



UNIONE EUROPEA  
Fondo Europeo Agricolo  
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2015 DEL TIPO DI OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA"  
FOCUS AREA 2A, 4B, 4C, 5A E 5E  
DGR N. 2268 DEL 28 DICEMBRE 2015**

**RELAZIONE TECNICA  INTERMEDIA  FINALE**

**DOMANDA DI SOSTEGNO 5005527**

**DOMANDA DI PAGAMENTO 5109926**

**FOCUS AREA: 4B**

Titolo Piano	Digestato_100% – Sistema integrato innovativo di impiego del digestato in fertirrigazione
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. SpA
Elenco partner del Gruppo Operativo	<p><b>Partner effettivi:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro Ricerche Produzioni Animali C.R.P.A. S.p.A.</li> <li>• Fondazione CRPA Studi Ricerche</li> <li>• EUROFORAGGI Società Agricola srl</li> </ul> <p><b>Partner associati:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maiero Energia Soc. Agr. a rl</li> <li>• CIB Consorzio Italiano Biogas</li> <li>• NETAFIM ITALIA</li> <li>• Società Agricola F.lli Migliari ss</li> </ul>

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	31
Data inizio attività	1/06/2016
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	31/12/2018

Relazione relativa al periodo di attività dal	1/01/2018	Al 31/12/2018
Data rilascio relazione	22 febbraio 2019	

Autore della relazione	Giuseppe Moscatelli		
telefono		email	<a href="mailto:g.moscatelli@crpa.it">g.moscatelli@crpa.it</a>

## Sommario

<b>1</b>	<b>- Descrizione dello stato di avanzamento del Piano.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>- Descrizione per singola azione.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Attività e risultati.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>Personale .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>Trasferte .....</b>	<b>13</b>
<b>2.4</b>	<b>Materiale consumabile .....</b>	<b>14</b>
<b>2.5</b>	<b>Attività di formazione .....</b>	<b>14</b>
<b>2.6</b>	<b>Collaborazioni, consulenze, altri servizi .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>- Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività.....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>- Altre informazioni .....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>- Considerazioni finali.....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>- Relazione tecnica.....</b>	<b>17</b>

# 1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

*Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano. Richiamare eventuali richieste di modifiche inviate agli organi Regionali ed apportate al progetto.*

Il Piano di Innovazione Digestato\_100% si è concluso a fine 2018. Si ricorda che il Gruppo Operativo Digestato\_100% si era costituito in forma di ATS a ottobre 2016 ma che nel corso del 2017 il Piano di Innovazione era stato oggetto di variante, a causa della cessazione dell'attività e C. s.s., partner effettivo, ed il Gruppo Operativo Digestato\_100% si era quindi costituito di nuovo in forma di ATS ad agosto 2017. C.R.P.A. SpA è subentrato, nelle medesime condizioni del partecipante ritirato, sia per quanto riguarda la quota di spese da sostenere che la quota di contributo spettante, e il partenariato ha visto l'ingresso della Società Agricola Fratelli Migliari S.S. come partner associato.

Riguardo le azioni di realizzazione, nel corso del secondo e ultimo anno del progetto:

- 1) le prove finalizzate alla verifica delle prestazioni dell'impianto di microfiltrazione sono proseguite presso l'impianto di biogas di Maiero Energia (3 sessioni di monitoraggio complete), dove il sistema di separazione solido-liquido + microfiltrazione è stato messo a disposizione, montato e gestito dalla ditta produttrice WAMGROUP che ha collaborato al progetto. I rilievi effettuati hanno consentito di valutare, oltre alle caratteristiche chimiche delle varie frazioni del digestato, l'efficienza di separazione in peso, dei solidi e dei nutrienti nelle diverse frazioni che si ottengono. Sulla base dei risultati ottenuti sono stati definiti il settaggio ed il metodo di conduzione del sistema di separazione solido-liquido + microfiltrazione più adatti per ottenere la frazione microfiltrata da immettere nel sistema di fertirrigazione.
- 2) le prove di fertirrigazione con digestato microfiltrato in miscela alla acque irrigue sono state ripetute sullo stesso appezzamento di 5 ettari coltivato a mais della Società Agricola F.lli Migliari, già interessato nel corso del primo anno. L'impianto di fertirrigazione è stato messo a disposizione dal partner associato Netafim Italia. Anche nel 2018 si è confrontato il mais fertirrigato con digestato microfiltrato al mais irrigato con sola acqua e fertilizzato con urea. Le attività condotte hanno riguardato sia la verifica delle prestazioni del sistema fertirrigazione che la valutazione dell'efficienza d'uso dell'azoto distribuito. Sono stati effettuati 11 interventi di fertirrigazione con iniezione di digestato microfiltrato nel corso dei quali si è ulteriormente messo a punto il sistema fertirriguo, grazie ai ripetuti controlli, campionamenti e misure.  
Nella seconda annualità del progetto il digestato microfiltrato prodotto all'impianto di biogas di Maiero Energia è stato trasportato anche presso la Società Agricola Euroforaggi, partner del GOI, per essere utilizzato a fini dimostrativi nella fertilizzazione di due coltivazioni: una di sorgo ed una consociazione con sorgo e canapa, recuperando le attività che non era stato possibile condurre il primo anno. Si è fatto uso in questo caso di un'ala piovana, in entrambe le colture a confronto con la concimazione convenzionale con urea.
- 3) L'attività di valutazione della sostenibilità ambientale (Carbon Footprint) ed economica già iniziata al primo anno con la raccolta sistematica dei dati utili a queste valutazioni, è stata finalizzata nel secondo anno del progetto. Per le valutazioni si è preso a riferimento il caso di studio di Maiero Energia (partner del GO), costituito da un impianto di biogas da 1 MWe che gestisce una superficie agricola di circa 250 ettari. La sostenibilità ambientale del sistema di fertirrigazione innovativo proposto con il modello Digestato\_100%, a confronto con il sistema convenzionale (irrigazione con macroirrigatore semovente detto "gettone" e concimazione con urea), è stata valutata mediante metodologia LCA (Life Cycle Assessment), quantificando le emissioni di gas serra associate al ciclo di vita dei due sistemi. Parallelamente è stata effettuata la valutazione economica finalizzata ad evidenziare il confronto tra i costi di produzione della coltura testata con i diversi sistemi di irrigazione e fertilizzazione.

Per quanto riguarda la comunicazione, nel corso del secondo anno di progetto sono stati organizzati ed effettuati il secondo incontro tecnico con visita guidata alle attività di campo (lug 2018), il convegno finale del progetto ad EIMA (nov 2018) e una conferenza stampa di presentazione dei risultati finali (nov 2018).

I risultati sono inoltre stati presentati per mezzo di tre articoli tecnico/divulgativi e attraverso la partecipazione a tre eventi organizzati al di fuori del progetto (convegni, conferenze). Inoltre è stato realizzato l'opuscolo con i risultati finali del progetto, in 8 facciate a colori e stampato in 500 copie tutt'ora in distribuzione in eventi organizzati dal partner CIB (BiogasDoneRight Tour e BiogasItaly2019).

Il sito internet del progetto nel corso del secondo anno ha visto un deciso incremento del numero di sessioni aperte (1206) e degli utenti (775).

Al di fuori del periodo di realizzazione del Piano di Innovazione, Digestato\_100% è entrato nella rosa dei progetti presentati al workshop EIP-AGRI su "Opportunities for farm diversification in the circular bioeconomy", 6-7 febbraio 2019, Vilnius – Lituania.

## 1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Indicare per ciascuna azione il mese di inizio dell'attività originariamente previsto nella proposta ed il mese effettivo di inizio, indicare analogamente il mese previsto ed effettivo di termine delle attività. Indicare il numero del mese, ad es.: 1, 2, ... considerando che il mese di inizio delle attività è il mese 1. Non indicare il mese di calendario.

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termin e attività	Mese termin e attività
Esercizio della cooperazione	CRPA	Coordinamento e monitoraggio	1	1	28	28
Azione 1	CRPA, FCSR, EUROFORAGGI	Verifica prestazioni impianto microfiltrazione	1	1	30	30
Azione 2	CRPA, FCSR, EUROFORAGGI	Fertirrigazione con digestato microfiltrato	1	1	31	31
Azione 3	CRPA	Valutazione della sostenibilità ambientale ed economica	1	1	30	30
Divulgazione	CRPA		1	1	31	31
Formazione	CRPA	Coaching	23	23	31	31

## 2 - Descrizione per singola azione

Compilare una scheda per ciascuna azione

### 2.1 Attività e risultati

Azione	1) Esercizio della cooperazione
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Il Gruppo Operativo Digestato_100% si era costituito in forma di ATS con atto notarile n. 13922 del 4 ottobre 2016 ed il kick-off meeting del Piano si era tenuto in data 13 ottobre 2016 presso l'impianto di digestione anaerobica di Maiero Energia Soc. Agr. partner del GO, con formazione dei gruppi di lavoro previsti per ogni azione del Piano e assegnazione dei ruoli e responsabilità a ciascun partner come previsto nel Piano approvato.</p> <p>Nel corso del 2017 il Piano di Innovazione era stato oggetto di variante, causa il recesso del partner effettivo. Il Gruppo Operativo Digestato_100% si era quindi costituito di nuovo in forma di ATS con atto notarile n. 11669 del 3 agosto 2017</p> <p>Il comitato del Piano, strumento per il coordinamento e il monitoraggio delle attività formato da rappresentanti tecnici e amministrativi di ciascun partner, nel secondo anno di attività si è riunito alle date del 27 febbraio 2018 e 20 luglio 2018.</p> <p>Le riunioni del comitato del Piano sono servite per:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- monitoraggio e controllo tecnico. Le riunioni sono state anche occasione per visionare i siti di prova (trattamento digestato e fertirrigazione);</li><li>- monitoraggio e controllo amministrativo e finanziario;</li><li>- preparazione della rendicontazione alla Regione.</li></ul> <p>Il management staff di CRPA ha incontrato anche singolarmente i vari partner per verificare la corrispondenza delle attività con quelle assegnate e la tempistica di esecuzione.</p> <p>Le attività di project management sono state svolte da CRPA SpA verificando il corretto svolgimento delle attività del Piano, seguendo le comunicazioni che riguardano la sua gestione, i passaggi di informazioni, la programmazione e la gestione delle attività di divulgazione/informazione. Tali attività sono supportate dal sistema di gestione della qualità (SGQ) di CRPA, conforme alla norma ISO 9001:2008. Lo strumento utilizzato per gestire l'SGQ in CRPA è il CRM aziendale.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Lo stato di avanzamento dell'azione è risultato conforme agli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto originario né particolari criticità emerse durante l'attività, nonostante il Piano di Innovazione sia stato oggetto di variante.</p>
Attività ancora da realizzare	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>-</p>

Azione	3.1) Verifica prestazioni impianto microfiltrazione
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA con Fondazione CRPA Studi Ricerche, Euroforaggi, Maiero Energia
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Le prove sono state condotte presso l'impianto di biogas di Maiero Energia, a Portomaggiore (FE), dove è stato installato il sistema di separazione solido-liquido + microfiltrazione messo a disposizione, montato e gestito dalla ditta produttrice WAMGROUP che collabora al progetto. L'attrezzatura è rimasta in azienda per le due annualità del progetto, 2017 e 2018, sino al termine previsto per le prove.</p> <p>Nel secondo anno di attività le prestazioni dell'impianto di microfiltrazione sono state verificate nel corso di 3 sessioni di monitoraggio complete in cui sono state misurate le portate in ingresso al separatore ed al microfiltro e le relative quantità delle diverse frazioni ottenute. Sono stati campionati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il digestato tal quale in ingresso al sistema;</li> <li>- la frazione palabile in uscita dal separatore solido-liquido;</li> <li>- la frazione liquida in uscita dal separatore solido-liquido (e in ingresso al microfiltro);</li> <li>- la frazione addensata e quella microfiltrata in uscita dal microfiltro.</li> </ul> <p>Sulle diverse matrici campionate sono state eseguite le analisi previste dal piano di monitoraggio.</p> <p>In particolare le tre sessioni di monitoraggio dell'annualità 2018 sono state effettuate alle date del 13 aprile, 13 giugno e 20 luglio 2018, tutte con filtro a 50 micron ovvero quello che si era già dimostrato più adatto per la microfiltrazione del digestato dell'impianto di Maiero Energia e nelle condizioni stabilite come migliori per la produzione del microfiltrato per fertirrigazione.</p> <p>I rilievi effettuati hanno consentito di valutare, oltre alle caratteristiche chimiche delle varie frazioni del digestato, l'efficienza di separazione in peso, dei solidi e dei nutrienti nelle diverse frazioni che si ottengono.</p> <p>Sulla base dei risultati ottenuti è stato definito il settaggio del sistema di separazione solido-liquido + microfiltrazione più adatto per ottenere la frazione microfiltrata da immettere nel sistema di fertirrigazione (vedi Azione 3.2).</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Le attività sono state condotte come previsto nel programma di lavoro.</p> <p>Il numero di campioni prelevati e le analisi effettuate sono in linea con il programma di lavoro: 15 campioni in totale sui quali sono stati determinati ST, SV, SST, NTK, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P</p> <p>È stata inoltre condotta l'analisi granulometrica su n. 3 campioni (digestato tal quale, chiarificato e microfiltrato) che si aggiungono ai 7 del primo anno e test BMP su digestato tal quale, frazione solida separata e frazione addensata da microfiltrazione.</p>
Attività ancora da realizzare	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>-</p>

Azione	3.2) Fertirrigazione con digestato microfiltrato
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA con Fondazione CRPA Studi Ricerche, Euroforaggi, F.lli Migliari
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Il digestato microfiltrato ottenuto con il sistema di separazione solido-liquido + microfiltrazione di WAMGROUP è stato impiegato in fertirrigazione miscelato all'acqua, e distribuito attraverso ali gocciolanti, su di un appezzamento coltivato a mais messo a disposizione dalla Società Agricola F.lli Migliari. Anche nel 2018 si è confrontato il mais fertirrigato con digestato microfiltrato al mais irrigato con sola acqua e fertilizzato con urea.</p> <p>L'impianto di fertirrigazione, comprensivo di filtri, tubi di mandata ed ali gocciolanti, è stato messo a disposizione dal partner associato Netafim Italia a coprire un'area complessiva di 5 ettari come era previsto nel progetto.</p> <p>Le attività condotte hanno riguardato:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verifica prestazioni sistema fertirrigazione</li> </ol> <p>A tal fine per tutta la durata della stagione irrigua, maggio-luglio nel 2018, sono stati seguiti: i volumi di acqua e di digestato impiegati nei diversi interventi di fertirrigazione, la funzionalità del sistema fertirriguo attraverso il controllo delle pressioni e la frequenza dei controlavaggi dei filtri, le caratteristiche specifiche della frazione microfiltrata del digestato impiegata nei diversi interventi di fertirrigazione, il grado di sporcamento delle ali gocciolanti. Si specifica che non si è fatto uso di prodotti per il lavaggio delle linee erogatrici in quanto non vi è stata necessità.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Verifiche dell'efficienza dell'azoto distribuito</li> </ol> <p>A tal fine per ciascuno dei due trattamenti praticati su 2,5 ettari di superficie è stata effettuata la caratterizzazione quali-quantitativa del digestato distribuito e delle produzioni vegetali raccolte, il monitoraggio dei nitrati nel suolo a due diverse profondità (0-30 e 30-60 cm).</p> <p>Per il mais coltivato sull'appezzamento nel 2018 la raccolta a pieno campo è avvenuta allo stadio di maturazione cerosa (13 agosto) e in questa occasione sono state effettuate le determinazioni produttive e i campionamenti del trinciato.</p> <p>Nella seconda annualità del progetto il digestato microfiltrato prodotto all'impianto di biogas di Maiero Energia è stato trasportato anche presso la Società Agricola Euroforaggi, partner del GOI, per essere utilizzato a fini dimostrativi nella fertilizzazione di una coltivazione di sorgo e di una consociazione con sorgo e canapa, facendo uso in questo caso di un'ala piovana, in entrambe i casi a confronto con la concimazione convenzionale con urea.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Il numero di campioni prelevati e le analisi effettuate nel complesso sono risultati in linea con il programma di lavoro.</p> <p>Presso il sito di Società Agricola F.lli Migliari nel 2018 sono stati effettuati n. 11 interventi di fertirrigazione con iniezione di digestato microfiltrato, nel corso dei quali è stato caratterizzato il digestato (almeno ST, NTK). Inoltre vi sono state sessioni di campionamento complete che hanno visto anche il prelievo dell'acqua irrigua, della miscela acqua/digestato pre-filtri e post-filtri, della miscela acqua/digestato dai gocciolatori, del controlavaggio, con analisi di pH, conducibilità, ST, SST, NTK, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, P, K, COD.</p> <p>Sui campioni vegetali sono stati determinati vari parametri di qualità (ST, ceneri, proteine, fibre, grassi, amido, altri) mediante analisi NIRS, su 20 campioni.</p>
Attività ancora da realizzare	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>-</p>



Azione	<b>3.3) Valutazione della sostenibilità ambientale (Impronta C) ed economica</b>
Unità aziendale responsabile	<b>CRPA SpA</b>
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>L'attività di valutazione della sostenibilità ambientale (Carbon Footprint) ed economica si è svolta sotto la responsabilità di CRPA SpA.</p> <p>Si specifica che è stata chiesta la collaborazione del partner associato Netafim Italia per la quantificazione dei vari costi relativi all'impianto di fertirrigazione con ali gocciolanti.</p> <p>È stata chiesta inoltre la collaborazione di WAMGROUP per la quantificazione dei costi relativi al sistema di separazione solido-liquido + microfiltrazione ed alla loro incidenza per metro cubo di digestato a seconda dei quantitativi trattati per anno.</p> <p>Per le valutazioni si è preso a riferimento il caso di studio di Maiero Energia (partner del GO), costituito da un impianto di biogas da 1 MWe che gestisce una superficie agricola di circa 250 ettari di cui 100 ha a mais di primo raccolto e 150 ha a triticale (di cui 75 a mais in secondo raccolto). Nello scenario agronomico attuale, dove il digestato viene impiegato tal quale, questo è distribuito alla preparazione dei terreni, prevalentemente in periodo estivo-autunnale e a maggio solo su stoppie di triticale che ospitano mais in secondo raccolto; nello scenario agronomico con Digestato_100%, le frazioni solide e addensate sono impiegate in pre-aratura autunnale mentre il microfiltrato è distribuito in fertirrigazione su mais (sia 1° che 2° raccolto), con ala gocciolante.</p> <p>La sostenibilità ambientale del sistema di fertirrigazione innovativo proposto con il modello Digestato_100%, a confronto con il sistema convenzionale (irrigazione con macroirrigatore semovente detto "gettone" e concimazione con urea), è stata valutata mediante metodologia LCA (Life Cycle Assessment), quantificando le emissioni di gas serra associate al ciclo di vita dei due sistemi.</p> <p>La stima dell'impronta del carbonio ha comportato la quantificazione del totale delle emissioni di gas serra generate lungo tutta la filiera produttiva, considerando anche le emissioni avvenute a monte della fase agricola per la produzione dei mezzi tecnici utilizzati. Per quanto riguarda la fase a valle, i "confini del sistema" si fermano all'uscita dei prodotti dall'azienda agricola (<i>from cradle to farm gate</i>).</p> <p>La disponibilità di vari dati di input misurati in campo ha consentito di calcolare l'impronta del carbonio per unità di prodotto e di quantificare in modo oggettivo la CO2 emessa a seguito dell'adozione delle diverse pratiche agricole.</p> <p>Parallelamente è stata effettuata la valutazione economica finalizzata ad evidenziare il confronto tra i costi di produzione della coltura testata con i diversi sistemi di irrigazione e fertilizzazione.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Le attività sono state condotte come previsto nel programma di lavoro. Sia nel corso del primo che del secondo anno di lavoro è stata eseguita la raccolta sistematica dei dati utili alle valutazioni di sostenibilità ambientale ed economica; tali valutazioni sono state quindi finalizzate nel secondo anno del progetto.</p>
Attività ancora da realizzare	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>-</p>

Azione	4) Piano divulgazione di trasferimento dei risultati e implementazione della rete PEI
Unità aziendale responsabile	CRPA SpA con la collaborazione di tutti gli altri partner
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Nel corso del secondo anno di lavoro sono state eseguite le seguenti attività di divulgazione e trasferimento dei risultati:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diffusione delle informazioni in occasione degli eventi organizzati del progetto e partecipazione ad altri tramite: invio di newsletter, nel blog del sito web <a href="http://digestato100.crpa.it">http://digestato100.crpa.it</a> e tramite il canale Twitter; le statistiche del sito hanno evidenziato nel primo anno i seguenti accessi: n. 582 sessioni aperte e n. 301 utenti, mentre nel secondo anno: n. 1206 sessioni e n. 775 utenti con una media di 3.30 pagine visualizzate durante una sessione;</li> <li>2. Organizzazione e realizzazione di un incontro tecnico con visita guidata alle attività in campo, in data 20 luglio 2018 (mattina) presso la Società Agricola Maiero Energia. Hanno partecipato all'iniziativa 60 persone agricoltori, tecnici, ricercatori e funzionari;</li> <li>3. Sono usciti su riviste di settore n. 3 articoli tecnico/divulgativi:       <ol style="list-style-type: none"> <li>a. "Fertilizzare il mais al 100% con il digestato" di G. Bezzi, P. Mantovi, G. Moscatelli, S. Marangoni, M. Panizza; pubblicato su TerraèVita n. 15/2018 del 07/05/2018;</li> <li>b. "Digestato in fertirrigazione? Ok, ma solo se microfiltrato" di Rocco Carrillo; pubblicato su TerraèVita n. 32/2018 del 24/10/2018;</li> <li>c. "Agronomia circolare per gestire i nutrienti" e "Digestato per fertilizzare. Una volta micro filtrato, finirà nell'irrigazione" di Andrea Settefonti pubblicati su Italia Oggi del 14/11/2018. (non tra quelli previsti)</li> </ol> </li> <li>4. Organizzazione e realizzazione di un convegno per esporre i risultati finali di progetto che si è tenuto in data 9 novembre 2018 in occasione della fiera di Bologna EIMA 2018, all'interno dello stand di NETAFIM, partner di progetto. Hanno partecipato all'iniziativa n. 39 persone in maniera continuativa, oltre ad altre persone che hanno presenziato solo in alcuni momenti, modalità naturale all'interno di una fiera. Di seguito le presentazioni dei vari partner:       <ol style="list-style-type: none"> <li>a. "Digestato_100 i risultati di progetto" di G. Moscatelli e F. Verzellesi - CRPA SpA e P. Mantovi - FCSR;</li> <li>b. "Il BiogasFattoBene®: agroecologia e sostenibilità dell'azienda agricola" di G. Bezzi - CIB Consorzio Italiano Biogas;</li> <li>c. "Valutazione sostenibilità economica" di P. Mantovi - FCSR e S Pignedoli - CRPA SpA;</li> <li>d. "La fertirrigazione con digestato microfiltrato. I risultati" di NETAFIM;</li> <li>e. "Microfiltrare il digestato" di G. Tassoni - Saveco Wamgroup</li> </ol> </li> <li>5. Realizzazione ed invio di un Comunicato stampa in data 7 novembre 2018 a n. 249 giornalisti, per informare ed invitare ad una Conferenza stampa.</li> <li>6. Organizzazione e conduzione di una Conferenza stampa in data 21 novembre 2018, alla presenza di 4 giornalisti.</li> <li>7. Partecipazione ad eventi di altri con presentazioni del progetto Digestato100%:       <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Partecipazione a Biogas Italy 2018 in data 14-15 febbraio 2018 a Roma con presentazione "Uso ottimale delle risorse. Il digestato in fertirrigazione" di Alessandro Ragazzoni - UNIBO, Wamgroup e NETAFIM;</li> <li>b. Partecipazione a International Conference on Anaerobic Digestion-BiogasScience 2018 a Torino in data 17-19/09/2018 con presentazione "Microfiltered digestate in fertigation through drip lines" di P. Mantovi, G. Moscatelli, S. Piccinini - CRPA SpA e L. Rossi - CIB a cura di Sergio Piccinini.</li> <li>c. Partecipazione a Conferenza Internazionale WaterEnergyNexus in data 14-16/11/2018 a Salerno con invio Paper (29/06/2018) "Microfiltered digestate to fertigation: a best practice to improve water and energy efficiency in the context of Biogasdoneright" di P. Mantovi, G. Moscatelli, S. Piccinini - CRPA SpA e L. Rossi, S. Bozzetto - CIB e presentazione orale di Paolo Mantovi;</li> <li>d. Partecipazione a Workshop EIP-AGRI "Opportunities for farm diversification in the circular bioeconomy" a Vilnius - Lituania il 6-7/02/2019 con presentazione del progetto a cura di Paolo Mantovi;</li> </ol> </li> <li>8. Ideazione grafica e collaborazione nella stesura dei contenuti di un opuscolo con i risultati finali del progetto. Fascicolo realizzato in 8 facciate a colori e stampa di n. 500 copie.</li> </ol>

<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Le attività sono state condotte come previsto nel programma di lavoro, in diversi casi con la collaborazione del partner CIB, e non si evidenziano scostamenti o particolari criticità.</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>-</p>

## 2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

### Esercizio della Cooperazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile organizzativo del piano	Coordinamento gestione	8	360,32
	CRPA – Responsabile area	Gestione amministrativa	8	324,48
	CRPA – Amministrativo	Supporto gestione amministrativa	65	1.711,45
	CRPA – Tecnico	Supporto gestione amministrativa	8	189,84
		<b>TOTALE</b>		<b>2.586,09</b>

### Azione 1 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile organizzativo del piano	Coordinamento gestione	48	2.161,92
	CRPA - Tecnico esperto	Rilievi e campionamenti	25	688,00
	CRPA - Ricercatore	Rilievi ed elaborazione dati	16	439,52
	CRPA - Ricercatore	Coordinamento e supervisione attività	16	656,32
	CRPA - Ricercatore	Rilievi ed elaborazione dati	20	530,60
	CRPA - Ricercatore	Analisi di laboratorio	88	2.207,92
	FCSR - Tecnico esperto	Analisi di laboratorio	130	3.134,30
	FCSR - Tecnico esperto	Rilievi e campionamenti	42	1.044,96
	EUROFORAGGI - Tecnico esperto di campo	Gestione siti dimostrativi	155	2.249,05
		<b>TOTALE</b>		<b>13.112,59</b>

### Azione 2 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Responsabile organizzativo del piano	Coordinamento gestione	92	4.143,68
	CRPA - Tecnico esperto	Rilievi e campionamenti	67	1.843,84
	CRPA - Ricercatore	Rilievi ed elaborazione dati	31	851,57
	CRPA - Ricercatore	Coordinamento e supervisione attività	24	984,48
	CRPA - Ricercatore	Rilievi ed elaborazione dati	65	1.724,45
	CRPA - Ricercatore	Gestione test di digestione anaerobica	116	3.082,12
	CRPA - Tecnico esperto	Analisi di laboratorio	142	3.562,78
	CRPA - Tecnico esperto	Analisi di laboratorio	43	1.036,73
	FCSR - Tecnico esperto	Rilievi e campionamenti	42	1.044,96
	FCSR - Ricercatore	Responsabile tecnico-scientifico	105	3.625,65

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	FCSR - Tecnico esperto	Rilievi e campionamenti	24	590,64
	EUROFORAGGI - Tecnico esperto di campo	Gestione siti dimostrativi	554	8.038,54
			<b>TOTALE</b>	<b>30.529,44</b>

### Azione 3 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Ricercatore	Esperto di LCA	56	1.983,52
	CRPA - Responsabile organizzativo del piano	Coordinamento gestione	29	1.306,16
			<b>TOTALE</b>	<b>3.289,68</b>

### Divulgazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	CRPA - Tecnico	Segreteria divulgazione	48	945,87
	CRPA - Tecnico	Segreteria divulgazione	24	667,20
	CRPA - Tecnico	Segreteria divulgazione	64	1.425,92
			<b>TOTALE</b>	<b>3.038,99</b>

## 2.3 Trasferite

N. trasferta	Cognome e nome	Azione	Descrizione	Costo
1		CRPA - Azione 1	(km. 94) RE - Cavezzo (MO) - RE-10.01.18 : Incontro per pianificare prove microfiltrazione annata 2018	29,23
2		CRPA - Azione 1	RE - Portomaggiore - RE-27.02.18 : Riunione di progetto	13,00
3		CRPA - Azione 1	(km. 282) RE - Maiero Portomaggiore . RE-13.04.18 : Prova di separazione Wam	114,52
8		CRPA - Azione 1	(km. 321) RE- Portomaggiore (FE) - RE-13.06.18 : Prove di iniezione e microfiltrazione	124,19
17		CRPA - Azione 1	RE - Bologna - RE-9.11.18 : Convegno finale progetto: presentazione	26,90
			<b>Totale azione 1</b>	<b>307,84</b>
4		CRPA - Azione 2	(km. 282) RE - Portomaggiore - RE-28.04.18 : Campionamento terreni	97,82
5		CRPA - Azione 2	(km. 298) RE - Portomaggiore - San Vito di Ostellato - RE-21.05.18 : prove fertirrigazione	114,08
6		CRPA - Azione 2	(km. 298) RE - Portomaggiore - San Vito di Ostellato - RE-25.05.18 : prove fertirrigazione	122,28
7		CRPA - Azione 2	(km. 298) RE - Portomaggiore - San Vito di Ostellato - RE-07.06.18 : prove fertirrigazione	119,78
9		CRPA - Azione 2	RE- Portomaggiore (FE) - RE-13.06.18 : prove fertirrigazione	14,10
10		CRPA - Azione 2	(km. 298) RE - Portomaggiore - San Vito di Ostellato - RE-20.06.18 : fertirrigazione	122,08
11		CRPA - Azione 2	(km. 298) RE - Portomaggiore - San Vito di Ostellato - RE-25.06.18 : fertirrigazione	119,08
12		CRPA - Azione 2	(km. 298) RE - Portomaggiore - San Vito di Ostellato - RE-04.07.18 : fertirrigazione	117,98

N. trasferta	Cognome e nome	Azione	Descrizione	Costo
13		CRPA - Azione 2	(km. 367) RE Portomaggiore - Forli - RE-20.07.18 : CONVEGNO Digestato 100%	121,77
14		CRPA - Azione 2	RE Portomaggiore - Forli - RE-20.07.18 : Giornata dimostrativa impianto fertirrigazione	15,00
15		CRPA - Azione 2	RE Portomaggiore - Forli - RE-20.07.18 : Giornata dimostrativa e campionamenti	15,00
16		CRPA - Azione 2	(km. 310) RE - Portomaggiore - San Vito di Ostellato - RE-23.08.18 : campioni terreno	31,10
1		FCSR - Azione 2	(km. 235) RE - Ferrara - RE-24.10.17 : Trasporto campioni	84,45
2		FCSR - Azione 2	(km. 365) RE - Rimini - RE-08.11.17 : Preparazione evento CIB sul digestato a ECOMONDO	141,55
3		FCSR - Azione 2	(km. 75) RE - Bologna-15.12.17 : Resa campioni	27,85
4		FCSR - Azione 2	RE - Perugia - Roma - RE-12.02.18 : Partecipazione a workshop e convegno Biogastaly	26,7
5		FCSR - Azione 2	(km. 284) RE - Portomaggiore (FE) - RE-27.02.18 : Comitato di Piano DIGESTATO 100%	116,54
6		FCSR - Azione 2	(Km. 325) RE - Forli - RE-19.03.18 : Incontro e visita per programmazione attività	131,35
7		FCSR - Azione 2	(km. 260) RE - Portomaggiore (FE) - RE-31.05.18 : Posizionamento lisimetri	95,2
8		FCSR - Azione 2	(km. 298) RE - Maiero di Portomaggiore (FE) - RE-28.06.18 : Intervento di fertirrigazione con digestato microfiltrato su mais	117,88
9		FCSR - Azione 2	(km. 218) Bologna - Maiero di Portomaggiore (FE) - RE-18.07.18 : Intervento di fertirrigazione con digestato microfiltrato su mais	86,48
10		FCSR - Azione 2	(km. 318) RE - Maiero di Portomaggiore (FE) - RE-20.07.18 : Incontro tecnico e visita guidata	30,4
11		FCSR - Azione 2	RE - Maiero di Portomaggiore (FE) - RE-13.08.18 : Rilievi e campionamenti alla raccolta del mais trinciato	14,5
12		FCSR - Azione 2	(km. 330) RE - Portomaggiore (FE) - RE-13.08.18 : Raccolta prova Mais trinciato	141
13		FCSR - Azione 2	(km. 178) RE - Piacenza - RE-06.09.18 : Presentazione GOI Digestato 100 % a incontro tecnico GOI Optimagri e Mirage	73,98
14		FCSR - Azione 2	RE - Bologna - RE-09.11.18 : Convegno finale del progetto	29,8
15		FCSR - Azione 2	RE - Salerno - RE-14.11.18 : Presentazione risultati a convegno internazionale Water Energy Nexus	158
			<b>Totale azione 2</b>	<b>2.285,75</b>
			<b>TOTALE TRASFERTE</b>	<b>2.593,59</b>

## 2.4 Materiale consumabile

Fornitore	Azione	Descrizione materiale	Costo
Instruments Lab Control snc - Fattura n. 195	CRPA – Azione 2	Acquisto materiale di consumo per laboratorio analisi	2.499,58
Instruments Lab Control snc - Fattura n. 563	CRPA – Azione 2	Acquisto materiale di consumo per laboratorio analisi	465,50
Instruments Lab Control snc - Fattura n. 652	CRPA – Azione 2	Acquisto materiale di consumo per laboratorio analisi	254,00
Instruments Lab Control snc - Fattura n. 878	CRPA – Azione 2	Acquisto materiale di consumo per laboratorio analisi	298,60
		<b>TOTALE</b>	<b>3.517,68</b>

## 2.5 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo del contributo richiesto

ID proposta Catalogo Verde: **5004738**

La proposta è stata suddivisa in 4 moduli: 1 Caratteristiche chimico-fisiche dei fertilizzanti; 2 Fertilizzanti – Aspetti agronomici; 3 La fertilizzazione - Applicazioni aziendali; 4 Analisi dei risultati e verifica

Come attività di formazione è stato svolto il Coaching personalizzato al personale delle 2 aziende come inserito nella variante del progetto:

Il Sig. Giovanni Bagioni ha partecipato per l'azienda EUROFORAGGI

Il Sig. Stefano Bozzetto ha partecipato per l'azienda Maiero Energia

Alla fine del corso di Coaching è stato svolto il test di valutazione.

Tutta la documentazione relativa al Coaching è stata allegata al SIAG

Il contributo richiesto è stato di euro 99,20 + 21,82 (IVA 22%) per singola azienda.

## 2.6 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

### CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Azione	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Migliari Marco lav. Agr. c/terzi	Azione 2	3.960,00	Lavorazioni con trattori su sito sperimentale	2.040,00
Migliari Marco lav. Agr. c/terzi	Azione 2	3.960,00	Lavorazioni con trattori su sito sperimentale	1.920,00
Progetto Euroverde srl	Azione 2	4.000,00	Servizio di assistenza agronomica di tipo tecnico e amministrativo	4.000,00
Studio Legale	Cooperazione	728,00	Assistenza gestione contrattuale e assistenza nei rapporti tra i partners dell'ATS	728,00
Studio Notarile Associato	Cooperazione	500,00	Autentica firme per scrittura privata modificativa di ATS	500,00
CIR food sc	Divulgazione	360,00	Coffee break per giornata dimostrativa del 1/08/2017	360,00
CIR food sc	Divulgazione	360,00	Coffee break per giornata dimostrativa del 20/07/2018	360,00
TR MEDIA srl	Divulgazione	600,00	Realizzazione e trasmissione servizio televisivo su TRC	600,00
TECNOGRAF srl	Divulgazione	36,00	Stampa manifesti	36,00
TECNOGRAF srl	Divulgazione	450,00	Stampa fascicoli a colori	450,00
Alessandro Mistri notaio	Cooperazione	376,47	Autentica firme per scrittura privata modificativa di ATS a Portomaggiore (FE)	376,47
			<b>TOTALE</b>	<b>11.370,47</b>

### CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
		Totale:	

## 2 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

*Lunghezza max 1 pagina*

<b>Criticità tecnico-scientifiche</b>	
<b>Criticità gestionali</b> (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	
<b>Criticità finanziarie</b>	

## 3 - Altre informazioni

*Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti*



#### **4 - Considerazioni finali**

*Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare*

#### **5 - Relazione tecnica**

*DA COMPILARE SOLO IN CASO DI RELAZIONE FINALE*

*Descrivere le attività complessivamente effettuate, nonché i risultati innovativi e i prodotti che caratterizzano il Piano e le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale*

La relazione tecnica finale del Piano di Innovazione viene allegata come file separato DIGESTATO\_100%-relazione tecnica finale.pdf

Data .....

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

.....  
*Documento firmato digitalmente*

Regione Emilia-Romagna - Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020

16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: "produttività e sostenibilità dell'agricoltura", FA 4B – Qualità delle acque

Gruppo Operativo – Digestato\_100% (domanda di aiuto: 5005527)

Piano d'innovazione

**DIGESTATO\_100%**

**Sistema integrato innovativo di impiego del digestato in  
fertirrigazione**

*ALLEGATO – Relazione tecnica finale.pdf*

Rendicontazione tecnica finale del Piano d'Innovazione

A cura di:



**Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA SpA**

Viale Timavo, 43/2 – 42121 Reggio Emilia

*Reggio Emilia, dicembre 2018*

## INDICE

INTRODUZIONE .....	3
AZIONE 1 – Verifica prestazioni impianto microfiltrazione .....	5
1.1. <i>Caratteristiche chimiche del digestato e delle frazioni derivate</i> .....	7
1.2. <i>Efficienze di separazione e reologia delle matrici</i> .....	11
AZIONE 2 – Fertirrigazione con digestato microfiltrato .....	13
2.1. <i>Risultati del monitoraggio della fertirrigazione</i> .....	16
2.2. <i>Risultati del monitoraggio delle produzioni e dei terreni</i> .....	19
2.3. <i>Altre attività di monitoraggio semplificato</i> .....	22
AZIONE 3 – Valutazione della sostenibilità ambientale (Impronta C) ed economica .....	24
3.1. <i>Risultati della valutazione di sostenibilità ambientale</i> .....	26
3.2. <i>Risultati della valutazione di sostenibilità economica</i> .....	28
CONCLUSIONI .....	30

## INTRODUZIONE

Il digestato è il sottoprodotto degli impianti di digestione anaerobica in cui si produce biogas. Ricco di elementi della fertilità, quali azoto, fosforo, potassio ed altri meso e micronutrienti, si presenta come matrice liquida densa e piuttosto omogenea rispetto alle biomasse in ingresso all'impianto. Il digestato viene generalmente sottoposto a separazione solido-liquido, ottenendo una frazione solida, utilizzabile come ammendante in sostituzione del letame, e una frazione chiarificata a pronto effetto nutritivo per le colture.

Il GOI Digestato\_100% ha messo a punto e validato un sistema integrato innovativo di impiego del digestato in fertirrigazione, applicabile al digestato ottenuto da colture vegetali ed effluenti zootecnici, che rappresenta la tipologia più importante in termini di quantità disponibili sul territorio.

Il sistema prevede la separazione solido-liquido convenzionale seguita dalla microfiltrazione della fase chiarificata e dall'impiego del digestato microfiltrato in fertirrigazione, per mezzo di ali gocciolanti. In particolare, dopo la separazione solido-liquido con meccanismo a compressione elicoidale orizzontale, la frazione chiarificata è stata sottoposta a microfiltrazione per mezzo di un'attrezzatura innovativa, il microfiltro SEPCOM® MFT, e la frazione microfiltrata è stata impiegata nella fertirrigazione del mais per mezzo di un sistema ad ali gocciolanti Netafim. Le figure che seguono illustrano lo schema completo di Digestato\_100% e le tre fasi principali del processo.

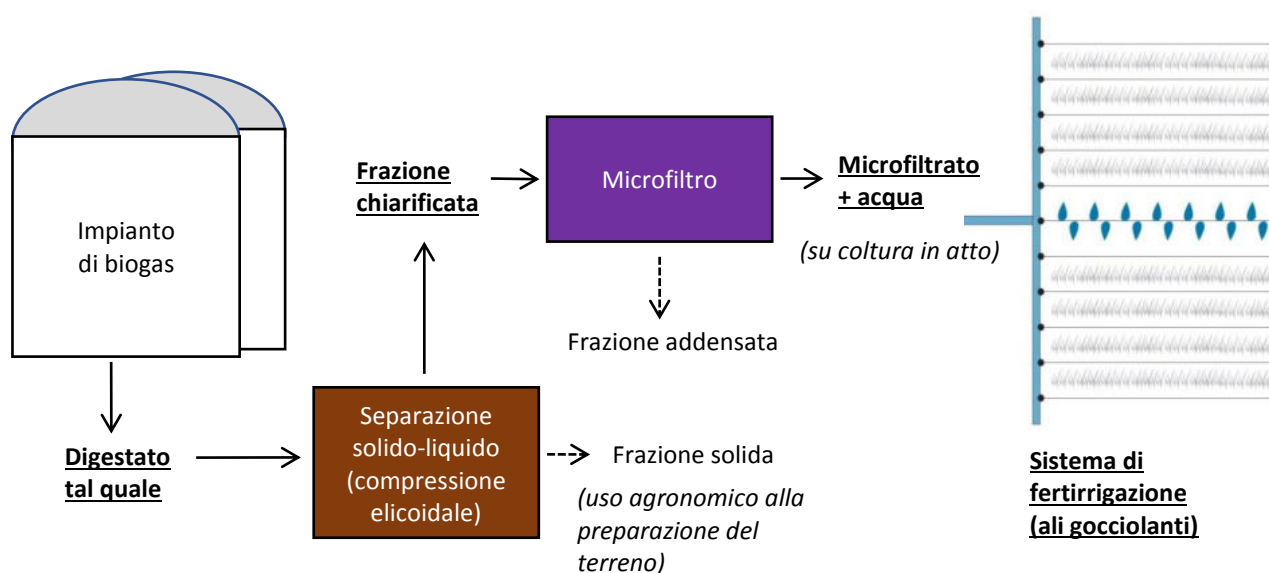
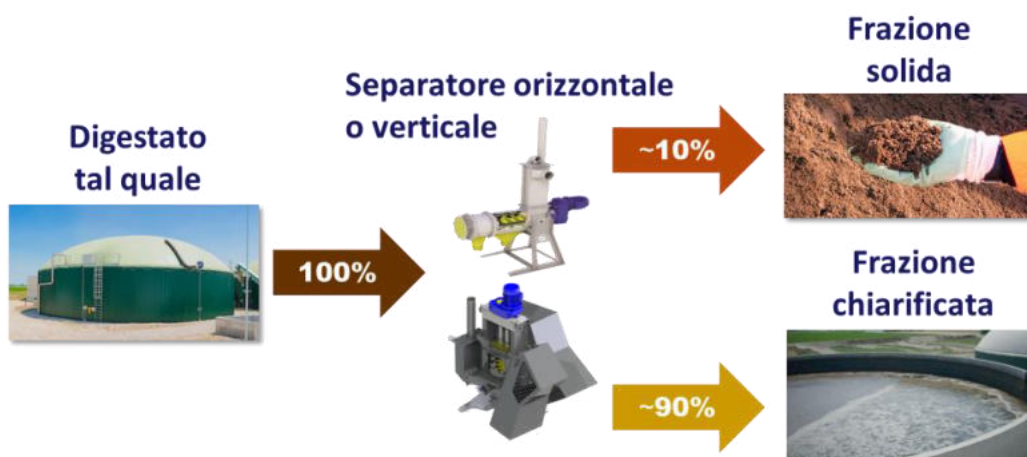


Figura 1 – Lo schema del sistema integrato innovativo Digestato\_100%

## Fase 1 – Separazione solido-liquido



## Fase 2 – Microfiltrazione



## Fase 3 – Fertirrigazione con ali gocciolanti



Figura 2 – Illustrazione delle tre fasi del sistema integrato innovativo Digestato\_100%

Di seguito, vengono descritte le diverse azioni tecniche del Piano di Innovazione.

### AZIONE 1 – Verifica prestazioni impianto microfiltrazione

L'obiettivo di questa azione è consistito nella installazione e monitoraggio del sistema di separazione solido/liquido + microfiltrazione messo a disposizione dalla ditta produttrice WAMGROUP che ha collaborato al progetto.

Il microfiltro innovativo SEPCOM® MFT sfrutta l'azione di un utensile all'interno di un filtro a bassissima spaziatura (micrometri), per ottenere una frazione microfiltrata utilizzabile in fertirrigazione senza incorrere nel rischio di intasamenti di ugelli o labirinti gocciolatori. La figura che segue illustra il microfiltro e le sue componenti.

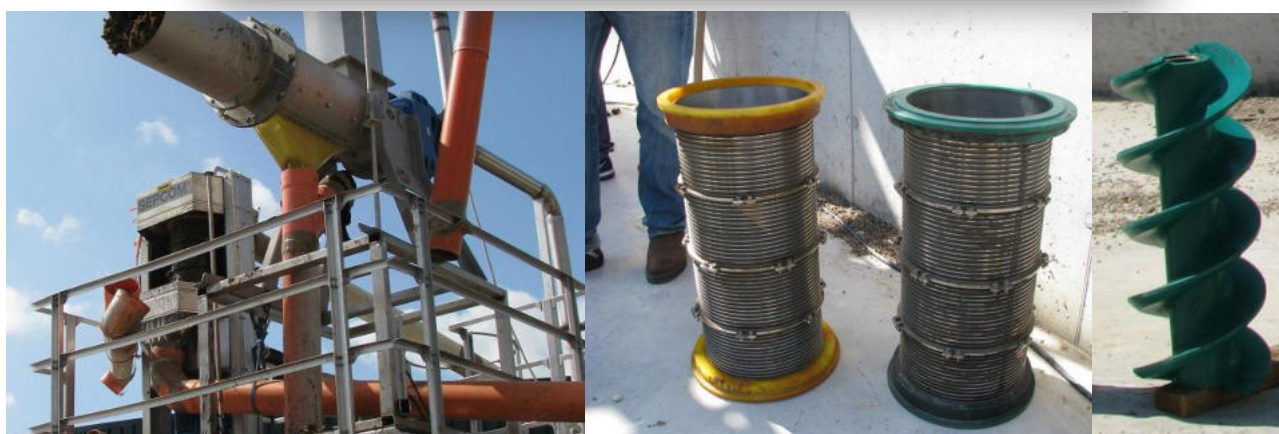
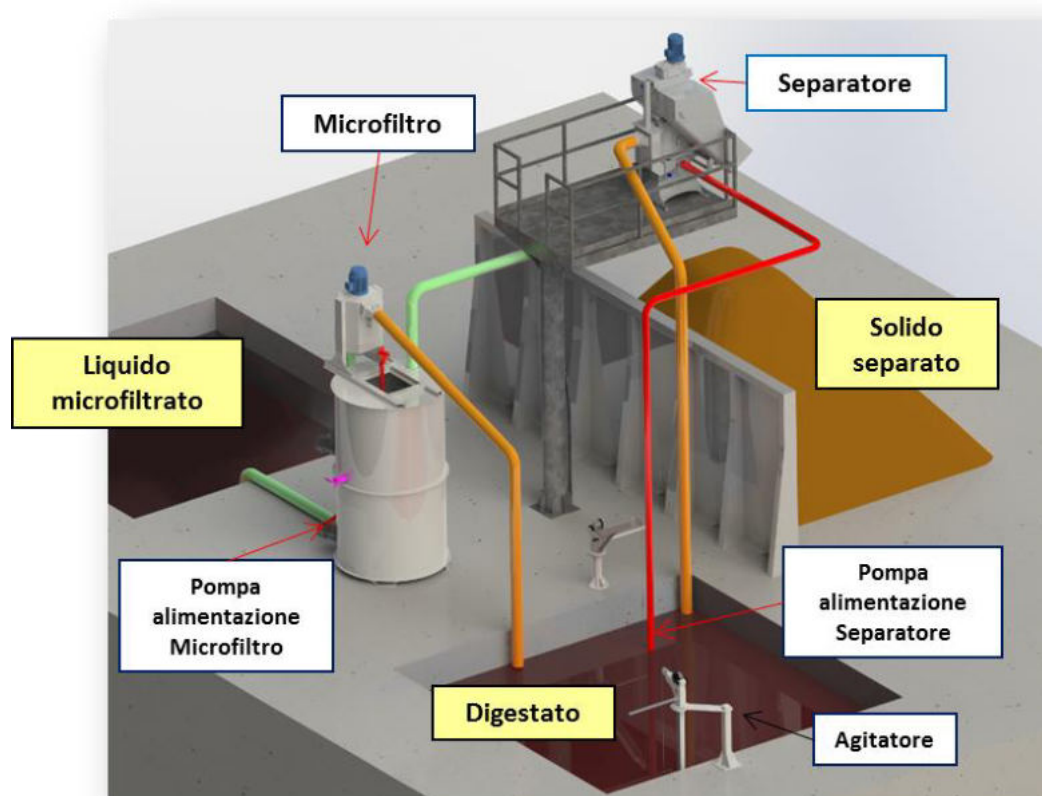


Figura 3 – Schema di installazione di impianto con separatore solido/liquido e microfiltro e immagini dell'impianto sperimentale installato presso Maiero Energia

Le prove sono state condotte presso l'impianto di biogas del partner Maiero Energia, a Portomaggiore (FE), su digestato da colture vegetali ed effluenti zootecnici. L'attrezzatura è rimasta in azienda per le due annualità del progetto, 2017 e 2018, sino al termine previsto per le prove.

Le prestazioni dell'impianto di microfiltrazione sono state verificate nel corso di 6 sessioni di monitoraggio complete in cui sono state determinate le portate in ingresso al separatore ed al microfiltro e le relative quantità delle diverse frazioni ottenute. Per ciascuna sessione di monitoraggio sono stati campionati:

- il digestato tal quale in ingresso al sistema;
- la frazione solida palabile in uscita dal separatore solido-liquido;
- la frazione liquida in uscita dal separatore solido-liquido (e in ingresso al microfiltro);
- la frazione addensata e quella microfiltrata in uscita dal microfiltro.

In particolare le sei sessioni di monitoraggio sono state effettuate: tre nell'annualità 2017 (di cui due il 18 maggio 2017, la prima con filtro a 50 micron e la seconda con filtro a 40 micron, ed una il 01 agosto 2017 con filtro a 50 micron ovvero quello che si era dimostrato più adatto per la microfiltrazione del digestato dell'impianto di Maiero Energia) e tre nell'annualità 2018 (alle date del 13 aprile, 13 giugno e 20 luglio 2018, sempre con filtro a 50 micron).

Il numero di campioni prelevati e le analisi effettuate sono risultati in linea con il programma di lavoro: 30 campioni in totale sui quali sono stati determinati i solidi totali (ST), i solidi volatili (SV), i solidi sospesi totali (SST), l'azoto totale Kjeldahl (NTK), l'azoto ammoniacale ( $N-NH_4^+$ ) ed il fosforo (P).

È stata inoltre condotta l'analisi granulometrica su 10 campioni prelevati nel corso delle sessioni di misura (n. 3 digestato tal quale, n. 3 chiarificato e n. 4 microfiltrato) e 6 test di determinazione del Potenziale Biochimico Metanigeno (BMP) su digestato tal quale (n. 2), frazione solida separata (n. 2) e frazione addensata da microfiltrazione (n. 2).

Su 3 campioni di frazione chiarificata e microfiltrata ritenuta idonea per l'invio in fertirrigazione sono stati determinati anche alcuni parametri aggiuntivi che potrebbero influenzare il grado di occlusione dei labirinti gocciolatori delle ali, come durezza, bicarbonati, solfuri, ferro e manganese (analisi condotte da laboratorio esterno).

I rilievi effettuati hanno consentito di valutare l'efficienza di separazione in peso, dei solidi totali e dei nutrienti azoto e fosforo nelle diverse frazioni che si ottengono dai processi di separazione e microfiltrazione.

Sulla base dei risultati ottenuti è stato definito il settaggio del sistema di separazione solido-liquido + microfiltrazione più adatto per ottenere la frazione microfiltrata da immettere nel sistema di fertirrigazione (vedi Azione 2).

### *1.1. Caratteristiche chimiche del digestato e delle frazioni derivate*

Nelle Tabelle 1 e 2, rispettivamente per gli anni 2017 e 2018, si riportano le concentrazioni degli elementi analizzati sul digestato in ingresso al separatore elicoidale e sulle frazioni prodotte (frazione separata solida palabile e frazione chiarificata); si riportano inoltre le concentrazioni degli elementi sulla matrice in ingresso al microfiltro (frazione chiarificata) e sulle relative frazioni prodotte (addensato e microfiltrato).

In 5 sessioni di misura su 6 il digestato tal quale in ingresso ha avuto una concentrazione normale di solidi totali del 7-8% mentre nella sesta e ultima sessione si è deciso di partite da un digestato con tenore di sostanza secca dimezzato (3,5%) per verificare le prestazioni delle attrezzature di separazione e microfiltrazione in condizioni diverse che si potrebbero verificare causa diluizione del digestato ad es. con acque meteoriche.

La frazione solida palabile prodotta dal separatore a compressione elicoidale ha avuto tenori di sostanza secca sempre superiori al 20% e sino al 26%, con concentrazioni di azoto tra 6 e 7 g/kg e in un paio di casi leggermente superiori a questo ultimo valore. Anche il fosforo si è concentrato in modo particolare in questa frazione, con valori variabili tra 1 e 3 g/kg e sino a massimi di 3,5 g/kg.

Nonostante l'elevato contenuto di sostanza secca residua (5-6%) della frazione chiarificata che dal separatore a compressione elicoidale è stata inviata al microfiltro, nelle condizioni testate, con filtro a 50 micron, la macchina ha prodotto mediamente 5,8 m<sup>3</sup>/ora di digestato microfiltrato, con valori variabili tra 5,5 e 6,2 m<sup>3</sup>/ora; la corrispondente portata media per quanto riguarda la frazione addensata invece è stata di 1,7 m<sup>3</sup>/ora, con valori variabili tra 1,4 e 2,2 m<sup>3</sup>/ora.

Nelle prime 5 sessioni il digestato microfiltrato ha avuto un contenuto medio di sostanza secca residua pari al 4,6%, con 4,4 kg di azoto totale per tonnellata, di cui quasi il 70%, in forma ammoniacale (il resto in forma organica). Rispetto al digestato in ingresso si riduce in particolare la concentrazione del fosforo, con valori che variano tra 0,2 e 0,5 g/kg.

Nella sesta sessione con digestato diluito, anche il contenuto di solidi totali della frazione chiarificata ne ha risentito, riducendosi poco sotto il 3,5% del digestato tal quale di partenza. La frazione solida separata ha invece avuto caratteristiche non dissimili da quelle delle precedenti prove. A seguito della microfiltrazione, la fase microfiltrata è scaturita con ST al 3% e 3,4 kg di azoto totale per tonnellata, delle concentrazioni non particolarmente scarse per pensarne l'uso fertirriguo. La fase addensata ha raggiunto un tenore di ST comunque superiore al 7% con 4 kg di azoto totale per tonnellata ed 1 kg di fosforo totale per tonnellata, valori non così dissimili da quelli ottenuti nelle precedenti sessioni di misura a testimonianza del buon funzionamento del microfiltro anche in questa particolare condizione di lavoro.



Tabella 1 – Concentrazione degli elementi analizzati in ciascuna matrice in ingresso e prodotta dal separatore elicoidale e dal microfiltro (Azienda Maiero Energia, anno 2017)

<b>Sessione del 18 maggio 2017, microfiltro a 50 micron</b>							
<b>Parametro</b>		<b>ST</b>	<b>SV</b>	<b>NTK</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>Ptot</b>	<b>SST</b>
Unità di misura		[g/kg]	[g/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[g/l]
SEPCOM	(1) Ingresso t.q.	77,1	56,7	4797	2812	716	-
	(4) Separato Palabile	260,6	220,1	6249	2628	3380	-
	(2) Chiarificato	55,9	37,8	4734	2846	434	48,2
MFT	(2) Chiarificato	55,9	37,8	4734	2846	434	48,2
	(5) Separato Denso	81,2	56,3	5005	2853	752	69,47
	(3) Microfiltrato	50,0	33,9	4525	2817	408	41,15
<b>Sessione del 18 maggio 2017, microfiltro a 40 micron</b>							
<b>Parametro</b>		<b>ST</b>	<b>SV</b>	<b>NTK</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>Ptot</b>	<b>SST</b>
Unità di misura		[g/kg]	[g/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[g/l]
SEPCOM	(1) Ingresso t.q.	77,1	56,7	4797	2812	716	-
	(4) Separato Palabile	260,6	220,1	6249	2628	3380	-
	(2) Chiarificato	55,9	37,8	4734	2846	434	48,2
MFT	(2) Chiarificato	55,9	37,8	4734	2846	434	48,2
	(5) Separato Denso	59,7	40,7	4824	2911	464	56,7
	(3) Microfiltrato	46,2	31,8	4518	2779	389	36,1
<b>Sessione del 01 agosto 2017, microfiltro a 50 micron</b>							
<b>Parametro</b>		<b>ST</b>	<b>SV</b>	<b>NTK</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>Ptot</b>	<b>SST</b>
Unità di misura		[g/kg]	[g/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[g/l]
SEPCOM	(1) Ingresso t.q.	79,5	56,7	5033	3036	908	-
	(4) Separato Palabile	222,0	189,6	6114	2823	3538	-
	(2) Chiarificato	65,3	43,8	4979	3068	684	51,4
MFT	(2) Chiarificato	65,3	43,8	4979	3068	684	51,4
	(5) Separato Denso	69,5	46,3	4996	3104	748	59,6
	(3) Microfiltrato	56,0	36,8	4746	2993	536	41,8

Tabella 2 – Concentrazione degli elementi analizzati in ciascuna matrice in ingresso e prodotta dal separatore elicoidale e dal microfiltro (Azienda Maiero Energia, anno 2018)

<b>Sessione del 13 aprile 2018, microfiltro a 50 micron</b>						
<b>Parametro</b>		<b>ST</b>	<b>SV</b>	<b>NTK</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>Ptot</b>
Unità di misura		[g/kg]	[g/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
SEPCOM	(1) Ingresso t.q.	70,8	53,4	5605	3706	467
	(4) Separato Palabile	262,7	233,2	7338	3408	1267
	(2) Chiarificato	52,1	35,5	5356	3699	368
MFT	(2) Chiarificato	52,1	35,5	5356	3699	368
	(5) Separato Denso	66,9	46,3	5470	3692	593
	(3) Microfiltrato	46,2	33,4	4998	3677	313
<b>Sessione del 13 giugno 2018, microfiltro a 50 micron</b>						
<b>Parametro</b>		<b>ST</b>	<b>SV</b>	<b>NTK</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>Ptot</b>
Unità di misura		[g/kg]	[g/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
SEPCOM	(1) Ingresso t.q.	81,1	60,0	5821	3370	573
	(4) Separato Palabile	239,3	206,4	7169	2726	2254
	(2) Chiarificato	56,5	36,7	5291	3410	513
MFT	(2) Chiarificato	56,5	36,7	5291	3410	513
	(5) Separato Denso	76,0	52,8	5658	3537	1140
	(3) Microfiltrato	51,4	34,6	5475	3171	375
<b>Sessione del 20 luglio 2018, microfiltro a 50 micron</b>						
<b>Parametro</b>		<b>ST</b>	<b>SV</b>	<b>NTK</b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>Ptot</b>
Unità di misura		[g/kg]	[g/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
SEPCOM	(1) Ingresso t.q.	35,3	24,4	3606	2352	271
	(4) Separato Palabile	218,5	180,3	6015	2065	3040
	(2) Chiarificato	34,6	23,4	3377	2371	249
MFT	(2) Chiarificato	34,6	23,4	3377	2371	249
	(5) Separato Denso	71,2	51,8	4052	2560	1030
	(3) Microfiltrato	30,5	19,9	3409	2351	199

La tabella 3 riassume i range di concentrazione dei principali elementi per le prime 5 sessioni.

*Tabella 3 – Range delle caratteristiche chimiche del digestato e delle frazioni derivate (Azienda Maiero Energia, anni 2017-2018)*

	<b>Solidi Totali (%)</b>	<b>Azoto totale NTK (kg/t)</b>	<b>N-ammoniacale (%NTK)</b>	<b>P totale (kg/t)</b>
Digestato tal quale	7,1 – 8,1	4,8 – 5,8	58 - 66	0,5 - 0,9
Digestato solido	22 - 26	6,0 – 7,3	38 - 46	1,3 – 3,5
Digestato chiarificato	5,2 – 6,5	4,7 – 5,4	60 - 69	0,4 – 0,7
Digestato addensato	6,0 – 8,1	4,8 – 5,7	57 - 68	0,5 – 1,1
Digestato microfiltrato	4,6 – 5,6	4,5 – 5,5	57 - 73	0,3 – 0,5

Si è proceduto inoltre alla determinazione di alcuni parametri ritenuti di particolare attenzione per quanto riguarda il rischio di occlusione dei labirinti gocciolatori delle ali (Tabella 4).

*Tabella 4 – Concentrazione di parametri collegabili a “rischio occlusione”*

<b>Parametro</b>	<b>Ferro</b>	<b>Manganese</b>	<b>Bicarbonati</b>	<b>Durezza totale</b>	<b>Solfuri</b>
<i>Unità di misura</i>	<i>[mg Fe/kg]</i>	<i>[mg Mn/kg]</i>	<i>[mg CaCO<sub>3</sub>/kg ]</i>	<i>[°F]</i>	<i>[mg/kg]</i>
Microfiltrato a 40 µm	83,998	7,011	16250	297,2	<10
Microfiltrato a 50 µm	80,528	8,255	13189	240,5	<10
Acqua di irrigazione	1,327	0,062	287	19,2	<10

I valori per i digestati microfiltrati sono risultati decisamente più alti di quelli definiti come valori di rischio per l’occlusione nell’ambito della fertirrigazione (per ferro e manganese 1,5 mg/kg, per bicarbonati 300 mg/kg, acqua “molto dura” se > 42 °F) mentre la situazione è decisamente più tranquilla per l’acqua di irrigazione.

Queste valutazioni hanno contribuito a mantenere alto il grado di attenzione sul rischio occlusione nel corso delle prove di fertirrigazione con le ali gocciolanti, rischio che comunque non si è palesato concretamente nel corso dei due anni di prove (vedi Azione 2).

### 1.2. Efficienze di separazione e reologia delle matrici

La misurazione delle portate e l'analisi delle caratteristiche chimiche del digestato tal quale e delle diverse frazioni prodotte attraverso la fase di separazione solido-liquido per mezzo di compressione elicoidale e la fase di microfiltrazione hanno permesso di calcolare le efficienze di separazione in peso, dei solidi e dei nutrienti che vengono presentate nella Figura 4.

Fatto pari a 100% il digestato tal quale in ingresso al trattamento combinato di separazione e microfiltrazione, poco più del 10% in peso viene separato come frazione solida palabile mentre quasi il 70% in peso diviene frazione microfiltrata utilizzabile in fertirrigazione; il restante 20% in peso è la frazione addensata di scarico dal microfiltro.

L'azoto manifesta una ripartizione percentuale tra le tre frazioni decisamente congruente alla ripartizione del peso mentre sia i solidi totali che il fosforo tendono a concentrarsi nella frazione solida palabile, a scapito in particolare di quella microfiltrata che ne risulta come atteso alleggerita.

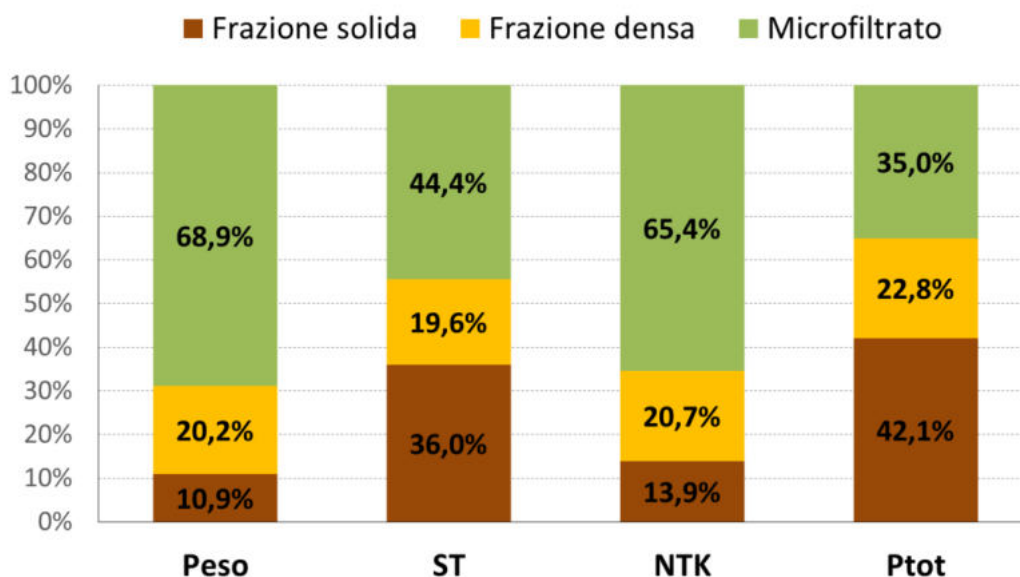


Figura 4 – Efficienze di separazione medie riscontrate nelle sessioni di monitoraggio

L'analisi granulometrica ha permesso di valutare dal punto di vista reologico l'efficienza dei processi di separazione solido-liquido e di microfiltrazione nella selezione delle particelle di diverso diametro.

Mediamente il digestato tal quale avviato ai trattamenti era caratterizzato dal 33% dei solidi totali inclusi nella classe granulometrica superiore ai 100  $\mu\text{m}$  (>0,1 mm) mentre nel digestato chiarificato la stessa classe granulometrica rappresentava il 5% circa dei solidi totali e nel microfiltrato era inferiore al 1%. Precisamente, per il 99,2% dei solidi totali rimasti nel microfiltrato è stata misurata una granulometria inferiore ai 100  $\mu\text{m}$  (< 0,1 mm). Nella Tabella 5 sono riportati i contenuti di ST e SV delle matrici esaminate e le frequenze rilevate per le diverse classi granulometriche.

Tabella 5 – Contenuto di solidi delle tre matrici e percentuali dei Solidi Totali (ST) nelle diverse classi granulometriche (medie dei tre test)

	ST (g/kg)	SV (g/kg)	>5mm	<5mm >3,15mm	<3,15mm >2mm	<2mm >1mm	<1mm >0,5mm	<0,5mm >0,3mm	<0,3mm >0,1mm	<0,1mm
Dig. tal quale	75,8	55,6	1,04	4,56	6,72	6,45	5,88	3,44	4,80	67,11
Dig. chiarificato	57,8	39,0	0,03	0,02	0,04	0,16	0,49	1,17	3,46	94,62
Dig. microfiltrato	50,8	35,0	0,10	0,11	0,07	0,14	0,11	0,16	0,18	99,15

I principali risultati dei test di determinazione del Potenziale Biochimico Metanigeno (BMP) sono presentati nella Tabella 6 che segue e testimoniano della ridotta degradabilità residua sia del digestato tal quale che della frazione addensata da microfiltrazione. La frazione solida separata palabile presenta una degradabilità maggiore, seppure comunque scarsa, in quanto concentra in se le particelle di maggiori dimensioni che si sono degradate di meno nel corso del transito nei digestori. Ciò nonostante, studi condotti in precedenza sconsigliano il riciclo di questa frazione nell'impianto, per scongiurare incrementi di densità e viscosità del digestato.

A confronto si consideri che una matrice come l'insilato di mais presenta generalmente rese in metano (CH<sub>4</sub>) attorno a 350 Nm<sup>3</sup>/t SV contro i valori medi di 55 e 60 Nm<sup>3</sup>/t SV riscontrati rispettivamente per l'addensato e il digestato tal quale e 105 Nm<sup>3</sup>/t SV riscontrato per il solido separato.

Tabella 6 – Risultati medi dei test di determinazione del Potenziale Biochimico Metanigeno (BMP) condotti sul digestato e frazioni derivate

	ST (g/kg)	SV/ST (%)	Nm <sup>3</sup> biogas / t VS	Metano in biogas (%)	Nm <sup>3</sup> metano / t VS	Degradabilità SV (%)	Silo mais equivalente
Digestato tal quale	80,33	72,6	99,8	60,3%	60,1	12,2%	0,03
Frazione solida separata	230,64	85,8	196,4	54,0%	105,3	25,6%	0,18
Addensato da microfiltrazione	72,75	68,0	82,7	66,2%	54,8	9,5%	0,02

Nell'allegato *Azione\_1\_Granulometrie&testBMP.pdf* sono raccolti i certificati delle analisi granulometriche e dei test di determinazione del Potenziale Biochimico Metanigeno (BMP).

## AZIONE 2 – Fertirrigazione con digestato microfiltrato

L'obiettivo di questa azione è consistito nella messa a punto del sistema per condurre la fertirrigazione con digestato microfiltrato attraverso le ali gocciolanti. Oltre al monitoraggio del sistema fertirriguo era previsto anche quello delle coltivazioni fertirrigate (quantità e qualità delle produzioni) e del livello di nitrati nei terreni. Inoltre nel 2° anno di prove (2018) sono state installate n. 6 coppe porose ceramiche per il prelievo delle acque di ritenzione del terreno finalizzato anche in questo caso al controllo delle concentrazioni di nitrati.

Il digestato microfiltrato ottenuto con il sistema di separazione solido-liquido + microfiltrazione di WAMGROUP è stato impiegato in fertirrigazione miscelato all'acqua, e distribuito attraverso ali gocciolanti, su di un appezzamento coltivato a mais messo a disposizione dalla Società Agricola F.lli Migliari. Per due annualità (2017 e 2018) si è confrontato il mais fertirrigato con digestato microfiltrato, su una superficie di 2,5 ettari, al mais irrigato con sola acqua e fertilizzato con urea granulare distribuita in modo convenzionale, ovvero con lo spandiconcime sulla coltura in atto dilazionata in due interventi, su altri 2,5 ettari.

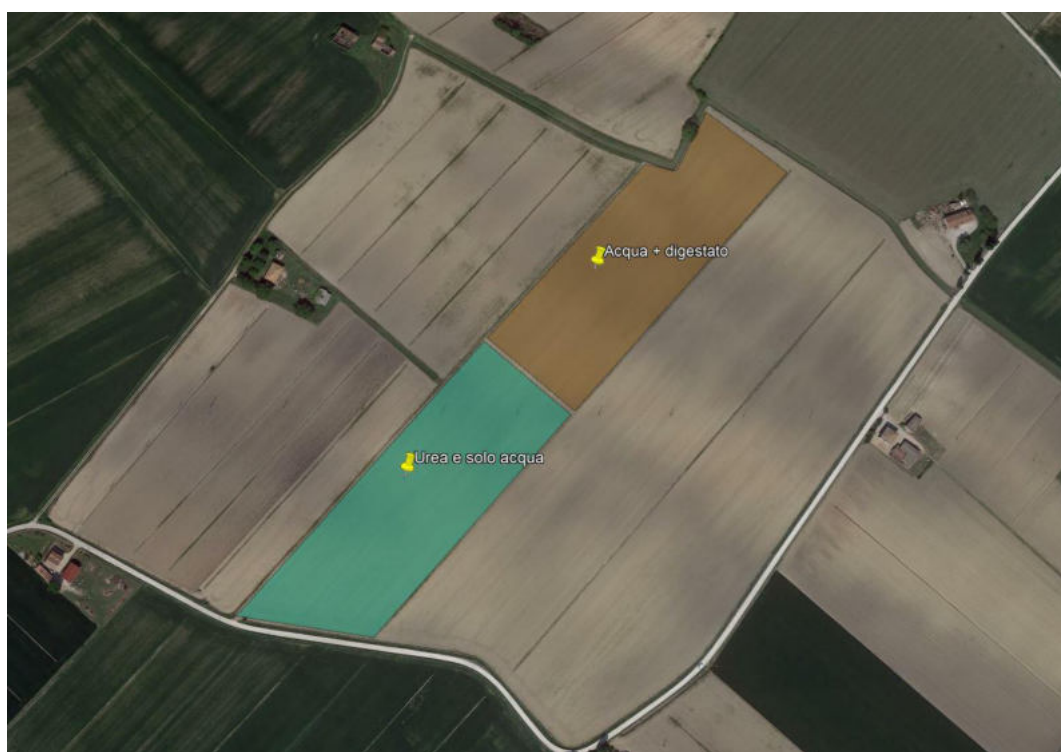


Figura 5 – Il sito di sperimentazione agronomica di Digestato\_100%, presso Azienda F.lli Migliari

L'impianto di fertirrigazione, comprensivo di filtri di sicurezza a dischi, tubi di mandata ed ali gocciolanti, è stato messo a disposizione per i due anni dal partner associato Netafim Italia a coprire un'area complessiva di 5 ettari come era previsto nel progetto. La figura che segue ne illustra diverse componenti.

In particolare, sono state impiegate ali gocciolanti Netafim Typhoon plus™ alternate nell'interfila della coltura.



*Figura 6 – Diverse componenti dell’impianto di fertirrigazione con ali gocciolanti*

*Da sin a dx e dall’alto in basso: posa delle ali gocciolanti, ala gocciolante tra le file di mais, filtro di sicurezza a dischi a piè di campo, valvole e contatori per la gestione dei due settori irrigui*

Le attività condotte hanno riguardato:

#### 1. Prestazioni del sistema di fertirrigazione

A tal fine per tutta la durata delle stagioni irrigue, giugno-agosto nel 2017 e maggio-luglio nel 2018, sono stati seguiti: i volumi di acqua e di digestato impiegati nei diversi interventi di fertirrigazione, la funzionalità del sistema fertirriguo attraverso il controllo delle pressioni e la frequenza dei controlavaggi dei filtri, le caratteristiche specifiche della frazione microfiltrata del digestato impiegata nei diversi interventi di fertirrigazione, il grado di sporramento delle ali gocciolanti. Si specifica che non si è fatto uso di prodotti per il lavaggio delle linee erogatrici in quanto non vi è stata necessità.

#### 2. Efficienza dell’azoto distribuito

A tal fine per ciascuno dei due trattamenti praticati su 2,5 ettari di superficie a inizio prove è stata effettuata la caratterizzazione chimico-fisica di dettaglio del terreno (strato 0-30 cm, Tabella 7), la caratterizzazione quali-quantitativa del digestato distribuito e delle produzioni vegetali raccolte, il monitoraggio dei nitrati nel suolo a due diverse profondità (0-30 e 30-60 cm).

Riguardo alle produzioni vegetali si specifica che il mais coltivato sull'appezzamento nel 2017 è stato raccolto come granella, ma le determinazioni produttive, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, sono state effettuate sia sulle piante allo stato di maturazione cerosa (8 agosto, mais trinciato da aree di saggio) che alla trebbiatura della granella (29 agosto, granella da raccolta a pieno campo); nel 2018 invece la raccolta a pieno campo è avvenuta allo stadio di maturazione cerosa (13 agosto) e in questa occasione sono state effettuate le determinazioni produttive e i campionamenti del trinciato.

*Tabella 7 – Caratteristiche chimico-fisiche dei terreni nell'appezzamento sperimentale Azienda F.lli Migliari (strato 0-30 cm, inizio prove)*

	<b>Area acqua e digestato</b>	<b>Area urea e sola acqua</b>
pH in acqua (-)	8,1	8,1
pH in CaCl <sub>2</sub> (-)	7,7	7,7
Conducibilità (mS/cm)	0,16	0,21
C.S.C. (cmol+/kg)	21	20
Calcare totale (g/kg)	86	77
Sostanza organica (g/kg)	19,0	17,0
Azoto totale Kjeldahl (g/kg)	1,2	1,2
Rapporto C/N	8,9	8,6
Fosforo Olsen (mg/kg)	14	8
Classe tessiturale	FLA*	FLA*
Sabbia (g/kg)	181	96
Limo (g/kg)	466	578
Argilla (g/kg)	353	327

\* franco limoso-argilloso



## 2.1. Risultati del monitoraggio della fertirrigazione

I principali dati relativi agli interventi irrigui e di concimazione sono riportati in Tabella 8. Presso il sito di Società Agricola F.lli Migliari nel 2017 sono stati effettuati n. 13 interventi di fertirrigazione con iniezione di digestato microfiltrato e 11 nel 2018, nel corso dei quali è stato caratterizzato il digestato (almeno ST, NTK). Entrambi gli anni vi sono state sessioni di campionamento complete che hanno visto anche il prelievo dell'acqua irrigua, della miscela acqua/digestato pre-filtri e post-filtri, della miscela acqua/digestato dai gocciolatori, del controlavaggio, con analisi di pH, conducibilità, ST, SST, NTK,  $N-NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ , P, K, COD.

Sull'acqua irrigua sono stati determinati anche alcuni parametri aggiuntivi che possono influenzare il grado di occlusione dei labirinti gocciolatori delle ali, come durezza, bicarbonati, solfuri, ferro e manganese (analisi presentate insieme a quelle dei digestati microfiltrati in Azione 1). Per i vari parametri la situazione è decisamente più tranquilla per l'acqua di irrigazione rispetto ai digestati microfiltrati. Queste valutazioni hanno contribuito a mantenere alto il grado di attenzione sul rischio occlusione nel corso delle prove di fertirrigazione con le ali gocciolanti.

Sui campioni vegetali sono stati determinati vari parametri di qualità (ST, ceneri, proteine, fibre, grassi, amido, altri) mediante analisi NIRS, su 18 campioni (2017) + 20 (2018, incluso Euroforaggi, vedi paragrafo 2.3). Inoltre sono stati condotti i test di determinazione del Potenziale Biochimico Metanigeno (BMP) sul trinciato, potenzialmente destinato alla produzione di energia attraverso la digestione anaerobica, n. 3 campioni derivanti da settore con acqua e digestato e n. 3 campioni derivanti da settore con sola acqua e urea granulare.

Tabella 8 – Interventi irrigui e di concimazione (sito sperimentale Azienda F.lli Migliari)

	Settore acqua + digestato		Settore urea e sola acqua	
	2017	2018	2017	2018
Ore di irrigazione	158	90	156	82
Turni irrigui	20	11	18	10
(di cui con digestato)	(13)	(11)	(-)	(-)
Acqua distribuita (mm)	279	152	274	157
Digestato iniettato (m <sup>3</sup> /ha)	52	49	0	0
Azoto nel digestato microfiltrato (kg/m <sup>3</sup> )	4,3	4,5	-	-
Azoto totale distribuito in fertirrigaz. (kg/ha)	221	220	-	-
Azoto totale distribuito come urea (kg/ha)	0	0	276	250

Nella fase di iniezione del digestato microfiltrato, la sua diluizione in acqua è generalmente variata tra 1:10 e 1:30. In Tabella 9 si riporta un esempio delle caratteristiche delle matrici impiegate in fertirrigazione con diluizione del digestato in acqua di 1:10.

Da notare che su tutto il campo erano stati effettuati anche interventi di fertilizzazione con digestato tal quale alla dose di circa 50 m<sup>3</sup>/ha nel corso della preparazione del terreno nei due periodi autunnali precedenti le semine (corrispondenti a circa 240 kg N/ha con efficienza del 26% da normativa).

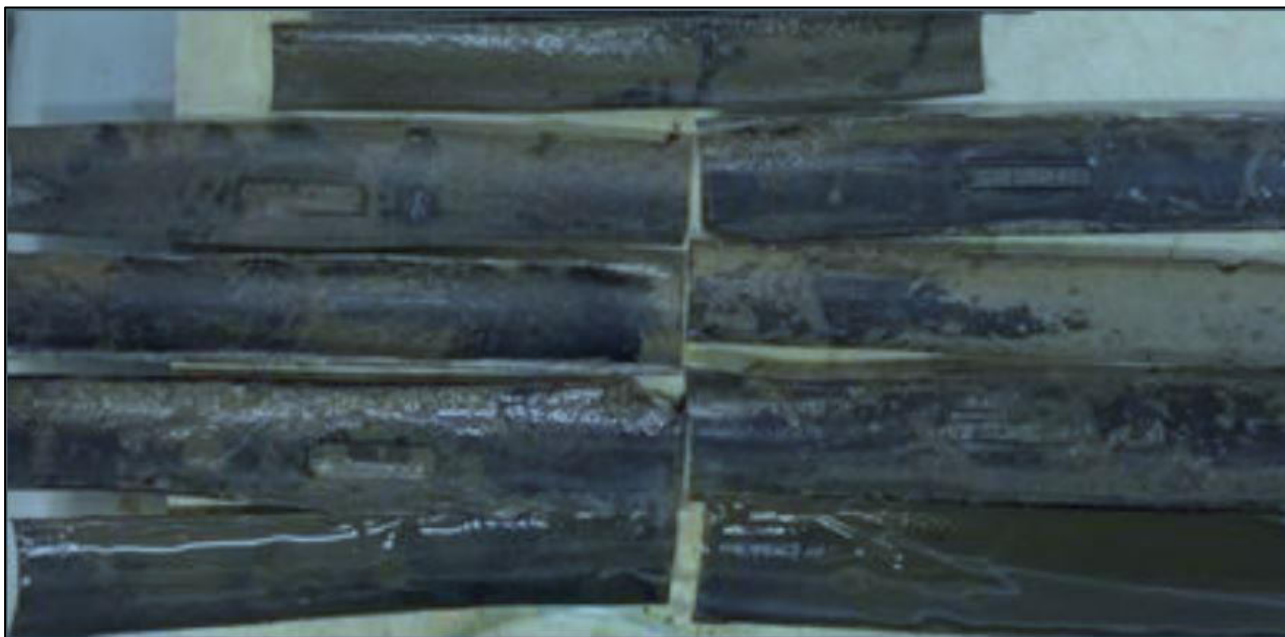
*Tabella 9 – Esempio delle caratteristiche delle matrici impiegate in fertirrigazione*

<b>Intervento con diluizione digestato: acqua = 1:10</b>	<b>Digestato microfiltrato</b>	<b>Acqua canale</b>	<b>Acqua + digestato</b>
Solidi Totali (%)	5,27	0,04	0,53
Solidi Sospesi Totali (g/l)	45,2	0,02	4,3
Azoto totale NTK (mg/kg)	4659	6	462
Azoto ammoniacale (%NTK)	63,8	2,6	63,9
Fosforo (mg/kg)	439	0,35	47
pH (-)	8,1	7,7	8,0
Conducibilità (mS/cm)	27,9	0,35	3,9

Al termine delle due campagne di fertirrigazione con acqua e digestato sono stati prelevati degli spezzoni di ali gocciolanti per verificarne il grado di sporramento e per determinare il loro eventuale grado di occlusione. Nella figura 7 sono raccolte alcune immagini delle ali gocciolanti e dei labirinti gocciolatori sottoposti a diverse condizioni operative.

In ogni caso, in prove condotte in laboratorio, non sono stati verificati fenomeni di intasamento dei labirinti gocciolatori, anche in presenza dei maggiori accumuli di solidi all'interno delle ali gocciolanti. I flussi non sono mai variati in modo significativo rispetto all'inizio delle prove.

Anche i dati sui flussi di acqua complessivi misurati in campo, riferiti all'unità di tempo, da inizio a fine prove non hanno evidenziato differenze imputabili a progressiva occlusione.



*Figura 7 – Diverse immagini di ali gocciolanti sezionate al termine delle campagne di fertirrigazione con acqua e digestato*

## 2.2. Risultati del monitoraggio delle produzioni e dei terreni

Le rese produttive sono state maggiori nel trattamento con digestato microfiltrato in fertirrigazione anche se le differenze non sono risultate statisticamente significative. Interessante notare, invece, come sia risultata significativa la differenza nelle asportazioni azotate delle piante, dovuta anche al maggior contenuto proteico nei tessuti del mais fertirrigato col digestato, a riprova dell'elevata efficienza d'uso dell'azoto che si deve alla tecnica sperimentata.

Tabella 10 – Rese e caratteristiche del mais trinciato

	Settore acqua + digestato		Settore urea e sola acqua		Rotolone aziendale
	2017	2018	2017	2018	2017-2018
Trinciato normalizzato al 33% di s.s. (t/ha)	69,1	67,3	66,6	63,9	~60
Trinciato (t s.s./ha)	22,8	22,2	22,0	21,1	
Amido (% s.s.)	33,2	31,3	31,4	31,0	
Amido (t s.s./ha)	7,6	6,9	6,9	6,5	
Proteine (% s.s.)	7,1	6,5	6,4	6,1	
N asportato (kg/ha)	259	231	225	206	

I principali risultati dei test di determinazione del Potenziale Biochimico Metanigeno (BMP) sono presentati nella Tabella 11 che segue e indicano che le biomasse ottenute nei due trattamenti a confronto non sono risultate sostanzialmente diverse in quanto a producibilità di metano in digestione anaerobica (differenze statisticamente non significative).

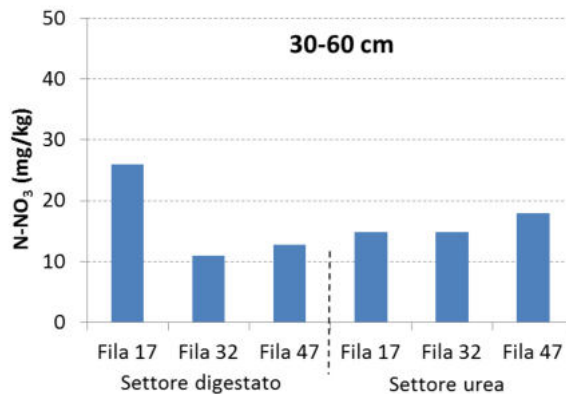
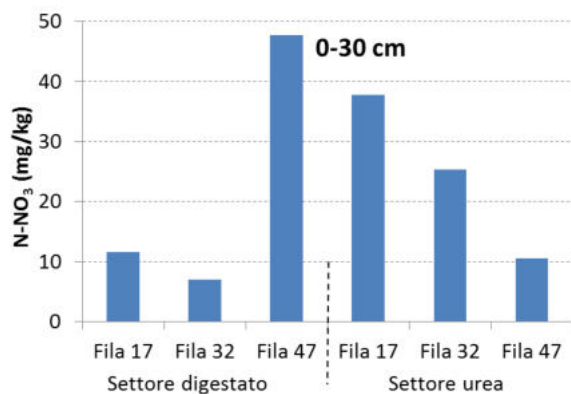
I dati ottenuti sono nella norma, si consideri infatti che l'insilato di mais "standard" presenta generalmente il 4% di ceneri (complemento a 100 del rapporto SV/ST) e rese in metano vicine a 350 Nm<sup>3</sup>/t SV.

Tabella 11 – Risultati medi dei test di determinazione del Potenziale Biochimico Metanigeno (BMP) condotti sul trinciato di mais essiccato e macinato

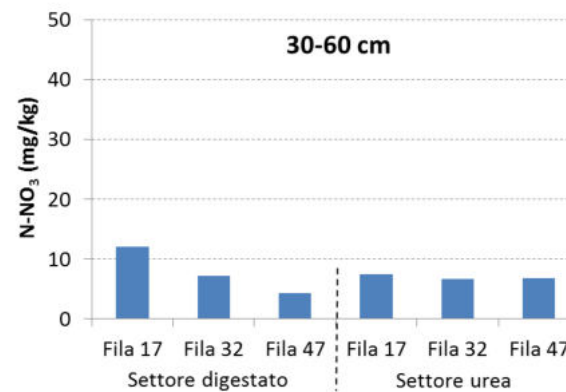
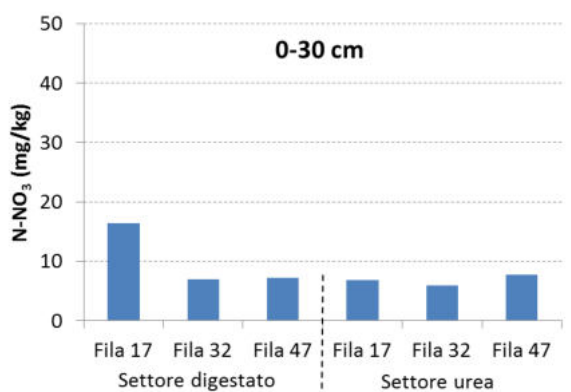
	SV/ST (%)	Nm <sup>3</sup> biogas / t VS	Metano in biogas (%)	Nm <sup>3</sup> metano / t VS	Degradabilità SV (%)
Mais acqua e digestato	96,1	647,0	52,7%	340,7	85,1%
Mais acqua e urea granulare	96,6	657,5	52,2%	343,3	86,9%

Figura 8 – Concentrazioni di azoto nitrico nel terreno a inizio e fine ciclo colturale (per 2 strati)

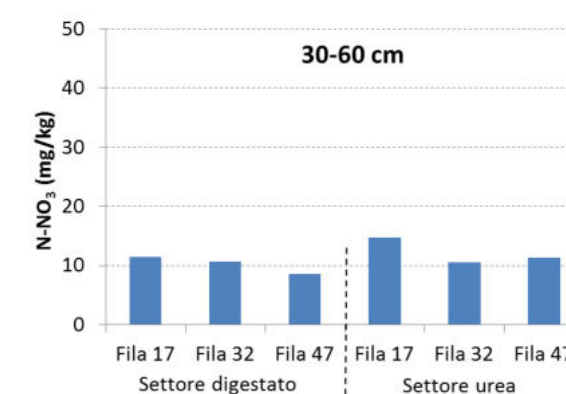
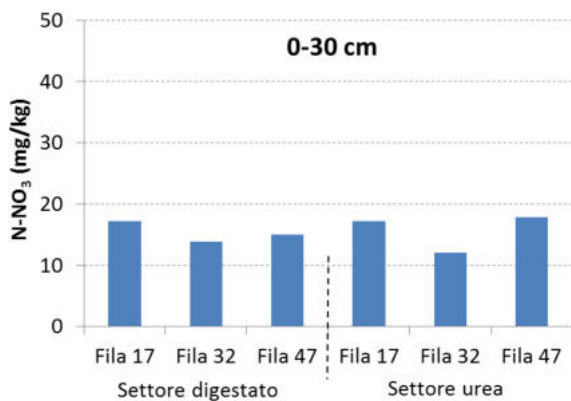
17 maggio 2017



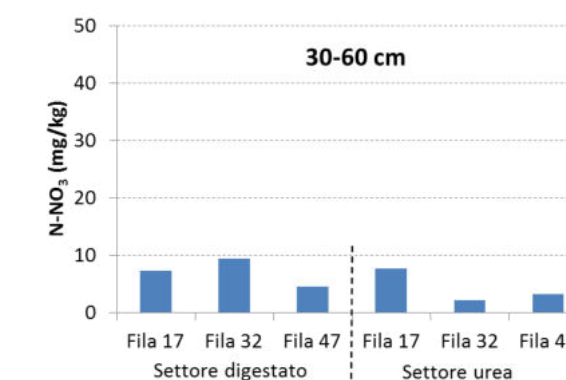
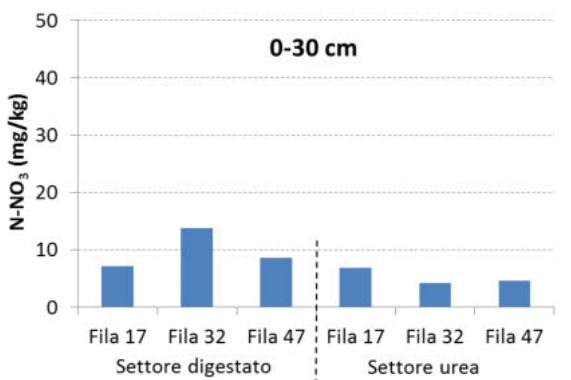
05 settembre 2017



28 aprile 2018



21 agosto 2018



Le concentrazioni di nitrati nei terreni sono state determinate all'inizio ed al termine di ciascuno dei due cicli di coltivazione e per due strati, da 0 a 30 cm e da 30 a 60 cm.

I risultati mettono in evidenza che, ad esclusione di un paio di dati sporadici rilevati all'avvio delle prove nello strato più superficiale, con concentrazioni di azoto nitrico vicine a 40 e 50 mg/kg considerabili ad un livello medio-alto e meritevole di attenzione, per i restanti tre campionamenti condotti al termine del primo ciclo di coltivazione e di nuovo all'inizio e alla fine del secondo ciclo le concentrazioni di nitrati sono risultate piuttosto contenute, in maniera particolare al termine delle coltivazioni.

Questo è generalmente indice di un utilizzo efficiente ed efficace dell'azoto minerale da parte della coltura, che ne residua solo minimi quantitativi nel terreno. Altre verifiche condotte in passato su mais hanno dimostrato che non sono rari i casi di importanti residuazioni di nitrati nel terreno a fine ciclo colturale, con relativi rischi di perdite significative di nitrati per lisciviazione.

Oltre a risultare decisamente contenute, le concentrazioni di azoto nitrico nel terreno al termine del ciclo colturale si livellano tra il primo (0-30 cm) ed il secondo (30-60 cm) strato mentre è generalmente consueto, a seguito di apporti azotati, rilevare concentrazioni maggiori nello strato più superficiale.

### 2.3. Altre attività di monitoraggio semplificato

Nella seconda annualità del progetto (2018) il digestato microfiltrato prodotto all'impianto di biogas di Maiero Energia è stato trasportato anche presso la Società Agricola Euroforaggi, partner del GOI, per essere utilizzato a fini dimostrativi nella fertilizzazione di una coltivazione di sorgo e di una consociazione con sorgo e canapa, in entrambe i casi a confronto con la concimazione convenzionale con urea.



Figura 9 - I siti di monitoraggio di Digestato\_100%, presso Azienda Euroforaggi, in località San Pietro in Campiano (RA)

Anche in questi siti di monitoraggio sono state messe a confronto la fertilizzazione effettuata con digestato microfiltrato distribuito in fertirrigazione sulla coltura in atto, facendo uso in questo caso di un'ala piovana, e la concimazione con urea. In particolare, facendo riferimento alla figura di sopra, si sono confrontati:

A – coltivazione di sorgo (var. Freya), concimazione con urea a 150 kg N/ha in unica dose a metà luglio, raccolta a inizio ottobre

B – coltivazione di sorgo (var. Freya), fertilizzazione con digestato microfiltrato a 50 t/ha (circa 200 kg N/ha) in unica dose a inizio agosto, raccolta a inizio ottobre

C – consociazione di sorgo (var. Freya) e canapa (var. Futura 75), fertilizzazione con digestato microfiltrato a 50 t/ha (circa 200 kg N/ha) in unica dose a inizio agosto, raccolta a inizio ottobre

D – consociazione di sorgo (var. Freya) e canapa (var. Futura 75), concimazione con urea a 150 kg N/ha in unica dose a metà luglio, raccolta a inizio ottobre

La tabella che segue riporta le caratteristiche medie del digestato microfiltrato trasferito da Maiero Energia alla Società Agricola Euroforaggi.

*Tabella 12 – Caratteristiche del digestato microfiltrato utilizzato presso Euroforaggi*

<b>Parametri</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Valori</b>
Solidi Totali	%	4,21
Solidi Volatili	%	2,83
	%ST	67,2
Solidi Sospesi Totali	g/l	21,2
	%ST	50,4
Azoto totale NTK	mg/kg	4159
Azoto ammoniacale	mg/kg	2924
	%NTK	70,3
Fosforo (mg/kg)	mg/kg	301

Le rese produttive sono state maggiori nei trattamenti con digestato microfiltrato in fertirrigazione, sia per il solo sorgo che per il sorgo con canapa, anche se non è stato possibile elaborare statisticamente i dati in quanto, come siti di monitoraggio semplificato, è risultato disponibile un solo dato di biomassa totale raccolta per ognuno dei quattro appezzamenti. La tabella che segue riporta i principali risultati sulla quantità e qualità dei prodotti, le cui caratteristiche sono risultate nella norma per questo tipo di biomasse fresche.

*Tabella 13 – Rese e caratteristiche delle coltivazioni*

	<b>Trinciato di sorgo</b>		<b>Trinciato di sorgo + canapa</b>	
	<b>Urea</b>	<b>Digestato</b>	<b>Urea</b>	<b>Digestato</b>
Trinciato tal quale	35	40	30	32
Trinciato (t s.s./ha)	9,8	10,9	7,6	8,1
Amido (% s.s.)	8,99	7,91	8,90	8,90
Amido (t s.s./ha)	0,88	0,86	0,67	0,72
Proteine (% s.s.)	13,0	13,5	13,0	13,0
N asportato (kg/ha)	204	235	158	168



### AZIONE 3 – Valutazione della sostenibilità ambientale (Impronta C) ed economica

La disponibilità di vari dati di input misurati in campo ha consentito di calcolare l'impronta del carbonio per unità di prodotto e di quantificare in modo oggettivo la CO<sub>2</sub> emessa a seguito dell'adozione delle diverse pratiche agricole. Parallelamente è stata effettuata la valutazione economica finalizzata ad evidenziare il confronto tra i costi di produzione della coltura testata con i diversi sistemi di irrigazione e fertilizzazione.

L'attività di valutazione della sostenibilità ambientale (Carbon Footprint) ed economica, condotta da CRPA, ha richiesto in particolare la collaborazione del partner associato Netafim Italia per la quantificazione dei vari elementi relativi all'impianto di fertirrigazione con ali gocciolanti e di WAMGROUP per la quantificazione di quelli relativi al sistema di separazione solido-liquido + microfiltrazione ed alla loro incidenza per metro cubo di digestato a seconda dei quantitativi trattati per anno.

Per le valutazioni si è preso a riferimento il caso di studio di Maiero Energia / F.lli Migliari (partner del GO), costituito da un impianto di biogas da 1 MWe che gestisce una superficie agricola di circa 250 ettari di cui 100 ettari a mais di primo raccolto e 150 ettari a triticale (di cui 75 a mais in secondo raccolto). Le matrici in ingresso all'impianto sono effluenti zootecnici, colture energetiche in primo o secondo raccolto (mais e triticale) e sottoprodotti agroindustriali. Il digestato prodotto è pari a circa 60 t/giorno (22.000 t/anno) con un contenuto medio di azoto totale di 5 kg/t (110.000 kg N/anno).

Dalla separazione solido-liquido di tutto il digestato si ottengono circa 2.200 t/anno di frazione solida con 6,1 kg N/t e 19.800 t/anno di frazione chiarificata con 4,8 kg N/t. Dalla microfiltrazione del digestato si ricavano 12.100 t/anno di microfiltrato con 4,7 kg N/t e 7.700 t/anno di addensato con 4,9 kg N/t.

I due modelli gestionali hanno previsto:

- 1) standard (business as usual – BAU): utilizzo di digestato tal quale alla preparazione dei terreni + urea in presemina/copertura, irrigazione per aspersione
- 2) innovativo Digestato 100%: utilizzo di digestato solido separato o addensato da microfiltrazione alla preparazione dei terreni + microfiltrato in fertirrigazione.

L'epoca e le modalità di distribuzione dei fertilizzanti organici e la relativa forma fisica si associano a diverse efficienze di utilizzazione dell'azoto (NUE, Nitrogen Use Efficiency), bassa nel caso del digestato tal quale applicato ad ottobre, media nel caso del digestato separato solido applicato in autunno, alta nel caso del digestato tal quale applicato a maggio e nel caso del digestato microfiltrato applicato in fertirrigazione (Tabella 14, Tabella 15).

Tabella 14 – Gestione standard (BAU): dosi applicate ed efficienza dell'azoto

<b>MAIS 1°</b>	<b>70 t/ha di digestato a ottobre +</b>	<b>420 kg urea suddivisi in due interventi</b>			
<b>100</b>	<b>NUE 26% (BASSA)</b>	<b>NUE 100%</b>			
<b>ha</b>	<b>91 kg N/ha efficiente</b>	<b>193 kg N/ha efficiente</b>			
<b>MAIS 2°</b>	<b>55 t/ha di digestato a maggio +</b>	<b>240 kg urea in un intervento</b>			
<b>75</b>	<b>NUE 55% (ALTA)</b>	<b>NUE 100%</b>			
<b>ha</b>	<b>151 kg N/ha efficiente</b>	<b>110 kg N/ha efficiente</b>			

Tabella 15 - Gestione innovativa Digestato 100%: dosi applicate ed efficienza dell'azoto

MAIS	22 t/ha di solido a settembre +	66 t/ha di microfiltrato in fertirrigazione
100	NUE 40% (MEDIA)	NUE 75% (ALTA)
ha	43 kg N/ha efficiente	233 kg N/ha efficiente
MAIS 2°	30 t/ha di microfiltrato a maggio +	43 t/ha di microfiltrato in fertirrigazione
75	NUE 75% (ALTA)	NUE 75% (ALTA)
ha	106 kg N/ha efficiente	152 kg N/ha efficiente

Ne risultano dosi diverse di fertilizzante necessarie per assolvere alle esigenze azotate della coltura. Tenuto conto del tenore azotato delle diverse tipologie di digestato e del fertilizzante minerale risultano gli apporti riassunti in Tabella 16.

Tabella 16 – Apporti azotati sulle colture di mais di primo e di secondo raccolto per i due schemi gestionali confrontati

Standard (BAU)	Coltura	digestato tal quale			urea			totale
		dose fertilizzante	tenore N	dose N	dose fertilizzante	tenore N	dose N	dose N
		t/ha	kg N/t	kgN/ha	t/ha	kg N/t	kgN/ha	kgN/ha
	MAIS 1°	70	5,0	350	0,42	460	193	543
	MAIS 2°	55	5,0	275	0,24	460	110	385
Digestato_100%	Coltura	digestato solido separato			digestato microfiltrato			totale
		dose fertilizzante	tenore N	dose N	dose fertilizzante	tenore N	dose N	dose N
		t/ha	kg N/t	kgN/ha	t/ha	kg N/t	kgN/ha	kgN/ha
	MAIS 1°	22	6,1	134,2	66	4,7	310	444
	MAIS 2°				73	4,7	343	343

Nel caso del sistema convenzionale (standard – BAU) la fertilizzazione su mais di 1° raccolto è avvenuta con 70 t/ha di digestato tal quale, distribuito ad ottobre con carbotte da 20 m<sup>3</sup>, seguita da una integrazione con 420 kg di urea ripartita in due interventi. Sul mais di 2° raccolto sono stati distribuite 55 t/ha di digestato tal quale, applicato a maggio con carbotte, integrato con 240 kg di urea distribuita in un unico intervento.

La irrigazione è stata effettuata su tutti i 175 ha con mais, con n. 4 rotoloni in grado di dominare 44 ha ciascuno e con una restituzione di 250 mm/anno, con 4 turni da 62 mm ciascuno.

Nel caso del sistema Digestato 100% la fertilizzazione su mais di 1° raccolto è avvenuta con 22 t/ha di digestato solido separato applicato a settembre con spandiletame, più 66 t/ha di digestato separato liquido microfiltrato in fertirrigazione, distribuito con ali gocciolanti in polietilene vergine, riciclabili (peso 15 g/m lineare). Sul mais di 2° raccolto sono state distribuite 30 t/ha di microfiltrato a maggio + 43 t/ha di microfiltrato in fertirrigazione.

Tutti i 175 ha con mais vengono fertirrigati con n. 4 stazioni di pompaggio e filtraggio in grado di dominare 44 ha ciascuna, con 250 mm/anno di restituzione, che hanno richiesto una erogazione di 1,5 mm/h.

### 3.1. Risultati della valutazione di sostenibilità ambientale

La sostenibilità ambientale del sistema di fertirrigazione innovativo proposto con il modello Digestato\_100%, a confronto con il sistema convenzionale standard (irrigazione con macroirrigatore semovente detto “gettone” e concimazione con urea), è stata valutata mediante metodologia LCA (Life Cycle Assessment), quantificando le emissioni di gas serra associate al ciclo di vita dei due sistemi.

La stima dell'impronta del carbonio ha comportato la quantificazione del totale delle emissioni di gas serra generate lungo tutta la filiera produttiva, considerando anche le emissioni avvenute a monte della fase agricola per la produzione dei mezzi tecnici utilizzati. Per quanto riguarda la fase a valle, i “confini del sistema” si fermano all'uscita dei prodotti dall'azienda agricola (*from cradle to farm gate*).

La unità funzionale, ossia il riferimento rispetto al quale vengono rapportate le emissioni per il calcolo dell'impronta carbonica, è la tonnellata di trinciato di mais prodotta, calcolata come somma delle rese della coltura di primo e di secondo raccolto. Nello specifico della prova agronomica condotta tali rese, derivate dai dati di Azione 2 del progetto, sono riassunte in Tabella 17.

Tabella 17 – Rese produttive del trinciato di mais di primo e secondo raccolto per i due sistemi

Sistema di gestione	Resa produttiva (t tal quale/ha)		
	Mais 1° raccolto	Mais 2° raccolto	Totale
Convenzionale	60	50	110
Digestato 100%	68	55	123

I confini del sistema considerato includono i processi a monte per la produzione dei mezzi tecnici impiegati (gasolio, macchine per la distribuzione dei digestati e dei fertilizzanti, macchine per l'irrigazione, ali gocciolanti), i consumi energetici per irrigazione, la distribuzione dei fertilizzanti e i trasporti delle colture al centro aziendale, le emissioni di protossido di azoto che avvengono a seguito della distribuzione dei fertilizzanti azotati. Non sono stati considerati i processi a valle della produzione del trinciato di mais (approccio *from cradle to gate*).

Per i processi a monte (processi secondari) si è fatto riferimento ai dati ricavabili dalla banca dati Ecoinvent, mediante il codice di calcolo Simapro 8.0, uno dei software più utilizzati per gli studi LCA. Per i processi primari, che avvengono direttamente in campo, si sono utilizzati i dati raccolti nella sperimentazione.

Per la fertirrigazione si sono considerati i consumi di carburante per la posa e il recupero delle manichette, i consumi elettrici per il separatore, per il microfiltro e per il pompaggio, i consumi per la produzione dei materiali e dei macchinari impiegati.

Per tutti e due i sistemi si è ipotizzato una distanza media degli appezzamenti dal centro aziendale di 3 km (variabile da 0,5 a 5,5 km).

Per il calcolo delle emissioni di N<sub>2</sub>O nella coltivazione del mais si è utilizzata la metodologia IPCC 2006 (IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories), secondo cui le emissioni di N<sub>2</sub>O dai suoli agricoli si verificano sia attraverso un percorso diretto (cioè direttamente dai suoli a cui l'azoto è apportato), sia attraverso due percorsi indiretti: (i) in seguito alla volatilizzazione di NH<sub>3</sub> dai suoli fertilizzati e alla successiva ri-deposizione di questi gas e dei loro prodotti NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e

$\text{NO}_3^-$  a suoli e acque; e (ii) a seguito della percolazione e ruscellamento di N, principalmente come  $\text{NO}_3^-$ , dai suoli fertilizzati.

Le emissioni dirette vengono quantificate come 1% dell'azoto applicato ai suoli con gli effluenti di allevamento e digestati, con i fertilizzanti minerali e con i residui colturali (ipogei ed epigei).

Le emissioni indirette sono stimate in base ai fattori di emissione default mostrati in Tabella 18.

*Tabella 18 – Fattori di emissione per le emissioni indirette di  $\text{N}_2\text{O}$ , I valori sono in kg N- $\text{N}_2\text{O}$  emesso per kg N- $\text{NH}_3$  volatilizzato o per kg N- $\text{NO}_3$  perso per percolazione e ruscellamento*

	FE $\text{N}_2\text{O}$ (emissioni indirette)
kg N- $\text{N}_2\text{O}$ /kg N- $\text{NH}_3$ + N-NO volatilizzato	0,01
kg N- $\text{N}_2\text{O}$ /kg N- $\text{NO}_3$ perso con leaching/runoff	0,0075

Le emissioni di ammoniaca dalla applicazione dei fertilizzanti minerali sono quantificate in accordo alla metodologia EMEP/EEA (Emission Inventory Guidebook 2016), Tier 2, considerando le emissioni riferite al clima temperato e a un suolo con pH normale. Il fattore di emissione per l'urea risulta pari a 159 g  $\text{NH}_3$ /kg N applicato.

Le emissioni di ammoniaca dalla distribuzione dei digestati sono state quantificate in base ai fattori di emissione EMEP/EEA 2016 per gli effluenti bovini liquidi, pari a 0,33 kg N- $\text{NH}_3$ /kg N applicato. Questo fattore di emissione è stato modulato in riduzione o in incremento in base al livello di efficienza dell'azoto attribuito alle diverse condizioni di distribuzione attuate nelle prove (bassa, media, alta efficienza).

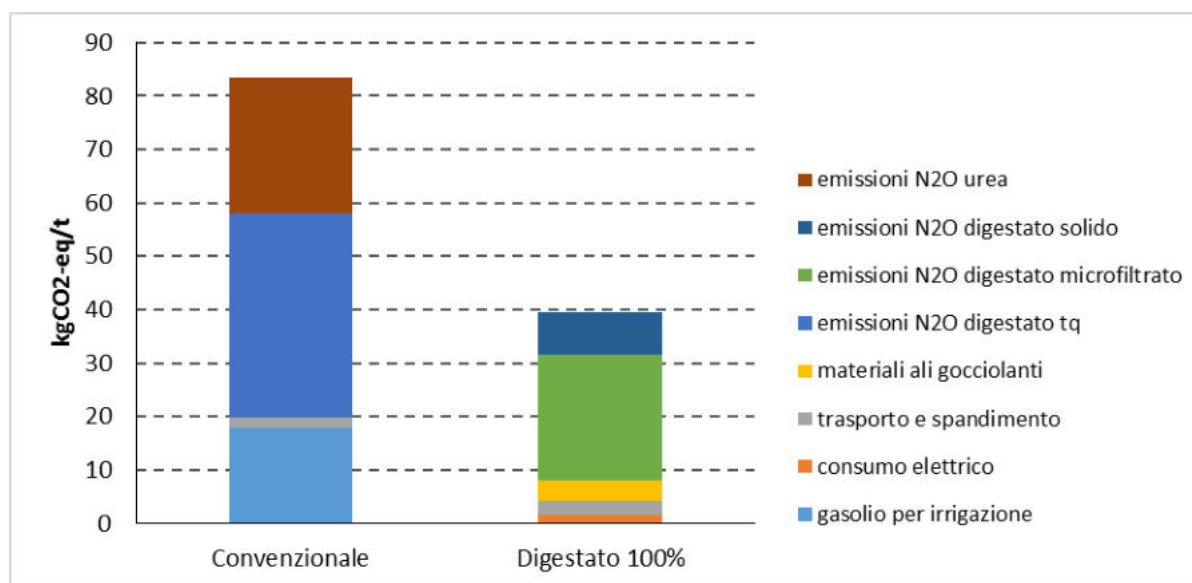
Le perdite di azoto per percolazione e ruscellamento sono state quantificate, in accordo a IPCC 2006, come 0,3 kg N- $\text{NO}_3$  per kg N applicato con i fertilizzanti organici e minerali, modulando anche questo fattore in base all'efficienza dell'azoto.

La conversione delle emissioni di N- $\text{N}_2\text{O}$  a emissioni di  $\text{N}_2\text{O}$  si ottiene moltiplicando per il rapporto tra il peso molecolare di  $\text{N}_2\text{O}$  e quello di  $\text{N}_2$  ovvero 44/28.

I risultati del confronto sono illustrati in Figura 10, in cui sono mostrati i contributi delle varie fasi all'impatto complessivo. Si evidenzia come sul bilancio complessivo delle emissioni prevalgano, per entrambi i sistemi, le emissioni di protossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ) che avvengono a seguito delle fertilizzazioni azotate. La completa sostituzione del fertilizzante minerale con il digestato del modello Digestato\_100% consente di azzerare le emissioni di  $\text{CO}_2$  per la produzione del fertilizzante stesso e la maggiore efficienza dell'azoto, resa possibile dalle modalità di distribuzione, riduce la quantità di azoto organico applicato e minimizza i rilasci di composti azotati in aria e in acqua. Anche i consumi energetici per pompaggio acqua sono molto inferiori per il Digestato\_100%, riducendo significativamente le emissioni di  $\text{CO}_2$  relative a questa operazione.

Complessivamente è risultato che il modello innovativo Digestato\_100% consente una riduzione della impronta carbonica di 39 kg  $\text{CO}_2$  eq/t di silomais, ossia una riduzione del 47% delle emissioni di gas serra associate al processo di fertilizzazione e irrigazione del modello convenzionale standard (business as usual – BAU).

Figura 10 – Impronta del carbonio della tonnellata di trinciato di mais prodotto in modo convenzionale (standard, business as usual – BAU) e secondo il modello Digestato 100%



### 3.2. Risultati della valutazione di sostenibilità economica

Di seguito si riassumono le principali condizioni tecniche che determinano le differenze nei costi di produzione dei due sistemi a confronto che anche in questo caso sono lo scenario agronomico standard (business as usual - BAU) e quello innovativo con Digestato\_100%.

**Standard.** Il digestato viene impiegato tal quale, distribuito alla preparazione dei terreni, prevalentemente in periodo estivo-autunnale e a maggio solo su stoppie di triticale che ospitano mais in secondo raccolto; l'efficienza d'uso dell'azoto è complessivamente medio-bassa (NUE medio da normativa pari al 32%) e necessitano circa 60 t di urea a integrazione su mais. I 175 ha a mais vengono irrigati da 4 rotoloni in grado di dominare 44 ha ciascuno. Con 250 mm/anno di restituzione in 4 turni da 62 mm, il costo dell'irrigazione è stato calcolato in 495 €/ha/anno, tutto incluso.

**Digestato\_100%.** Le frazioni solide e addensate sono impiegate in pre-aratura autunnale mentre il microfiltrato è distribuito in fertirrigazione su mais (sia 1° che 2° raccolto), con ala gocciolante; l'efficienza d'uso dell'azoto è complessivamente medio-alta (NUE medio da normativa pari al 55%) e non necessita urea a integrazione su mais. I 175 ha a mais vengono irrigati da 4 stazioni di pompaggio e filtraggio in grado di dominare 44 ha ciascuna. Con 250 mm/anno di restituzione a 1,5 mm/ora, il costo dell'irrigazione è stato calcolato in 835 €/ha/anno, tutto incluso (tranne trattamento separazione e microfiltrazione digestato che invece nelle condizioni ipotizzate ha un costo di circa 0,8 €/m<sup>3</sup> trattato)

Con una distanza media degli appezzamenti dal centro aziendale di 3 km (variabile da 0,5 a 5,5 km) e carbotte del volume tra 15-20 m<sup>3</sup>, il costo per il trasporto e la distribuzione del digestato è stato calcolato in 1,70 €/m<sup>3</sup>, tutto incluso, sia per lo scenario attuale che per quello con Digestato\_100%.

La Tabella che segue sintetizza i risultati dell'analisi costi-benefici condotta comparando i due scenari agronomici.

Tabella 19 – Risultati dell'analisi costi-benefici

	Digestato_100%	Standard (BAU)	Digestato_100% - BAU
<b>Costi dell'irrigazione e della fertilizzazione (€/ha)</b>			
Irrigazione	€ 835,00	€ 495,00	€ 340,00
Separazione + microfiltrazione	€ 100,00	€ 0,00	€ 100,00
Trasporto e distribuzione digestato	€ 120,00	€ 120,00	€ 0,00
Concime chimico (urea)	€ 0,00	€ 170,00	-€ 170,00
<b>TOTALE</b>	<b>€ 1.055,00</b>	<b>€ 785,00</b>	<b>€ 270,00</b>
<b>Ricavi dalla produzione di mais trinciato</b>			
Produzione (t/ha trinciato 33% s.s.)	68	60	8
€/t	€ 45,00	€ 45,00	
<b>TOTALE</b>	<b>€ 3.060,00</b>	<b>€ 2.700,00</b>	<b>€ 360,00</b>
<b>Profittabilità</b>			
Ricavi	€ 3.060,00	€ 2.700,00	€ 360,00
Costi (solo irrigazione e fertilizzazione)	€ 1.055,00	€ 785,00	€ 270,00
Profitto netto			€ 90,00

## CONCLUSIONI

Alla luce dei risultati ottenuti, la fertirrigazione con digestato microfiltrato in ala gocciolante è risultata una soluzione oltreché tecnicamente praticabile, anche sostenibile dal punto di vista economico ed ambientale.

La fertirrigazione con digestato in ala gocciolante, consentendo di raggiungere produttività elevate riducendo gli input esterni, si propone come una delle pratiche più efficienti e sostenibili nello scenario di gestione del digestato, sposando completamente le indicazioni del Biogasfattobene® come modello sostenibile e concreto per la produzione di alimenti, foraggi ed energia che nel contempo permette la decarbonizzazione del settore agricolo.

Iniettare digestato microfiltrato in ala gocciolante consente di esaltarne le proprietà fertilizzanti grazie a un tipo di distribuzione che può seguire le esigenze della coltura in atto e che minimizza le perdite di azoto in atmosfera (per l'elevata diluizione del nutriente nella soluzione somministrata). Tra l'altro, tale tecnica oltre a un ridotto consumo energetico rispetto all'irrigazione più tradizionale con macroirrigatore ("gettone") non è causa di compattamento del suolo e ben si sposa con le pratiche di gestione del terreno di tipo conservativo. La sua applicazione richiede comunque una attenta valutazione della "logistica" del digestato: capacità di stoccaggio per microfiltrato, trasferimento al campo (via tubo o botte), eventuale necessità di contenimento a piè di campo.

Diversi altri benefici possono essere associati al sistema innovativo Digestato\_100%, ad esempio:

- ✓ l'aumento di resa per ettaro comporta una minore necessità di terreno per produzioni vegetali e spandimenti;
- ✓ la possibilità di iniettare digestato lungo quasi tutto il ciclo colturale del mais, senza accedere al campo, permette di ampliare il calendario di spandimento del digestato;
- ✓ minori stress idrici e nutritivi permettono di produrre mais di maggiore qualità e quindi a più elevato potere metanigeno.

Digestato\_100% è innovazione tecnica alla portata dell'azienda agricola ed effettivamente applicabile; un sistema in grado di convertire l'onere del digestato in una valida risorsa aziendale.

Digestato\_100% è potenzialmente utilizzabile non solo nell'ambito della maiscoltura ma anche su colture orticole ed arboree, anche in regime di agricoltura biologica.

I concetti dell'economia circolare diventano così di applicazione concreta anche nelle aziende agricole.