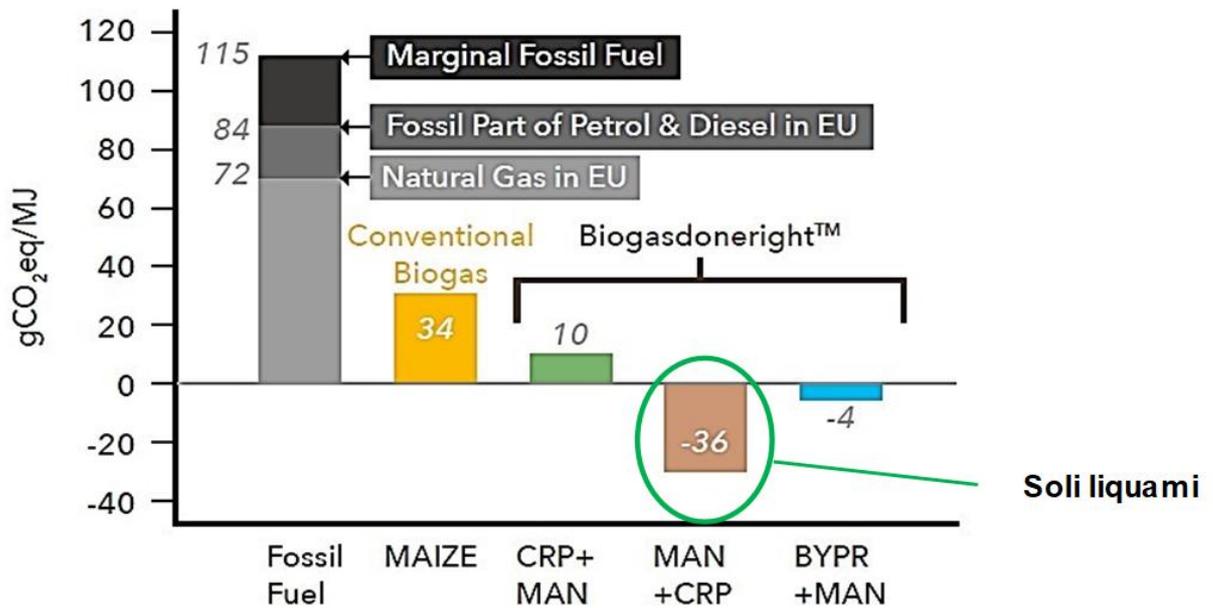


Figura 2: Emissioni di CO<sub>2</sub>eq per la generazione di elettricità: a sinistra per le fonti fossili e a destra i quattro casi oggetto di studio

Bisogna inoltre considerare che il biogas è una risorsa rinnovabile e producibile su scala locale, a differenza del metano estratto dal sottosuolo, che invece comporta lunghi e complessi sistemi di trasporto che sono spesso all'origine di conflitti geo-politici. Da non sottovalutare i benefici anche in termini di deodorizzazione dei reflui zootecnici impiegati. Molti allevamenti zootecnici, infatti, sono ubicati in zone densamente popolate; il trattamento dei reflui negli impianti di biogas produce un residuo quasi completamente privo di sostanze maleodoranti [11].

Secondo il Dlgs n.156 del 03/04/2006 (Codice dell'Ambiente, o Testo Unico Ambientale) gli "impianti di combustione, compresi i gruppi elettrogeni e i gruppi elettrogeni di cogenerazione, alimentati a biogas" sono considerati "impianti e attività in deroga al Titolo I ["Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività"]", e quindi non necessitano di autorizzazione alle emissioni (art.272, Titolo I).

Le emissioni acustiche degli impianti Micro sono a livelli minimi, inferiori a 40dB(A) (rumore all'interno di una biblioteca) a 20m di distanza nella direzione più sfavorevole di propagazione del suono (ISO 9613-2).

Secondo il Dlgs n.387 del 29/12/2003 (Attuazione della Direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità) "le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, autorizzate ai sensi del comma 3, sono di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti".

## **CAPITOLO 4 – Il digestato**

Parlando di valore del processo di digestione anaerobica, ci si sofferma quasi esclusivamente sulla produzione di biogas e sulla sua trasformazione. Tuttavia, per comprendere appieno la virtuosità e la sostenibilità economico-ambientale della filiera, non può essere trascurato l'aspetto della valorizzazione del digestato.

Il digestato è un utile sottoprodotto della digestione anaerobica di matrici organiche e si presenta come un materiale fluido, con particelle solide in sospensione, avente caratteristiche chimico-fisiche e agronomiche tali da poterlo considerare un buon fertilizzante. Il processo di digestione anaerobica, infatti, determina una riduzione della sostanza organica meno stabile, ma non riduce i quantitativi di azoto e fosforo, mentre mineralizza parte dell'azoto organico in azoto ammoniacale rendendolo prontamente disponibile. Il digestato è infatti, come dimostrano diversi studi, una soluzione organica che contiene generalmente un mix di elementi con proprietà fertilizzanti in forme prontamente disponibili, quali gli ioni ammonio e ortofosfato, e diverse altre forme di macro e microelementi fondamentali, quali fosforo, ioni di potassio, di calcio, di magnesio e solfati, a formare un sistema equilibrato e stabilizzato fra le componenti liquida e solida [8].

Il digestato ha le proprietà ideali per essere impiegato in agricoltura, sia come fertilizzante che come ammendante, in sostituzione dei fertilizzanti minerali o sintetici. Il digestato di origine agro-zootecnica può essere impiegato direttamente sui terreni agricoli, nel rispetto dei limiti di azoto previsti per le zone vulnerabili ai nitrati e non, oppure può essere sottoposto a vari procedimenti, tra cui il più diffuso è la separazione tra frazione liquida, ricca di azoto ammoniacale, e frazione palabile, in cui si concentrano l'azoto organico e la sostanza secca. La prima, a pronto effetto, è raccomandata in fertirrigazione; la seconda è utilizzabile come ammendante[1].

La normativa nazionale ha riconosciuto il valore agronomico del digestato, assimilandolo agli effluenti di allevamento col Decreto MIPAAF n.5046 del 25/02/2016.

Il decreto fornisce una norma quadro che supera le differenze a livello regionale e introduce una serie di novità, in particolare:

- la possibilità di utilizzo agronomico del digestato, anche direttamente senza ulteriori trattamenti, a condizione che soddisfino i seguenti criteri:
  - che sia prodotto da impianti di digestione anaerobica alimentati esclusivamente con effluenti di allevamento, scarti vegetali e alcuni scarti dell'agroindustria (art.22 del Decreto);
  - è certo che il digestato sarà utilizzato a fini agronomici da parte del produttore o di terzi; o in caso di utilizzo da parte di terzi, deve esistere un contratto che illustri chiaramente l'oggetto della fornitura, la durata e le modalità di consegna;
- distinzione del digestato in agro-zootecnico e agroindustriale;
- divieto di utilizzazione agronomica del digestato in caso di immissione negli impianti di sfalci o di altro materiale vegetale proveniente da siti di bonifica o da terreni in cui non sono consentite colture alimentari;
- possibilità per le Regioni di modificare il periodo obbligatorio di 60 giorni di divieto di spandimento degli effluenti, a seconda delle diverse condizioni climatico-ambientali;

Il digestato, prodotto negli impianti di digestione anaerobica di piccola taglia, è un fertilizzante migliore rispetto al refluo non trattato perché:

- dispone di una quantità di azoto ammoniacale maggiore,
- produce un odore minore,
- possiede meno microorganismi patogeni,
- è meno acido,

- contiene meno semi di piante infestanti, ▪ attira meno le mosche.

Consideriamo il primo dei vantaggi elencati; il processo di digestione anaerobica produce la “decomposizione” delle sostanze organiche azotate e determina la formazione di azoto ammoniacale (più facilmente assorbito da parte dei vegetali). La frazione di azoto ammoniacale risulta pertanto costantemente maggiore nel digestato rispetto ai reflui utilizzati per l'alimentazione dell'impianto, siano essi derivati dall'allevamento di suini o di bovini.

Nel refluo non trattato, l'azoto ammoniacale rappresenta circa il 50% dell'azoto totale trattandosi di liquame bovino ed il 70% qualora si tratti di liquame suino mentre, in un digestato (costituito per il 50% di liquame suino, 25% bovino e 25% di sottoprodotti organici), esso rappresenta all'incirca l'80%.

Il secondo vantaggio menzionato, ovvero la riduzione degli odori, è la conseguenza di una minore concentrazione di acidi grassi volatili contenuti nel digestato. Alcuni studi confermano che la concentrazione degli odori nell'aria è significativamente minore quando il terreno viene concimato col digestato invece che con reflui non trattati [2].

Altri vantaggi dell'uso agronomico del digestato sono [8]:

- la valorizzazione di uno “scarto” di lavorazione, con recupero parziale dei costi di gestione dei reflui zootecnici;
- la possibilità di disporre di un materiale con proprietà ammendanti, stabilizzato ed igienizzato;
- la possibilità di combinare il processo di digestione anaerobica con tecniche di rimozione e abbattimento dell'azoto;
- la possibilità di utilizzare a distanza la frazione solida, data l'elevata concentrazione di sostanza secca, rendendo così gli effluenti di allevamento più adattabili ad un uso consortile;
- una maggiore efficienza nella gestione dell'azoto (la frazione liquida è ricca di azoto ammoniacale).

Si è diffuso il sospetto che la digestione anaerobica e il successivo spandimento del digestato sui terreni possa favorire lo sviluppo di microrganismi dannosi per la salute umana o per produzioni alimentari di pregio. Il sospetto è nato a proposito dell'impiego di materiali fermentescibili, come gli insilati, che notoriamente favoriscono un aumento della flora batterica. Ma gli studi disponibili ad oggi in letteratura non hanno accertato aumenti di rischi per la salute umana, in seguito a processi di digestione anaerobica, e non ci sono riscontri sanitari che possano essere ricondotti, in modo diretto o anche solo come sospetto fondato, allo spargimento del digestato nei campi. In ogni caso si può sostenere con sufficiente certezza che il rischio da digestato risulta minore di quello da cibi di ristorazione collettiva o da spandimento di letame [12].

Come detto, il digestato è un bio-fertilizzante, co-prodotto della digestione anaerobica ed ha ottime caratteristiche ammendanti e fertilizzanti grazie alla sua stabilità e disponibilità di nutrienti come dimostrato da diversi studi del CRPA e dell'Università di Milano. Diverse esperienze in campo realizzate presso le aziende agricole consorziate al CIB (Consorzio Italiano Biogas), hanno dimostrato come l'apporto continuativo del digestato, oltre a sostituire il fertilizzante chimico (riduzione dei costi colturali media di 290€/ha), contribuisce ad aumentare il tenore di sostanza organica del terreno (incrementi relativi annui di circa 1% e incremento medio di un quinquennio dello 0,2 – 0,3%), migliorando i parametri di fertilità.

Tale dato, è in accordo con le stime della potenzialità di immobilizzazione del carbonio annuo del suolo, mediante la promozione di apporti organici dell'IPCC ed indicano una potenzialità media di sequestro anche superiore a 1 – 3 t CO<sub>2</sub>/ha/anno. Oltre a questo, la sostanza organica immessa

nel terreno ha un ruolo fondamentale nell'incremento della fertilità. Infatti, un terreno con alto tenore di materia organica è in grado di divenire più resiliente agli effetti del cambio climatico mantenendo una maggiore capacità di ritenzione idrica (può assorbire acqua fino a 20 volte il proprio peso) dando maggiore autonomia relativa e disponibilità idrica durante i periodi di siccità, trattenendo meglio le acque piovane durante gli eventi piovosi intensi.

Queste caratteristiche sono molto importanti in un paese come l'Italia, soggetto a eventi idrogeologici, perdita di sostanza organica in Pianura Padana e alto rischio desertificazione, soprattutto al sud [7], dove può essere impiegato per restituire fertilità ai terreni. Dove il suolo agricolo è degradato o a rischio di desertificazione, il digestato diventa un prodotto importante per garantire la salute dei nostri suoli e la sicurezza alimentare [4].

L'impiego del digestato come fertilizzante consente lo sviluppo di un'agricoltura sostenibile fondata sulla chiusura del ciclo del carbonio: dalla terra come biomassa alla terra come digestato. Inoltre, permette di uscire dal solo orizzonte aziendale e di valorizzare questo materiale sul mercato; in tal modo si agevola il territorio facendo "sistema" e promuovendo una logica di filiera produttiva a ciclo chiuso e di protezione dell'ambiente [12].

## **CAPITOLO 5 – Domande e risposte frequenti (FAQ)**

L'Italia è il secondo produttore di biogas in Europa e il quarto al mondo, ma su questo fronte ci sono ancora grandi margini di crescita. Sono però molto frequenti sui territori le opposizioni alla costruzione di nuovi impianti. Spesso queste obiezioni derivano da una cattiva informazione sui processi di produzione del biogas e del biometano.

La produzione di biogas è fonte di emissioni inquinanti?

- Le emissioni inquinanti durante il processo sono minime rispetto ad altri tipi di impianti e sono più controllate. Il primo step per la produzione di biogas è la digestione anaerobica, ovvero un processo di degradazione attraverso il quale il materiale organico viene trasformato in biogas grazie alla fase di fermentazione che avviene in ambienti chiusi, in assenza di ossigeno e senza rilascio di emissioni gassose in atmosfera. La miscela di gas viene depurata attraverso la rimozione di solidi in sospensione e tracce di altri gas (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>) tramite processi quali filtrazione fisica, desolforazione, deumidificazione e filtrazione su carboni attivi.

La produzione di biogas è fonte di sviluppo di batteri patogeni, ad esempio clostridi, nel digestato?

- La letteratura scientifica è ampiamente concorde nel ritenere che il processo di digestione anaerobica abbatta il contenuto della maggior parte dei batteri nocivi per l'uomo, rendendo più sicuro l'uso del digestato rispetto al refluo zootecnico tal quale in ingresso. I risultati infatti indicano non solo una sostanziale neutralità dei processi anaerobici ma anche un'evidente tendenza alla diminuzione di patogeni dopo la digestione. È utile ricordare che il digestato è stato inserito nell'elenco degli ammendanti che possono essere utilizzati in agricoltura biologica.

La produzione di biogas è fonte di odori sgradevoli?

- La digestione anaerobica in ogni caso abbatte gli odori delle materie prime trattate, ottenendo anzi un effetto igienico sanitario sulla materia prima utilizzata. Il digestore non produce odori essendo una vasca chiusa e "sigillata" dall'ambiente esterno. Gli odori

possono essere generati dal tipo di matrici impiegate, nel caso di liquami zootecnici o insilati, e dalle attività che le generano come le stalle. Ma un'adeguata gestione dei sistemi di stoccaggio ed alimentazione riduce notevolmente il rischio.

Gli impianti biogas di micro-taglia utilizzano colture alimentari come materia prima?

- I micro impianti di proprietà delle aziende agricole di allevamento vengono progettati per funzionare alimentati dalle sole deiezioni zootecniche. Il legislatore consentirebbe un utilizzo di prodotti e sottoprodotti agricoli (comunque esclusivamente di proprietà dell'azienda agricola) fino al 20% della quantità alimentata, ma questa possibilità è spesso ignorata o limitata a pochi punti percentuali per via della minor efficienza economica rispetto al funzionamento a sole deiezioni. Inoltre, a differenza di una decina di anni fa, gli attuali decreti che regolano la produzione di biogas e biometano danno i maggiori incentivi ai piccoli impianti alimentati con sottoprodotti e/o reflui zootecnici. Relativamente alla situazione Italiana, è importante ricordare che la superficie agricola utilizzata per colture dedicate alla produzione di biogas occupa circa il 3% della superficie agricola nazionale, mentre i terreni abbandonati sono in costante aumento. Negli ultimi 50 anni l'Italia ha perso oltre un terzo dei terreni agricoli (da 18 a 12 milioni di ettari).

Lo sfruttamento e recupero del biogas dai reflui zootecnici può a lungo andare determinare una significativa riduzione dell'apporto di carbonio organico nei terreni tale da favorire il processo di desertificazione degli stessi?

- Il rischio di una riduzione dell'apporto di carbonio organico ai terreni non si presenta in quanto è pratica comune che il digestato venga utilizzato per la fertilizzazione delle colture al posto degli effluenti zootecnici da cui deriva. Anche se il tenore di carbonio organico del digestato risulta necessariamente inferiore rispetto a quello degli effluenti zootecnici, si tratta di un carbonio più stabile, che è quindi in grado di contribuire meglio all'accumulo di sostanza organica stabile nei suoli. Nelle zone poi dove la zootecnia non è più presente gli impianti di digestione anaerobica, grazie alla distribuzione del digestato, possono costituire un elemento che favorisce un ritorno di sostanza organica a suoli, che altrimenti rischiano effettivamente di impoverirsi.

I residui della fermentazione anaerobica (digestato), come vengono impiegati? Sono gestibili dal punto di vista sociale?

- Il digestato, prodotto dalla fermentazione anaerobica di matrici organiche, generalmente effluenti zootecnici, che avviene negli impianti di biogas, è destinato all'utilizzo agronomico sia tal quale che dopo un trattamento di separazione della frazione solida e liquida, allo stesso modo dei liquami/letami da cui deriva. Sono possibili anche trattamenti più spinti dai quali si ottengono fertilizzanti o ammendanti per uso agronomico (la legge 27 dicembre 2019, n. 160 stabilisce le condizioni con cui il digestato può essere considerato equiparabile a un fertilizzante chimico). Il digestato ha comunque un minor carico olfattivo rispetto al liquame tal quale, per via di una parziale degradazione della sostanza organica contenuta, in particolare gli acidi grassi volatili, che emanano cattivo odore. La minore offensività odorigena del digestato è comunemente riconosciuta in tutti gli studi internazionali.

## **CAPITOLO 6 – Posizione del MIPAAF**

A testimonianza del sempre maggiore impulso degli indirizzi politici verso lo sviluppo delle bioenergie, si riporta un estratto del documento realizzato dal MIPAAF “Posizione del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari, Forestali e del Turismo e sul Piano Clima Energia e Sulla Red II” [14].

<< [...] La posizione del MIPAAF, espressa in questa nota, riguarda la proposta concernente il piano nazionale Energia – Clima e gli adempimenti relativi al recepimento della direttiva RED II, in considerazione della complementarità tra i due documenti e quindi della necessità di un approccio coerente.

È assolutamente necessario che il piano Energia – Clima abbia una visione complessiva, evidenziando la possibile mitigazione degli effetti climalteranti ottenibili nei singoli settori e le implicazioni per le emissioni in altri comparti (ad esempio, l'elettrificazione del trasporto o del riscaldamento ha implicazioni dirette per la necessità di ulteriori investimenti nella produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili). Gli obiettivi settoriali devono inoltre essere coerenti tra loro, riflettendo sia il fatto che non tutti i settori saranno in grado di decarbonizzare alla stessa velocità, sia la probabilità che strategie di successo in un settore abbiano implicazioni per le emissioni in un altro.

I settori utilizzatori di terre, quali l'agricoltura, possono dare un contributo sostanziale agli sforzi di mitigazione non solo riducendo le emissioni di gas serra, ma anche attraverso emissioni negative (sequestro del carbonio nei suoli, biomassa e legno per usi duraturi) e attraverso il sostegno ad altri comparti (ad es. riscaldamento, energia e trasporti) in sostituzione di una parte dei combustibili e dei materiali ad alta intensità di carbonio. Una strategia a lungo termine deve gestire al meglio il carbonio che fluisce aumentandone l'efficienza e la durata nel tempo. In particolare, le foreste possono compensare le emissioni di altri comparti energetici che sono costose o difficili da contenere, ma si deve riconoscere e quantificare il loro contributo. Una parte dei boschi italiani è gestita in maniera sostenibile e costituisce fonte di integrazione al reddito di chi risiede in zone rurali e montane e che svolge una vitale funzione di presidio territoriale. In totale, nei boschi italiani, sono accumulati 1,24 miliardi di tonnellate di carbonio, in media a 141,7 t/ha, corrispondenti a 4,5 miliardi di tonnellate di anidride carbonica atmosferica. Per l'accrescimento degli alberi vengono fissati annualmente 12,6 Mt di carbonio, che corrispondono ad un assorbimento di anidride carbonica dall'atmosfera di 46,2 Mt, pari a circa 5 t/ha di CO<sub>2</sub> equivalente (RAF).

Un altro aspetto fondamentale è la coerenza tra gli sforzi per ridurre le emissioni da un lato e la domanda crescente di biomassa da parte di una bioeconomia in crescita. Agricoltura e foreste, oltre ad agire come “*carbon sink*”, costituiscono una fonte di biomassa per sostituire le tradizionali fonti di energia nei trasporti, riscaldamento ed energia e come fonte di prodotti ad alto valore aggiunto ed alternativi per sostituirli con quelli ad alta intensità di carbonio.

[...] Per ridurre le emissioni, il settore agricolo dovrà concentrarsi anche su una migliore gestione degli effluenti (in particolare bovini, suini e avicoli), dei prodotti chimici di sintesi (specialmente l'urea) e dell'alimentazione animale e, infine, su una migliore gestione del carbonio nel suolo e nella vegetazione.

In fase di recepimento della REDII (Direttiva 2018/2001) e di attuazione delle politiche climatico energetiche delineate nel Piano energia clima è opportuno:

- ✓ promuovere l'autoconsumo in ambito agricolo e forestale dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, attraverso l'esplicita inclusione dei siti agricoli, in aggiunta alle famiglie ed ai siti commerciali, superando l'attuale limite sull'autoconsumo che vede ogni impianto FER collegato ad un solo consumatore

finale. In ambito agricolo, ci sono ampi margini di crescita dell'autoconsumo a condizione però che venga consentita la cessione di energia ai diversi siti produttivi/unità locali, anche situati in comuni/province diverse da quelle di installazione dell'impianto, purché riconducibili al medesimo soggetto produttore. Inoltre, nell'ambito della diffusione di comunità dell'energia rinnovabile nelle aree periurbane e rurali sarà fondamentale sostenere, attraverso meccanismi di incentivazione della produzione elettrica e termica, la crescita delle bioenergie.

- ✓ Istituire delle misure volte a promuovere nel settore agricolo e zootecnico la produzione di energia elettrica da biogas prodotto dalla digestione anaerobica di sottoprodotti, in particolare effluenti zootecnici, e colture, in impianti integrati nel ciclo produttivo di una impresa agricola e/o di allevamento o realizzati da più soggetti organizzati in forma aggregata. Ciò al fine di valorizzare biomasse di scarto, colture non alimentari e colture in secondo raccolto, realizzando la bioeconomia circolare, grazie alla duplice produzione di energia e ammendante, riducendo l'impatto delle emissioni del comparto agrozootecnico e favorendo lo stoccaggio di CO<sub>2</sub> nei suoli agricoli.
- ✓ Favorire la sostituzione dei fertilizzanti minerali, in particolare di quelli azotati, attraverso l'uso del digestato prodotto dagli impianti a biogas alimentati da effluenti di allevamento.
- ✓ Ampliare l'elenco delle biomasse di origini agricole ed agroindustriali destinabili alla produzione di biocarburanti avanzati, di cui all'allegato IX, parte A della direttiva UE 2001/2018, (la direttiva prevede una procedura in tal senso) ed, in ogni caso, in fase di recepimento, appare importante valutare la possibilità di colmare le carenze della direttiva al fine di consentire la completa valorizzazione energetica di tutti i residui derivanti da attività agricole e da attività connesse e una più ampia valorizzazione delle colture di secondo raccolto per quanto attiene la produzione di biometano avanzato.
- ✓ Per quanto riguarda il rafforzamento dei criteri di sostenibilità per la bioenergia operato dalla direttiva, con l'estensione del campo di applicazione a biomassa e biogas per il riscaldamento e il raffrescamento e per la produzione di energia elettrica, con particolare riferimento all' art. 29 (Criteri di sostenibilità e di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra per i biocarburanti, i bioliquidi e i combustibili da biomassa), si rileva la necessità di evitare inutili appesantimenti in termini di costi e oneri amministrativi a carico di piccole imprese che impiegano biomasse di provenienza territoriale, prevedendo soglie di esenzione e la possibilità di ricorrere ai metodi presuntivi standardizzati.
- ✓ Intervenire attraverso una corretta comunicazione rivolta ai cittadini con campagne pubbliche di informazione sulle energie rinnovabili ed in particolare sulle peculiarità delle diverse fonti rinnovabili ed in particolare sulle potenzialità energetiche della biomassa di scarto prodotta dal settore agroforestale e della loro importanza nel mix di produzione nazionale ai fini del contrasto al cambiamento climatico e per l'indipendenza energetica del nostro Paese, anche coinvolgendo gli enti formativi delle Organizzazioni professionali prevedendo specifiche risorse da destinare a tali attività. [...] Non bisogna sottovalutare il ruolo che il biogas e biometano possono giocare nel soddisfare la crescita della domanda di energia rinnovabile, apportando

pienamente il proprio contributo agli obiettivi in materia di clima ed energia dell'UE, sia nel settore dei trasporti, sia nel settore elettrico. Il potenziale del biogas individuato nella proposta di Piano risulta pertanto sottostimato. A tal fine, vanno poste le basi per consentire un ulteriore sviluppo della produzione di energia elettrica da biogas da matrici agricole e zootecniche. A tale proposito, si sottolinea che la produzione di biogas da biomasse agricole, ed in particolare da effluenti d'allevamento, è una condizione indispensabile per migliorare ulteriormente la sostenibilità delle produzioni agricole e zootecniche (prodotti lattiero-caseari e carne). Inoltre, l'utilizzo del digestato (sottoprodotto della digestione anaerobica delle biomasse) come fertilizzante organico consente di ridurre l'utilizzo di concimi minerali da un lato e di incrementare la sostanza organica nel suolo con un miglioramento del bilancio dei gas a effetto serra delle produzioni animali e vegetali. Al fine di sfruttare al meglio tali potenzialità, il MIPAAFT ribadisce la necessità di valorizzare l'intero ventaglio delle colture di secondo raccolto e di copertura (indipendentemente dal contenuto di amido anche tenuto conto delle recenti indicazioni della Commissione sulle colture a che comportano o meno un rischio ILUC; ciò soprattutto per la produzione di biometano avanzato. Un maggiore ricorso alle doppie colture<sup>6</sup> o colture intercalari (colture per il mercato energetico che precedono o seguono una coltura food o feed nella medesima annata agraria) consente da un lato di ridurre le emissioni di GHG (il mantenimento del terreno coperto tutto l'anno consente di incrementare l'assorbimento di CO<sub>2</sub>), ridurre i fenomeni erosivi e di dilavamento del terreno, ridurre lo sviluppo di malerbe, incrementare la sostanza organica del suolo e, dall'altro, aumentare la competitività del settore delle imprese agricole, nel rispetto dei principi della sostenibilità ambientale – in particolare con riferimento all'uso dell'acqua e al bilancio dei nutrienti - e senza alcuna competizione con la produzione alimentare.

In conclusione, si afferma che le bioenergie, debbano essere ulteriormente promosse tenuto conto dell'ampia disponibilità di biomasse e dell'opportunità di una loro valorizzazione energetica sia per quanto riguarda le biomasse residuali, agricole e forestali, che le colture, per le ragioni e con le precisazioni espresse in precedenza.

Per quanto riguarda in particolare la produzione elettrica, si ritiene che gli attuali livelli di produzione possano e debbano essere mantenuti al 2030 (20 TWh) attraverso la previsione di politiche e misure di sostegno che tengano conto della capacità di mitigazione degli effetti del cambiamento climatico, attraverso l'assorbimento della CO<sub>2</sub>, delle filiere a biomasse.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] Progetto "ISAAC" (EU-H2020), "HANDBOOK – Corso di Formazione per Tecnici e Funzionari della Pubblica Amministrazione", 2018, [www.isaac-project.it](http://www.isaac-project.it).
- [2] Progetto "BioEnergyFarm2" (EU-IEE), Deliverable 3.1: "Cosa dovrebbero sapere i Politici riguardo gli impianti di biogas di piccola taglia", 2014, [www.bioenergyfarm.eu](http://www.bioenergyfarm.eu).
- [3] Legambiente, "Lo sviluppo del biometano per l'economia circolare e la lotta alla crisi climatica in Italia", 2021.
- [4] Legambiente, Unfakenews: "Biogas e biometano", 2021, [www.unfakenews.legambiente.it/](http://www.unfakenews.legambiente.it/).
- [5] QualEnergia, "Come si è arrivati al "biogas fatto bene" e quanto c'è ancora da fare", 2018.

- [6] Fiper, QUADERNO CMA – STRATEGIA 2024: “BIOGAS: Driver per la filiera agroalimentare”, 2018.
- [7] CIB (Consorzio Italiano Biogas), Expo 2015: “Il contributo del CIB – Consorzio Italiano Biogas per gli Stati Generali del Clima”, 2015.
- Progetto “ISAAC” (EU-H2020), “BiogasDoneRight”, 2018, [www.isaac-project.it](http://www.isaac-project.it).
- [8] Progetto “ISAAC” (EU-H2020), Deliverable D4.3: “Linee guida per realizzare impianti per la produzione di biogas/biometano “fatti bene””, 2016, [www.isaac-project.it](http://www.isaac-project.it).
- [9] Progetto “ISAAC” (EU-H2020), Claudio Fabbri: “Biogasdoneright”, 2018.
- [10] Biofuels Bioproducts and Biorefining 11(5) 847-860, “Greenhouse gas emissions of electricity and biomethane produced using the Biogasdoneright™ system: four case studies from Italy”, 2017.
- [11] Nextville, “Aspetti ambientali del biogas”, 2009.
- [12] Legambiente, “Il Biogas Criteri per una Produzione Sostenibile”, 2016;
- [13] ISPRA, “Domande relative alle emissioni in atmosfera in Italia”, 2020, <https://www.isprambiente.gov.it/it/events/domande-e-risposte/domande-emissioni-in-atmosfera-2020>. [14] MIPAAF, “Posizione del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari, Forestali e del Turismo e sul Piano Clima Energia e Sulla Red II”, 2019.

## PARTE II – APPROFONDIMENTO TECNICO: LA TECNOLOGIA MICRO

### CAPITOLO 7 – Generalità

La Tecnologia Micro è il Sistema di biodigestione anaerobica che conta il maggior numero di installazioni di micro-impianti biogas in Italia con potenza inferiore ai 100kW elettrici, mutuando l'esperienza di Partners industriali che da oltre un decennio sviluppano questa tecnologia con oltre 300 installazioni in Europa.

La tecnologia Micro offre impianti compatti, automatici, di rapida installazione e semplice utilizzo, per la produzione di energia rinnovabile a partire dai soli liquami e letami escreti dagli animali del comparto zootecnico. In tal modo anche piccoli allevamenti possono dotarsi di questa tecnologia.



La tecnologia Micro consente di produrre energia elettrica e calore su micro-scala, utilizzando come materiali in ingresso le sole deiezioni zootecniche provenienti da una singola azienda agricola. Allo scopo, si sfrutta il processo biologico naturale della digestione anaerobica, che avviene all'interno di una vasca chiusa in acciaio inox, riscaldata e miscelata, chiamata digestore (o reattore).

Il processo naturale, che avviene spontaneamente nel digestore in condizioni controllate, trasforma una parte degli effluenti in un gas combustibile ad alto valore aggiunto: il biogas. Il biogas prodotto è indirizzato nel container tecnico posto a fianco del digestore, dove viene purificato e destinato ad alimentare un gruppo di cogenerazione equipaggiato con motori endotermici ciclo otto alimentati a gas accoppiati a generatori elettrici, che permettono la generazione simultanea di energia elettrica e calore. In questo modo si riesce ad ottenere un'efficienza combinata fino al 90% dell'energia primaria contenuta nel biogas.



Indicativamente, ogni 100 UBA in lattazione si riescono a produrre 25kW elettrici e 45 kW termici (lordi), in maniera costante 24/24h. La tecnologia si adatta anche ad allevamenti suini, avicoli, cunicoli e ovini.

Gli impianti di tecnologia Micro necessitano di un impegno superficiale ridotto, sono di altezza contenuta, ed essendo pensati per sorgere accanto (o all'interno) dell'insediamento zootecnico, non comportano un aumento significativo dell'impatto visivo sul territorio.

Il funzionamento dell'impianto è completamente automatico e gestibile da remoto ovunque si abbia a disposizione una connessione internet, anche da smartphone attraverso l'applicazione web dedicata. Non v'è necessità di prevedere manodopera completamente dedicata alla gestione/supervisione dell'impianto, l'allevatore è chiamato a svolgere solo semplici operazioni che richiedono un tempo minimo (15min al giorno in media); in tal modo egli può continuare a dedicare il proprio tempo alla cura e sviluppo della sua attività principale (l'allevamento) beneficiando parallelamente di costi operativi ridotti al minimo per la gestione dell'impianto.

## CAPITOLO 8 – L'impianto con tecnologia "Micro"



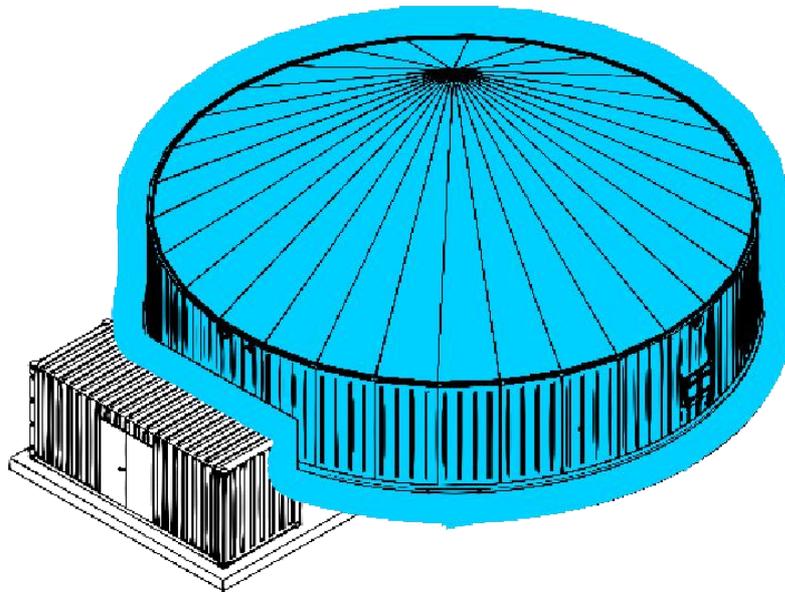
L'impianto **Micro** è un prodotto finito, progettato, realizzato e pre-collaudato nella sezione tecnologica prima di raggiungere il sito di installazione, ed è classificabile come macchina/macchinario; si presenta con natura di oggetto imbullonato e facilmente amovibile. Le operazioni di installazione/montaggio sono completate in pochi giorni da parte di installatori professionali autorizzati, seguendo le precise prescrizioni del fabbricante. Le opere di complemento richieste sono soltanto: la realizzazione di una platea/basamento in cls armato ove appoggiare e imbullonare l'impianto, il collegamento elettrico al punto di utilizzo/consegna dell'energia elettrica prodotta, le connessioni idrauliche per l'alimentazione del liquame e scarico digestato, le condotte di "teleriscaldamento" per indirizzare l'acqua calda proveniente dal recupero termico verso le utenze aziendali. La tecnologia Micro consiste in un unico micro-impianto di biogas integrato costituito da:

- Digestore/reattore – realizzato in acciaio inox e coibentato. Il digestore è provvisto di un sistema di tenuta e regolazione del biogas costituito da doppia membrana tecnica in PVC armato con tessuto in poliestere. È dotato di un adeguato sistema di riscaldamento e miscelazione, nonché delle sicurezze contro le sovra e sotto pressioni.
- Container tecnico – allestito a partire da un container marittimo da 15 o 22piedi in acciaio CorTen, equipaggiato per raggiungere gli standard di qualità richiesti. All'interno del container tecnico si trovano già installati e collaudati gli impianti tecnici: il gruppo di cogenerazione, le sotto-reti (biogas, recupero termico, elettrico/elettronico) ed il sistema di controllo e gestione.

L'impianto gode di conformità del produttore su tutti i componenti forniti, ovvero dell'impianto nel suo complesso (digestore e container). L'impianto è autorizzabile al funzionamento e gode di alti standard di sicurezza delle componenti e degli operatori. All'occorrenza può essere dotato di torcia di combustione del biogas prodotto in eccesso e di altri optional.

L'impianto è classificato come macchina/macchinario, imbullonato, facilmente amovibile. È conforme alle direttive, macchine, ATEX, dispositivi elettrici in bassa tensione e altre.

### **8.1 – Il digestore**



Il digestore ospita la digestione anaerobica e quindi la produzione di biogas in un ambiente chiuso e controllato. Le condizioni di processo sono mantenute stabili e gestite in automatico dal sistema di controllo.

Per garantire il funzionamento del cogeneratore 24/24h, la produzione di biogas è mantenuta continua e costante. Per ottenere questo risultato, il digestore è alimentato tutti i giorni della produzione quotidiana di deiezione zootecnica proveniente dall'allevamento (o di altri sottoprodotti) frazionata in più pasti. In questo modo si evita anche l'accumulo dei liquami e letami tal quali (o altri sottoprodotti) nelle aree esterne accanto alle stalle, spesso a cielo aperto. L'alimentazione quotidiana rappresenta solo una frazione del volume idraulico (capienza) del digestore, che ha la capacità di contenere diverse settimane di produzione di effluenti dell'allevamento. Il livello del materiale digestante nel digestore è misurato, registrato e monitorato in tempo reale dal sistema di controllo, che è in grado di impedirne un eccessivo riempimento disabilitando le pompe, se necessario. Un sistema di sicurezza passivo di protezione contro il "troppo pieno" è comunque presente.

Il digestore viene realizzato unendo un numero definito di pannelli prefabbricati realizzati in acciaio inox e rivestiti con materiale coibente per assicurare l'isolamento termico. L'installazione del digestore viene eseguita in 7-14 giorni a seconda della taglia.

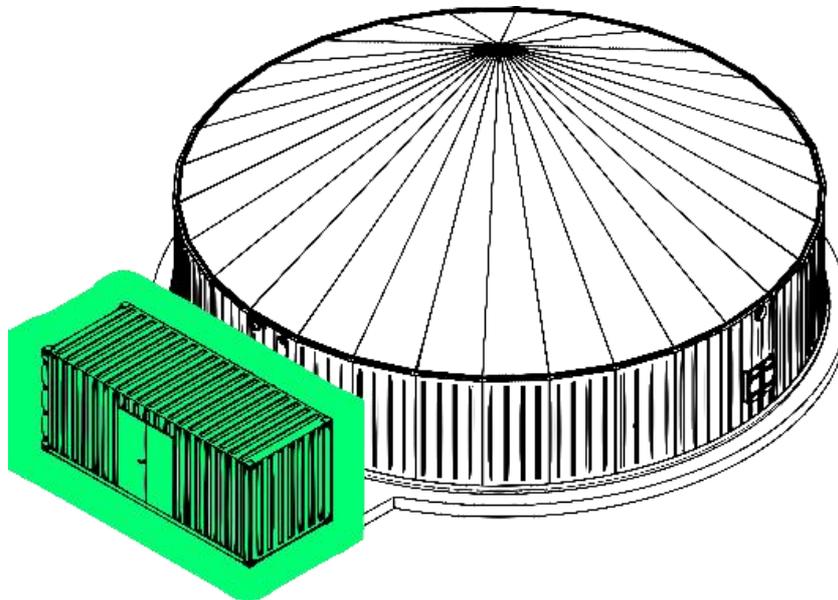
È dotato di riscaldamento esterno tramite ricircolo del digestato in uno scambiatore "tubo-in-tubo" e di miscelatori ad elica. Il digestore viene uniformemente riscaldato ad una temperatura di 42°C, sfruttando il calore auto-prodotto dalla fase di cogenerazione. Il digestore ospita anche la fase di desolfurazione biologica, i dispositivi di sicurezza per sovrappressioni e troppo-pieno, oltre alla sensoristica necessaria per il controllo di processo.

Il digestore è completamente chiuso in sommità attraverso un sistema con doppia membrana in PVC armato, che assicura la tenuta del biogas, la protezione contro gli agenti atmosferici e l'auto-regolazione della pressione interna al digestore. Il digestore si trova così ad essere ermeticamente isolato dall'ambiente esterno, non producendo alcun odore. La pressione nominale del biogas durante il normale funzionamento è di 2-3 millibar (0,002-0,003 atmosfere), con un massimo di 4-5 millibar, oltre i quali si attivano i dispositivi di sovrappressione.

Il volume del biogas generato è misurato, registrato e monitorato in tempo reale dal sistema di controllo.

Il reattore può essere equipaggiato di vari sistemi di desolfurazione del biogas. La desolfurazione di tipo biologica opera senza necessità di manutenzione ed utilizzo di reagenti, ed è costituito da una rete speciale posizionata sotto la membrana gas più interna, che viene spontaneamente colonizzata da batteri solforiduttori. La desolfurazione di tipo chimico-fisica sfrutta l'aggiunta di una modesta quantità di ossido di ferro (innocuo, economico ed ampiamente disponibile poiché simile alla comune ruggine) all'interno del digestore che si lega allo zolfo presente nel digestante evitando che gassifichi. Questi sistemi sono in grado di ripulire il biogas da oltre il 99% del contenuto di zolfo iniziale (da 2.000-3.000ppm a 5-30ppm H<sub>2</sub>S). Le tracce di impurità residue sono poi definitivamente rimosse mediante filtri a carbone attivo.

## 8.2 – Il Container tecnico



Il container tecnico ospita tutta la sezione tecnologica elettromeccanica e di controllo. Viene allestito e collaudato prima della consegna ed è quindi "pronto a partire" (plug and play). Il container è insonorizzato e rimane sempre chiuso durante il normale funzionamento dell'impianto. Il container contiene tutta la parte tecnologica ed i sottosistemi:

- linea biogas,

- gruppo di cogenerazione,
- quadro di potenza, comando e controllo, elettronica di processo,
- linea di recupero e gestione del calore prodotto che utilizza come vettore acqua miscelata a glicole.

L'impianto è dotato di uno scambiatore di calore a piastre di disaccoppiamento per il recupero a servizio delle utenze aziendali del calore in esubero prodotto dalla fase di cogenerazione.

Alcuni componenti come il sistema di trattamento gas e talvolta lo scambiatore di calore esterno per il riscaldamento del digestore sono posizionati al di fuori del container tecnico, nello spazio tra digestore e container, per questioni di maggiore accessibilità e sicurezza.

Le condotte di collegamento della linea gas tra digestore-container-motori ed i componenti in cui scorre il biogas sono in acciaio inox. La linea gas è dotata di valvole automatiche di sicurezza normalmente chiuse, che impediscono la circolazione del biogas quando i motori non sono in funzione, confinandolo in una porzione ristretta. La pulizia del biogas è misurata grazie ad un analizzatore gas che può essere portatile oppure fisso a seconda dell'applicazione.

Quando gli apparati elettromeccanici del container sono in funzione è attivo un sistema di ventilazione che consente un ricambio completo dell'aria interna ogni pochi secondi.

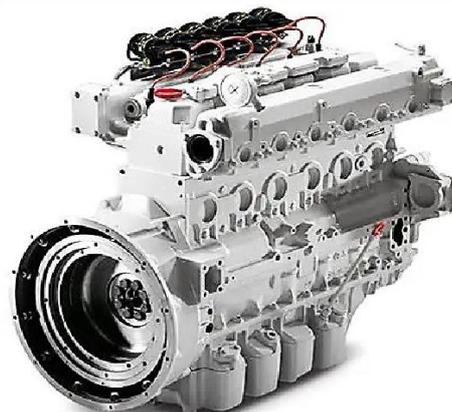
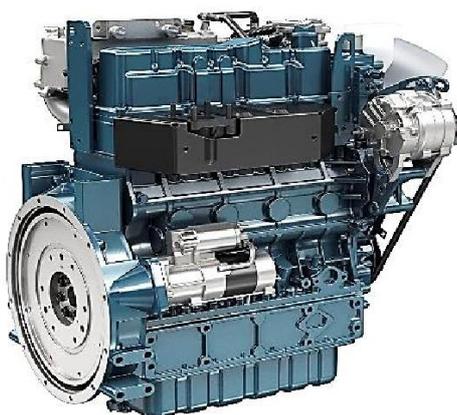
È presente anche un sistema di deumidificazione del biogas, un sistema di sicurezza passivo contro le sovra e sotto pressioni (guardia idraulica), oltre ai filtri a carbone attivo richiamati in precedenza. Quando richiesto si equipaggia anche la torcia di combustione del biogas in esubero.

Sono presenti anche i sistemi di controllo, misura e gestione del materiale alimentato e del digestato, che viaggiano attraverso condotte apposite in PVC o PE certificate fino a una pressione di 6 o 10bar (PN6-PN10).

## **CAPITOLO 9 – Cogenerazione**

I cogeneratori di tecnologia Micro sono realizzati a partire da motori ciclo otto a 4 tempi alimentati a gas di primaria casa costruttrice, associati a generatori sincroni o asincroni a seconda delle applicazioni. Trovano collocazione all'interno del container tecnico con modalità tali da garantirne una corretta insonorizzazione ed isolamento dall'ambiente esterno.

L'allestimento dei cogeneratori è selezionato in maniera tale da garantire un funzionamento continuo del gruppo h24 caratterizzato da fermi macchina minimi per le manutenzioni. La stessa manutenibilità del cogeneratore è pensata per essere non complessa, dando la possibilità al gestore dell'impianto di potersi occupare direttamente della maggior parte delle operazioni di manutenzione ordinaria, se lo desidera, con una formazione minima.



L'efficienza dei gruppi di cogenerazione è verificabile nelle schede tecniche specifiche di ogni taglia di impianto. Si riportano di seguito i valori massimi nominali di rendimento riferiti all'energia primaria (chimica) del combustibile introdotto nel motore. I valori effettivi di rendimento globale dipendono sostanzialmente dal dimensionamento degli scambiatori di calore sui gas di scarico dei motori, che viene definito in base alle capacità specifiche di recupero termico della singola azienda.

Taglia	Efficienza globale	Efficienza elettrica	Efficienza termica	Potenza termica
<b>25 kW</b>	90%	33%	57%	43 kW
<b>37 kW</b>	90%	34%	56%	61 kW
<b>49 kW</b>	90%	35%	55%	77 kW
<b>63 kW</b>	90%	36%	54%	94 kW
<b>77 kW</b>	90%	36%	54%	115 kW

La produzione di calore dei gruppi di cogenerazione avviene sottoforma di acqua calda a 80-85°C. Al fine di massimizzarne il recupero, il calore è estratto sia dal liquido di raffreddamento del motore (camicie), sia dai suoi gas di scarico. Circa il 50% del calore così estratto è riutilizzato per mantenere il digestore in temperatura; la restante parte può essere impiegata per soddisfare i fabbisogni di calore dell'allevamento, sia invernali (riscaldamento acqua di abbeveraggio, sala mungitura, cascina, ecc.) che estivi (essiccazione del foraggio).

Fino al 90% dell'energia primaria contenuta nel biogas è convertita e recuperata sottoforma di energia elettrica e acqua calda; in tal modo si sfrutta al massimo il valore potenziale del biogas prodotto. L'efficienza (rendimento) di conversione della tecnologia Micro è quindi altissima.

## **CAPITOLO 10 – Dimensionamento**

Poiché ogni allevamento è differente dall'altro, anche i liquami/letami prodotti saranno di "qualità" e quantità differente a seconda delle caratteristiche peculiari della gestione e delle strutture dell'azienda.

Per soddisfare ogni esigenza, sono disponibili cinque taglie di impianto: 25, 37, 49, 63 e 77kW. Le taglie di impianto differiscono l'una dall'altra principalmente per la dimensione della vasca di digestione, essendo le dimensioni del container sempre le stesse, eccezion fatta il 25kW che prevede un container ridotto a 15piedi.

Tipicamente la tecnologia Micro riesce a produrre 25kW ogni 10-12 tonnellate di liquame bovino (vacche da latte) in ingresso, che corrispondono a circa 100 UBA in lattazione, con le seguenti caratteristiche:

- Sostanza secca 9-10%,
- Sostanza organica in rapporto alla sostanza secca 80%,

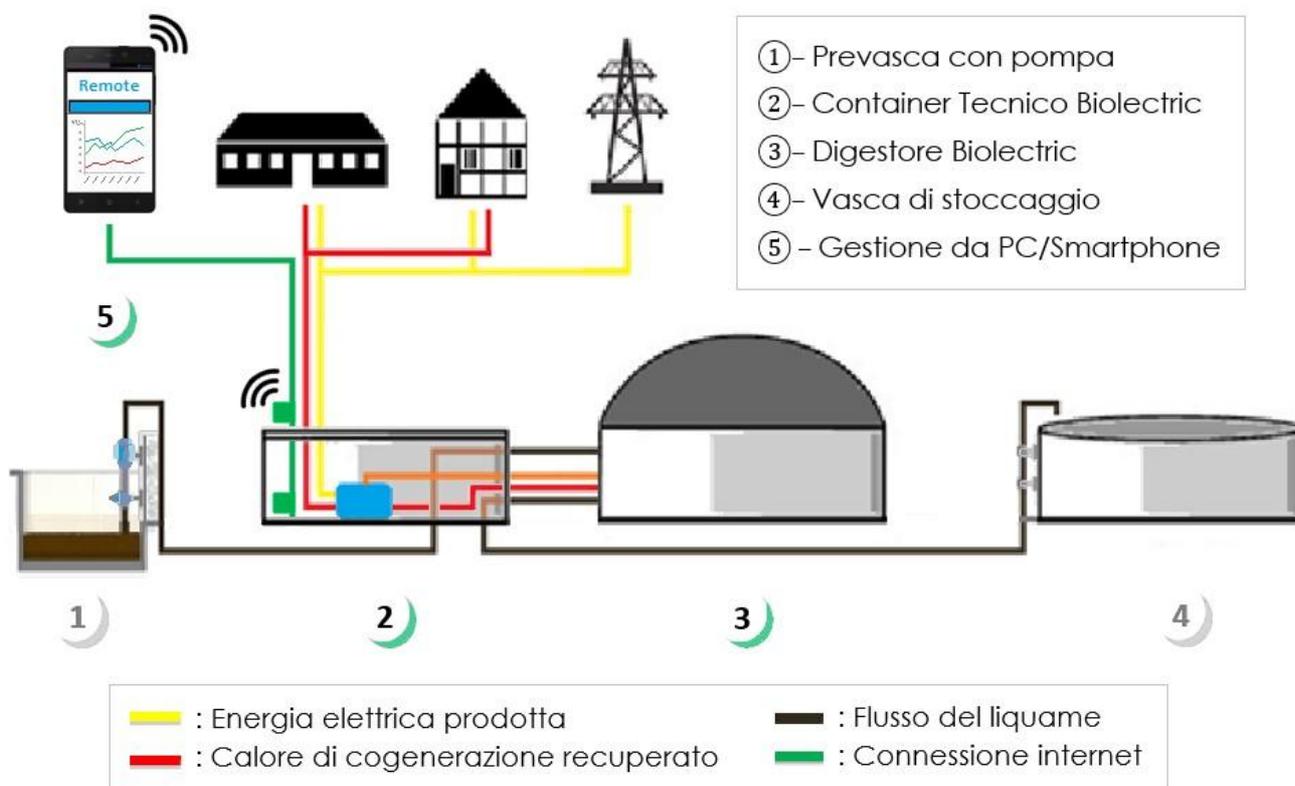
- Potenziale produttivo di biogas >25 m<sup>3</sup>/t di tal quale,
- Azoto del liquame 3-5% della sostanza secca, di cui il 40% ammoniacale.

Il processo di digestione anaerobica non determina un aumento della volumetria del digestato da gestire rispetto al liquame alimentato, all'opposto, se ne riscontra una lieve diminuzione (5%).

## CAPITOLO 11 – Schema di funzionamento

Il funzionamento dell'impianto può essere così schematizzato:

- **Raccolta liquame/letame:** le deiezioni animali prodotte quotidianamente dall'allevamento vengono prelevate e pompate al digestore.
- **Produzione biogas:** gli effluenti subiscono l'azione della digestione anaerobica in un ambiente chiuso e controllato, il digestore, producendo biogas.
- **Generazione energia elettrica e calore:** il biogas prodotto è aspirato e combusto dal motore a gas che si trova all'interno del container. Questo mette in rotazione un generatore elettrico trifase permettendo la produzione di energia elettrica. Abbinato all'apparato di recupero termico configura un sistema cogenerativo.
- **Stoccaggio liquami:** la quota parte quotidiana di deiezioni stabilizzate (digestato) viene pompata all'esterno del digestore ed indirizzata nelle vasche di stoccaggio esistenti nell'azienda.



L'energia elettrica prodotta dall'impianto può essere impiegata per molteplici utilizzi. Una piccola parte (9-10%) è comunque riutilizzata dall'impianto stesso per coprire il suo fabbisogno elettrico, necessario al funzionamento degli apparati elettromeccanici (autoconsumo); la restante parte può coprire i consumi elettrici dell'azienda agricola e/o essere immessa nella rete elettrica nazionale per essere ritirata dal GSE previo contratto.

## **CAPITOLO 12 – Controllo e Monitoraggio**

Gli impianti di tecnologia Micro dispongono di un sofisticato sistema di controllo elettronico che consente un funzionamento completamente automatico, riducendo al minimo il tempo di gestione della macchina. Il microimpianto è quindi in grado di gestire autonomamente i cicli di carico e scarico del digestore, gestire il funzionamento del cogeneratore in base alla quantità e qualità del biogas prodotto, di valutare e regolare le temperature di interesse, gestire il flusso dell'acqua calda prodotta, rilevare anomalie di funzionamento segnalandole al gestore e mettendo l'impianto in sicurezza al contempo.

Il sistema di controllo è gestibile dall'utente anche da remoto attraverso una applicazione web, che permette di visualizzare ed operare le regolazioni ovunque si abbia a disposizione una connessione internet.

## **APPROFONDIMENTO – Recupero calore**

Nonostante le ridotte dimensioni, il micro-impianto dispone di una tecnologia avanzata, che permette un efficiente recupero del calore prodotto dalla sezione di cogenerazione.

Il calore viene prodotto durante la fase di combustione del biogas all'interno del motore primo a ciclo otto, contemporaneamente alla produzione di energia meccanica. L'energia meccanica generata dal motore rappresenta il lavoro utile, che viene poi integralmente convertito in energia elettrica grazie al trascinamento di un generatore trifase. Il calore prodotto dal motore è recuperato e trasferito sottoforma di acqua calda, disponibile per varie applicazioni, non dovendosi obbligatoriamente dissipare come accade in campo automobilistico (dove viene considerato "energia di scarto").

L'energia termica prodotta dal motore a combustione interna è presente in due vettori:

- All'interno del liquido di raffreddamento del motore, analogamente a quanto accade nei circuiti di raffreddamento di stampo automobilistico.
- All'interno dei gas di scarico della combustione.

La tecnologia Micro è in grado di recuperare il calore di entrambi i vettori sottoforma di acqua calda a 80-85°C. L'ammontare di energia termica resa disponibile dalla fase di cogenerazione è ricavabile dalla scheda tecnica dei gruppi di cogenerazione. La circolazione del fluido vettore, che trasporta verso gli utilizzi il calore recuperato dalla fase di cogenerazione, è consentita per mezzo di un gruppo di pompaggio e regolazione termoidraulico idraulico automatico. L'ammontare di energia termica resa disponibile dalla fase di cogenerazione può arrivare fino a 1500 litri/ora di acqua calda a 80°C ogni 25kW installati.

L'impianto biogas opera i suoi processi biologici ad una temperatura interna di digestione di 42°C. Pertanto, una significativa quota di energia termica è recuperata e riutilizzata per consentire al digestore di mantenersi in temperatura, valutabile in circa il 50% del calore lordo prodotto. La restante parte del calore, di entità comunque considerevole, è resa disponibile per gli utilizzi desiderati dall'azienda agricola (ad es. sala mungitura, abbeveraggio animali, riscaldamento cascina e ACS, essiccazione del foraggio, ecc.). Il proprietario dell'impianto è invitato a completare il proprio ramo di recupero termico semplicemente collegandosi agli attacchi (boccole) libere di uno scambiatore di calore, già predisposto per questo scopo nel container.



In tal modo si possono sfruttare completamente i vantaggi della tecnologia Micro incrementandone al massimo il rendimento di utilizzo. Il calore in eccesso (non recuperato in alcuna forma) è dissipato attraverso i radiatori in dotazione.

#### **APPROFONDIMENTO: Scarti / residui di macellazione (SOA)**

Gli **scarti / residui di macellazione** rappresentano matrici sicuramente interessanti per un impianto biogas, in quanto dal punto di vista biologico posseggono un alto tenore di sostanza organica ed un'ottima capacità produttiva in termini metanigeni.

Non di meno, la valorizzazione degli scarti di macellazione per la produzione di biogas consente di creare un circolo virtuoso di riutilizzo degli scarti in azienda, capace non solo di generare energia (diminuzione della dipendenza energetica e dell'uso di combustibili fossili) ma anche di trasformare gli scarti in fertilizzante organico da reimpiegare in agricoltura.

Gli scarti di macellazione sono altamente eterogenei, a seconda delle parti dell'animale da cui provengono si possono trovare interiori, ossa, contenuto ruminale, sangue, grasso, ritagli di carne, pelle, zoccoli, corna, pelo e piume. Dal punto di vista biologico alcuni scarti sono recalcitranti e quindi conducono ad una produzione di biogas molto ridotta o nulla (oltre ad incrementare la possibilità di problematiche idrauliche come sedimentazioni e strati galleggianti), tra questi: ossa,

pelo, zoccoli, pelle. La restante parte degli scarti ha produttività in biogas variabile a seconda della composizione della loro sostanza organica, dove i materiali con produzione più elevata sono (in ordine decrescente) grasso e ritagli di carne, seguiti da sangue, interiora e contenuto ruminale/stomacale.

Storicamente, l'entrata in vigore del regolamento CE 1774/02 (che dopo l'emergenza BSE disciplina le norme sanitarie relative a sottoprodotti di origine animale non destinati al consumo umano), ha sottratto tali flussi dal contesto normativo dei rifiuti e li ha definiti «sottoprodotti animali non destinati al consumo umano».

Oggi gli scarti di macellazione rientrano nella categoria dei Sottoprodotti di Origine Animale (SOA), come disciplinato dal Regolamento 1069/09/CE, che incentiva la trasformazione dei SOA in quanto lo smaltimento di tutti i sottoprodotti di origine animale non è un'opzione realistica, dato che comporterebbe costi insostenibili e rischi eccessivi per l'ambiente; l'utilizzo sicuro di un'ampia gamma di sottoprodotti di origine animale, a condizione che siano ridotti al minimo i rischi sanitari, costituisce un chiaro interesse per tutti i cittadini.

In particolare, per l'utilizzo dei SOA negli impianti di biogas è necessario qualificare gli scarti in determinate categorie e rispettare determinate prescrizioni igienico-sanitarie sulle quali la ASL di competenza ha capacità discrezionale.

**Sostanzialmente, sono ammassi alla valorizzazione negli impianti biogas solo i SOA materiali di Categoria 2 e Categoria 3**, previo consenso degli enti preposti.

Riguardo quest'ultimo aspetto, **è necessario richiedere un parere favorevole all'utilizzo dei SOA presso la ASL di competenza** (generalmente chiamato "Riconoscimento alla 1069/09/CE per l'utilizzo dei SOA nell'impianto di biogas").

L'ASL, prima di rilasciare il Riconoscimento, tipicamente impone alcune condizioni operative circa la gestione e l'utilizzo dei SOA prima che essi vengano inseriti nell'impianto di biogas. Le condizioni più tipiche sono:

- ✓ distanza adeguata tra l'impianto e la zona dove sono tenuti (e/o macellati) gli animali, totale separazione fisica tra l'impianto e animali, mangime, lettiera, se necessario, con recinzioni;
- ✓ gestione adeguata degli scarti dal punto di generazione nel sito produttivo al punto di valorizzazione dell'impianto biogas;
- ✓ pre-trattamento degli scarti / residui per pastorizzazione, con temperatura minima 70°C per 1 ora (o combinazioni equivalenti) con riduzione della pezzatura a minimo 12mm. Il sistema di controllo dell'unità di pastorizzazione deve essere in grado controllare l'andamento della temperatura durante il ciclo, operare la registrazione continua dei risultati, ed essere dotato di sistema di sicurezza per impedire una temperatura di trattamento insufficiente.

**Il residuo della produzione di biogas a partire da scarti / residui di macellazione è classificato come "digestato agroindustriale"**: è un ottimo fertilizzante organico con proprietà ammendanti. Il digestato agroindustriale può essere inserito all'interno dei Piani di Utilizzazione Agronomica previa esecuzione di una analisi chimico-fisica e microbiologica che ne attesti il contenuto di elementi fertilizzanti (NPK) e la sicurezza igienico-sanitaria.

L'utilizzo degli scarti / residui di macellazione in un impianto di biogas comporta una gestione della biologia del reattore anaerobico più attenta, richiedendo talvolta l'utilizzo di additivi come micro-elementi e regolatori del pH al fine di mantenere il processo in efficienza.