



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPIAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

WP 0: Coordinamento

WP leader: Paolo Menesatti

Abstract

Il coordinamento ha definito le strategie di monitoraggio tecnico-scientifico e amministrativo-finanziario del progetto in ogni sua fase al fine di garantire la conformità con i tempi di programmazione del lavoro.

Il coordinamento sta svolgendo un ruolo di interfaccia tra l'insieme dei partecipanti e l'Ente finanziatore trasmettendo le relative informazioni di tipo organizzativo, scientifico, divulgativo e amministrativo-finanziario, sia all'interno (entro e tra i WP, le task e i gruppi di ricerca) che all'esterno del progetto (Ente finanziatore).

E' stata promossa la divulgazione del progetto verso l'esterno attraverso la partecipazione a convegni, workshop, seminari e incontri. E' stato realizzato un sito web specifico, in costante aggiornamento, come strumento per la disseminazione delle attività e dei risultati nonché come strumento utile per i partecipanti per avere a disposizione la modulistica e la documentazione relativa al progetto.

1. Attività svolta

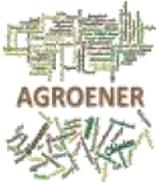
L'attività di coordinamento è stata avviata con l'organizzazione di un kick-off meeting rivolto a tutti i partecipanti ed ai rappresentanti dell'Ente finanziatore. Durante la riunione, attraverso un template condiviso con i WP leader, è stata fatta una ricapitolazione dei contenuti di progetto (partner, tempi, obiettivi, azioni, ruoli, budget ecc.) a livello di singoli WP, individuate le problematiche di tipo amministrativo e definite le strategie di monitoraggio tecnico-scientifico e amministrativo-finanziario.

E' stato creato un piccolo nucleo operativo (segreteria tecnico-amministrativa) specificamente dedicato alle attività di coordinamento che sta operando su: informazioni in/out, comunicazioni in/out, reporting, amministrazione e gestione finanziaria, divulgazione e disseminazione.

Relativamente alle attività di divulgazione e disseminazione il progetto è stato presentato a convegni, workshop e incontri sia a livello generale (Maker Faire Poster - Roma, Ottobre 2016; Agralia, Fiera Nazionale dell'Agricoltura e dell'Ambiente - Sora, Marzo 2017) che a livello specifico di attività di task (Seminario Arpae - Bologna, Febbraio 2017; Mais: la cooperazione incontra la ricerca - Bologna, Marzo 2017).

Particolare attenzione è stata dedicata alla realizzazione del sito web specifico del progetto (<http://agroener.crea.gov.it/index.html>).

Il coordinatore è in stretto e costante contatto con i WP leader, principalmente attraverso comunicazioni elettroniche, nonché con i referenti dell'Ente finanziatore e di ENAMA coordinatori del Progetto ENAGRI attraverso incontri per verificare ed esplicitare ambiti di attività sinergica e possibili o potenziali collaborazioni AGROENER-ENAGRI.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

2. Risultati e deliverable

E' stata realizzata la reportistica interna (mail, note, appunti, verbali, ecc.) relativa alla gestione e al monitoraggio scientifico e amministrativo interno del progetto (D.O.1.1) e la reportistica ufficiale esterna all'Ente finanziatore (Mipaaf) e al CREA per comunicazioni tecnico-scientifiche e amministrative del progetto (D.O.1.2).

Sono stati prodotte azioni e attività di divulgazione e disseminazione: sito web, relazioni a seminari, workshop, congressi e convegni, pubblicazioni divulgative e scientifiche (D.O.1.3).

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Non si prevedono particolari ostacoli alle attività di coordinamento per la prossima annualità. In ogni modo, si prevedono costanti incontri tra e con i WP leader e i singoli partecipanti alle task proprio per evitare problematiche di disorganizzazione.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Nessuna

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Poster divulgativo su Progetto Agroener: Maker Faire Poster - Roma, 8 ottobre 2016

Presentazione attività dei diversi WP del Progetto Agroener: Agralia, Fiera Nazionale dell'Agricoltura e dell'Ambiente - Sora, 11 marzo 2017

Sito web: <http://agroener.crea.gov.it/index.html>

E' in preparazione un convegno di presentazione dell'attività del primo anno che con molta probabilità si terrà presso la fiera Agrilevante di Bari a Ottobre 2017.

6. Elenco pubblicazioni

Menesatti P., Bisaglia C., Ceotto E., Buttazzoni L., Pochi D., Gallucci F., Cecchini C., Ripa C., Antonucci F., 2017. Energy from agriculture: sustainable innovations for the bio-economy (AGROENER project). Poster presentation, Book of Abstracts of the XXXVII CIOSTA & CIGR Section V Conference, Research and Innovation for the Sustainable and Safe Management of Agricultural and Forestry Systems, 13-15 June, Palermo, Italy, 130.

WP1: Miglioramento, sviluppo e promozione dell'efficienza energetica delle macchine, delle attrezzature agricole e della meccanizzazione

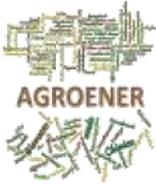
WP leader: Carlo Bisaglia (CREA-IT)

L'efficienza in agricoltura si conferma come una delle questioni chiave per migliorare non solo la redditività dei processi produttivi, ma anche (e non è d'importanza secondaria) l'impatto sull'ambiente e la sostenibilità energetica. Tale aspetto non è mai stato affrontato, in precedenza, in modo così sistematico e, direi, sistemico limitandosi ad aspetti isolati (efficienza dei motori, efficienza delle concimazioni, efficienza del lavoro, ecc.). Solo negli ultimi 20 anni, invece, grazie anche alla disponibilità di tecnologia peraltro in continua evoluzione, si stanno ottenendo risultati molto significativi che afferiscono ai quattro pilastri fondanti dell'efficientamento agricolo in senso stretto: i) efficienza delle macchine, ii) efficienza delle combinazioni tra macchine, iii) formazione degli operatori, iv) carburanti sostenibili. Relativamente a quest'ultimo aspetto, ad esempio, mentre viene redatta la presente relazione (fine luglio 2017), viene inaugurata la prima stazione di servizio italiana di biometano (Fig. 1), situata a Bergamo presso gli impianti della Montello SpA. Quest'azienda tratta rifiuti urbani raccolti da un bacino di 6 milioni di abitanti e stima una produzione (dati forniti dalla stessa Società) di 32 milioni di m³ all'anno.



Fig. 1. Gli impianti della Montello SpA di Bergamo trattano 32 milioni di m³ di rifiuti urbani all'anno ed hanno realizzato la prima stazione di rifornimento di biometano in Italia.

Con tale background, il presente WP si prospetta come molto promettente per i grandi sviluppi attesi nei prossimi anni su tale tematica. Si prospetta, ad esempio, un interessamento di Enti pubblici per fornire incentivi economici a quelle aziende agricole in grado di rinnovare i propri piani produttivi e conseguire significative riduzioni degli input energetici agendo sulla sola leva dell'efficienza, ma declinata secondo i quattro pilastri poc'anzi citati.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Tutte le task previste dal presente WP hanno avviato le proprie attività anche se con diversi livelli di intensità, in alcuni casi limitati all'approfondimento bibliografico e tecnologico, in altri con la realizzazione degli impianti sperimentali previsti dal progetto, in altri ancora con l'avvio delle prime sperimentazioni o con l'ottenimento dei primi risultati parziali; Questi ultimi in molti casi sono stati presentati nelle pubblicazioni che si troveranno citate per ogni singola task.

Si presenta, di seguito, il dettaglio delle attività svolte.

Task 1.1: Sistemi avanzati di valutazione sperimentale delle caratteristiche e delle performance dei componenti delle macchine (ad es.: pneumatici, trasmissioni) al fine del miglioramento dell'efficienza energetica e prestazionale delle stesse

Task leader: Maurizio Cutini (CREA-IT)

Abstract

Il progetto condotto nella presente task si propone di ottimizzare, da un punto di vista energetico, un modello di azienda cerealicolo-zootecnica.

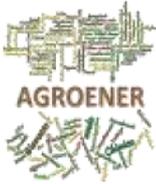
Sebbene l'argomento potrebbe risultare molto ampio, in questa prima fase la ricerca è incentrata sull'ottimizzazione del parco macchine.

L'attività del primo anno di progetto ha interessato:

- lo sviluppo del database con riferimento ai rapporti OCSE su cui valutare l'efficienza dei trattori;
- l'avviamento del monitoraggio del parco macchine di 4 aziende agricole cerealicolo-zootecniche tra i 30 ed i 100 ha;
- l'ottenimento dei primi risultati di prove sperimentali condotte per la valutazione sul rendimento di trazione di pneumatici agricoli;
- l'allestimento della strumentazione e del software per il rilievo dei dati su pista del nuovo veicolo dinamometrico per la verifica dei rendimenti di trasmissione dei trattori agricoli nella fase di trasporto;
- gli indici per determinare il rendimento in termini di consumo specifico di un trattore agricolo in fase di utilizzo, alla presa di potenza, in trazione in campo ed in trasporto;
- avviato la compilazione del modello di azienda agricola.

7. Attività svolta

Nel corso dell'anno sono state monitorate 4 aziende agricole ad indirizzo cerealicolo zootecnico, ritenute rappresentative del modello da ottimizzare, di taglia compresa tra i 30 ed i 100 ettari. Di due di esse è già stato effettuata una stima delle ore macchina ed operatrice necessarie per ogni operazione e dei relativi consumi, delle altre due si attenderà la fine della raccolta del mais di quest'anno. La taglia dell'azienda è stata scelta con il preciso proposito di focalizzare un modello



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

condotto prevalentemente con risorse interne, cioè che non facesse ricorso puntualmente ad operazioni di contoterzismo o, similmente non conducesse lavorazioni contoterzi all'esterno.

Si è ritenuto accettabile, ad esempio, il ricorso alla mietitrebbia od alla falcia-trincia-caricatrice di operatori esterni per la raccolta delle colture estensive.

È da sottolineare che in questa prima analisi sono emerse realtà in contrasto con quanto atteso poiché ad una media prevista di dieci operatrici per azienda, sembra profilarsi una realtà di circa venti, sino al caso dell'azienda di 100 ettari che presenta dieci trattori e trenta operatrici.

Tuttavia, tale discrepanza di dati con quanto atteso, conferma la necessità di un'analisi in materia e della successiva ricerca di un'ottimizzazione.

Difatti l'analisi ha fatto emergere che la meccanizzazione può essere divisa in due aree principali, quella riguardante la gestione della stalla e quella dei campi. Quest'ultima a sua volta può essere divisa nel parco macchine necessario per la semina delle colture ed in quelle necessarie per la raccolta. In questa prima fase di sviluppo del progetto il lavoro è stato impostato tendendo a valutare la possibilità di ottimizzazione del consumo di gasolio senza stravolgere l'impostazione dell'azienda e, di conseguenza le tecniche di coltivazione e la produzione.

L'obiettivo è pertanto di valutare l'impatto di macchine energeticamente più efficienti sul bilancio dell'azienda. I fattori che stanno indirizzando lo studio sono:

- il consumo specifico per cavallo (o kWh) utilizzato del trattore, trattasi quindi di un indice globale di efficienza del veicolo;
- il rendimento del trattore negli utilizzi alla presa di potenza;
- il rendimento del trattore negli utilizzi in trazione su campo e/o in trasporto.
- il contributo che la scelta degli pneumatici, in termini di misura dello stesso, potrebbe apportare.

Nel corso del progetto tali indici saranno estesi alla combinazione con operatrici o diverse tecniche colturali, ma trattasi di una fase avanzata del progetto.

Tale valutazione è stata avviata tramite l'analisi di dati di prova condotti dalle stazioni OCSE del mondo e disponibili come libreria, sia con prove presso le strutture del CREA-IT di Treviglio.

L'indice cui si farà riferimento prende spunto dai lavori di Gil-Sierra, riconosciuti dal governo spagnolo per l'assegnazione di incentivi sull'acquisto di trattori nuovi ed oggetto di numerosi studi sull'efficienza energetica dei trattori da parte di ricercatori di diversi paesi.

Come anticipato, tale indice è tra quelli adottati nello studio ma è subito emersa la necessità di svilupparne altri riguardanti il rendimento della sola trasmissione.

Difatti, sebbene una prima impostazione del database sia già stata compilata, in seguito ai primi dati giunti dalle aziende si è ritenuto di dover incrementare le nozioni da elaborare, soprattutto per la richiesta di differenziazione tra i trattori che svolgono lavorazioni pesanti come l'aratura ed i trattori ormai comunemente chiamati *jolly* (dell'ordine degli 80-90 kW) che risultano la principale macchina in azienda e sono utilizzati per il maggior numero di ore e con il maggior numero di operatrici.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPIAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Si prevede una prima versione completa su cui iniziare le analisi per la fine del mese di ottobre con l'obiettivo di avere i primi output inerenti i rendimenti dei trattori agricoli nel secondo anno di progetto.

I rendimenti delle trasmissioni saranno analizzati sia dal database di cui sopra sia con prove su pista, a tal fine è stato completato l'allestimento strumentale del nuovo veicolo dinamometrico, sia dal punto di vista dei sensori che del software di acquisizione.

Il rendimento degli pneumatici verrà valutato esclusivamente analizzando quali parametri possano influenzare maggiormente i lavori in campo, quindi prevalentemente quelli in cui siano coinvolte capacità di trazione che rappresentano i lavori a maggior dispendio energetico ed in cui si ritiene che la scelta degli pneumatici possa avere un contributo significativo.

Risultati significativi sono già a disposizione grazie a due prove sperimentali condotte su 4 diverse misure di pneumatici per trattori di media alta potenza, tuttavia risultando pochi i campioni, si è deciso di effettuare una terza esperienza, che verrà condotta nel mese di settembre, al fine di disporre di un database più completo.

L'approccio particolarmente innovativo è che, normalmente, queste sperimentazioni sono indirizzate alla valutazione delle capacità di trazione del trattore ma, in questa sede, sarà correlato anche con la gestione del motore e, conseguentemente, al consumo del trattore.

Un altro argomento emerso nel primo anno di attività è che dall'analisi delle aziende prese in considerazione è emerso un parco macchine decisamente vetusto. Si è notato che all'acquisto di modelli nuovi, o raramente tali ma più frutto di occasioni, non corrisponde una sostituzione di un modello in azienda che potrebbe essere smaltito.

Tale considerazione ha aperto un quesito inatteso inerente la valutazione dell'effetto dell'invecchiamento dei trattori agricoli sull'efficienza.

Tutte le aziende agricole coinvolte hanno acconsentito a provare i loro trattori presso la sede di Treviglio per una valutazione dei consumi specifici secondo gli stessi standard che concorrono alla compilazione del database.

8. Risultati e deliverable

9. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

10. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

11. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

12. Elenco pubblicazioni



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Task 1.2: Trattori ad alimentazione esclusiva o combinata a biometano

Task leader: Carlo Bisaglia (CREA-IT)

Abstract

Il biometano è ritenuto uno dei biocarburanti più interessanti per l'immediato futuro grazie alle sue caratteristiche di essere neutro dal punto di vista delle emissioni di CO₂ e per il fatto di poter essere prodotto con matrici organiche di risulta (effluenti zootecnici, scarti agro-alimentari, prodotti agricoli non alimentari, ecc.). Inoltre, le tecnologie per la produzione di biometano sono molto mature e sono molto ben rappresentate dal mondo industriale. Uno dei fattori limitanti la diffusione del biometano (a parte gli aspetti legislativi) può essere costituito dall'assenza di utenze in grado di avvantaggiarsi di questo carburante. Se si esclude la possibilità di immettere nella rete nazionale di metano, il biometano prodotto (soluzione economicamente valida solo per aziende agricole distanti non più di 2-3 km dal nodo più vicino), esiste il problema della commercializzazione verso i veicoli alimentati a metano. Per quanto riguarda i veicoli stradali, esiste già una rete nazionale di circa 1000 distributori di metano distribuiti per lo più nei pressi dei centri abitati e lungo la viabilità principale. L'interesse del progetto è quello di creare una domanda aziendale di biometano, introducendo questa motorizzazione nei mezzi agricoli.

Una prima attività sperimentale è stata condotta con due prototipi di trattore alimentati a metano (e potenzialmente alimentabili a biometano): il primo era stato realizzato introducendo un motore sospeso di un veicolo commerciale opportunamente modificato, il secondo utilizzava direttamente un motore portante da trattore alimentato a metano.

1. Attività svolta

La task ha l'obiettivo di valutare sotto il piano tecnico-scientifico l'introduzione all'interno di aziende agricole e zootecniche di prototipi di trattori agricoli appartenenti alla categoria dei veicoli "multi-utility" dotati di motorizzazioni alimentate a biometano (secondo la definizione del DM Sviluppo economico 05/12/2013) e dotati di appositi serbatoi per tale carburante oltre che di ogni altra dotazione tecnologica atta al funzionamento dei mezzi con biometano.

L'attività si articolava nelle seguenti quattro fasi:

1. valutazione della produzione di biometano (fase di upgrading) e aspetti logistici legati all'approvvigionamento;
2. operatività di prototipi di trattore in condizioni controllate di laboratorio;
3. comparazione tra le prestazioni caratteristiche di tre motorizzazioni (diesel Tier 4, biometano motore sospeso e biometano motore portante) secondo il Codice 2 e prima valutazione delle emissioni in atmosfera con metodiche semplificate;
4. valutazione dei possibili impieghi e ottimizzazioni funzionali e logistiche di trattori alimentati a biometano in aziende agricole e zootecniche rappresentative.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Il primo punto del programma è stato realizzato mediante indagini bibliografiche e visite ad impianti sul territorio nazionale.

I punti 2 e 3 sono stati parzialmente realizzati mediante comparazione tra tre trattori di cui due a biometano ed uno a gasolio secondo il Codice 2 dell'OCSE limitatamente a prove alla pdp, prove di trazione e determinazione del baricentro.

2. Risultati e deliverable

Il biometano in Italia

Per risalire all'introduzione della digestione anaerobica (DA) per la produzione di biogas in Italia dobbiamo risalire agli anni '70 quando il Governo Italiano emanò le leggi per la protezione dell'ambiente (legge 10 maggio 1976 n. 319 e legge del 24 dicembre 1979 n. 650) principalmente rivolte ai problemi ambientali legati alla produzione zootecnica a carattere intensivo (Navarotto et al., 2009).

Nel 1980, nella Regione Emilia Romagna, un progetto di ricerca chiamato "Biogas" e condotto da CRPA, ENEA, ENI, ENEL in collaborazione con l'università portò alla costruzione di cinque impianti dimostrativi e di tre impianti sperimentali giungendo alla conclusione che, per le tecnologie al tempo disponibili, dal punto di vista della produzione di energia la DA non presentava particolari vantaggi: infatti il contenuto energetico dei reflui era tale da non rendere conveniente l'investimento in strutture (al tempo estremamente complesse e dispendiose) che ne permettessero lo sfruttamento energetico. Si riteneva tuttavia opportuno incentivare tale attività per alcuni vantaggi aggiuntivi legati agli effetti della DA sull'effluente. Purtroppo, tali vantaggi non si rivelarono sufficientemente consistenti: da un lato, a fine depurativo, la DA non era sufficiente per ottemperare alla normativa vigente (tabelle "A" e "C" della legge 319/1976), e dall'altro l'incremento del potere fertilizzante del digestato, a seguito della conversione dell'azoto organico in una forma più prontamente disponibile per le piante coltivate, si rivelò di fatto uno svantaggio per le pratiche agricole del tempo disponibili in Italia. Altri vantaggi come la riduzione dell'odore del refluo e la riduzione del carico di patogeni, a quel tempo, non giustificavano l'adozione di impianti complicati poiché essi potevano essere perseguiti con tecnologie molto più semplici non finalizzate alla produzione di energia (ad esempio il trattamento aerobico intermittente con impianti a bassa potenza) i cui investimenti, di gran lunga inferiori rispetto a quelli per il biogas, rendevano tali operazioni economicamente più convenienti (Navarotto et al., 2009).

Uno sviluppo legato agli incentivi

Dal punto di vista delle incentivazioni, la prima azione legislativa in questa direzione fu il cosiddetto CIP6/92 (una delibera del Comitato interministeriale dei prezzi adottata il 29 aprile 1992 - Gazzetta Ufficiale n. 109 del 12 maggio 1992 - a seguito della legge n. 9 del 1991, con cui si stabilivano i prezzi incentivati per l'energia elettrica prodotta con impianti alimentati da fonti rinnovabili e "assimilate") in base alla quale il prezzo di vendita dell'energia prodotta da fonti



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

rinnovabili all'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL) sarebbe stato pari al doppio del prezzo dell'energia prodotta dall'Ente medesimo. Questo provvedimento incrementò la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili spingendo l'impiego del biogas in impianti di cogenerazione. Successivamente, con l'emanazione del cosiddetto "Decreto Bersani" (legge 79/1999) con cui si recepiva la direttiva europea 96/92/CE sulla liberalizzazione del mercato dell'energia, si introdusse il sistema di incentivazione per le energie rinnovabili, basato sul mercato dei cosiddetti "Certificati Verdi" (CV). In esso, la domanda è costituita dall'obbligo, per i produttori e gli importatori di energia, di introdurre annualmente nel mercato una data quota di energia da fonti rinnovabili (in prima istanza posta pari al 2% dell'energia totale prodotta o importata nell'anno precedente) e l'offerta è rappresentata sia dai CV emessi in favore dei produttori di biogas che hanno ricevuto dal "Gestore dei Servizi Elettrici" (GSE) la qualifica di impianto a fonti rinnovabili (IAFR) e dai CV che lo stesso GSE emette in suo favore per l'energia prodotta dagli impianti incentivati con il sistema CIP6/92. Relativamente all'evoluzione della domanda, dal 2004 al 2006 tale quota è stata incrementata dello 0.35% su base annuale (art.4 comma 1 del D. Lgs. 387/2003) mentre per i successivi trienni 2007-2009 e 2010-2012 la quota annua di energia è stata fissata dal Ministero per lo Sviluppo Economico al 3.05% con un incremento dello 0.75% all'anno fino al 2012.

La legge finanziaria 2006/2007 diede un ulteriore impulso allo sviluppo della produzione di biogas definendo la produzione di energia elettrica come attività agricola; inoltre, le ulteriori disposizioni sulla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (D.lgs 387/2003, Del. AEEG n.34/2005, legge 222/2007 e 244/2007) insieme alle procedure semplificate per l'ottenimento delle autorizzazioni e ad ulteriori incentivi (tariffa fissa onnicomprensiva ad hoc per le biomasse agricole da filiera corta di 0,30 €cent/kWh per impianti di taglia inferiore a 1 MWe) e alla identificazione dello spandimento agronomico come migliore tecnica disponibile per l'impiego del refluo, resero nuovamente interessante la DA a patto che gli impianti per la produzione di biogas fossero economici e di semplice realizzazione. La Tariffa Onnicomprensiva, secondo i valori indicati dalla Tabella 3 allegata alla Legge Finanziaria 2008 è stata aggiornata dalla Legge 23/07/2009 n.99 e posta, per gli impianti biogas di taglia inferiore a 1 MWe, pari a 0.28 €cent/kWh). Tale tariffa è riconosciuta per un periodo di 15 anni, durante il quale resta fissa, in funzione della quota di energia immessa in rete, per tutti gli impianti entrati esercizio entro il 31 dicembre 2012.

Evoluzione della diffusione degli impianti biogas in Italia

A seguito dello sviluppo del sistema di incentivazione (che consente agli imprenditori agricoli di mantenere all'interno della propria produzione lorda vendibile tutto il valore aggiunto della produzione), nel corso del quadriennio 2008-2012 la diffusione della produzione di biogas da impianti agricoli, la produzione di biogas e, conseguentemente, di energia elettrica da fonte rinnovabile, ha rappresentato uno dei settori maggiormente dinamici per gli investimenti del mondo agrozootecnico. In tale quadriennio, infatti, è stata rilevata una forte crescita del numero di impianti costruiti (Fig. 1) con incrementi nel numero di impianti e nella potenza elettrica

complessivamente installata che, da maggio 2011 a dicembre 2012, hanno raggiunto il +95% e il +116% rispettivamente (Fabbri et al., 2013). A questo intenso sviluppo, anche a seguito della modificazione del regime di incentivazione introdotta con il D.M. 06/07/2012, il numero di impianti in funzione ha subito un flessio. Infatti, la definizione del nuovo regime di incentivazione (considerato, di primo acchito, meno remunerativo rispetto al precedente), ha indotto la costruzione di un gran numero di impianti entro il dicembre 2012. Le principali modifiche introdotte con tale Decreto hanno riguardato:

- la limitazione della potenza elettrica installabile annualmente;
- l'introduzione di un sistema a graduatoria (Registri);
- la corresponsione di una tariffa basata sulla taglia dell'impianto e delle matrici utilizzate;
- l'allungamento da 15 a 20 anni della tariffa onnicomprensiva corrisposta;
- l'introduzione di una serie di bonus per la valorizzazione dell'energia termica e del recupero-riduzione del contenuto di azoto nel digestato prodotto dagli impianti.

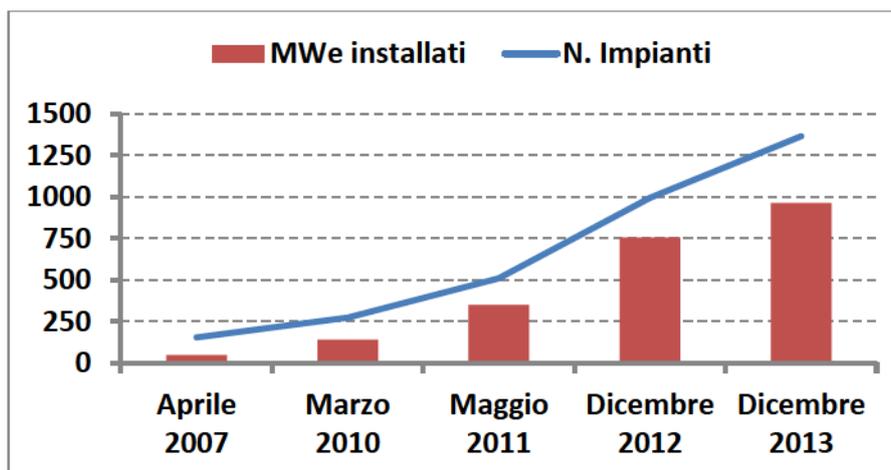
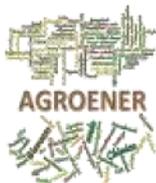


Figura 1: Impianti di biogas agrozootecnici sia operativi che in costruzione nel quinquennio 2007-2013 (fonte: Fabbri et al., 2013 e GSE 2014 modificato). Il numero non considera gli impianti biogas che alimentano in esclusiva caldaie.

Con l'emissione del bollettino annuale dell'energia da fonti rinnovabili (GSE, 2014), la situazione Italiana al 31 dicembre 2013 (illustrata in dettaglio in tabella 1) può essere così sommariamente rappresentata: 1328 impianti biogas qualificati IAFR in funzione entro tale data cui si aggiungono altri 39 impianti a progetto la cui potenza installata è compresa fra i 49 e i 1449 kWe. Le regioni in cui è avvenuta la massima espansione di questo genere di impianto sono Lombardia, Veneto. Emilia Romagna e Piemonte che, insieme, accolgono il 77% circa delle strutture produttive (Fig. 2) e che corrispondono all'areale di massima diffusione dell'attività zootecnica (ISTAT, 2012).



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

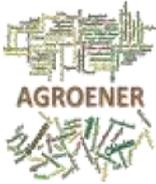
	D - Nuova Costruzione	18	50	1095
SICILIA	D - Nuova Costruzione	2	249	1029
TOSCANA	C - Riattivazione	1	153	153
	D - Nuova Costruzione	36	35	1030
TRENTINO ADIGE	A - Potenziamento	2	60	1100
	B - Rifacimento	4	30	870
	D - Nuova Costruzione	38	34	1029
UMBRIA	D - Nuova Costruzione	16	60	1360
VALLE D'AOSTA	D - Nuova Costruzione	2	50	100
VENETO	A - Potenziamento	4	703	2190
	B - Rifacimento	3	130	1025
	D - Nuova Costruzione	193	40	5382

La produzione di Biometano

Gli impianti a biogas già in esercizio potrebbero essere interessati da processi di conversione (Biogas Upgrading - BU) del biogas in biometano (Bio-CH₄): un biogas che ha subito un processo di raffinazione tale da portare la percentuale di metano ad oltre il 95% eliminando la CO₂ ed altre impurità e contaminanti. A trarne vantaggio, alla luce del regime di incentivazione introdotto, potrebbero essere gli impianti in esercizio da più anni che potrebbero proseguire la produzione in condizioni economicamente interessanti.

A titolo esemplificativo, se si considera un impianto a biogas di potenza pari a 1 MWe, la produzione di biogas (CH₄ = 52% circa) è pari a 500 m³/h (alla temperatura di 43°C e alla pressione di 1.28 atm) che corrisponde ad una produzione di Bio-CH₄ di 247 Sm³/h (t = 15°C e P = 1.0 atm) che, con un tenore in metano del 98% circa ha un potere calorifico inferiore (PCI) pari a 8085 kcal/Sm³ (per confronto si consideri che il metano ha un PCI di 8250 kcal/Sm³) che corrisponde a 9.43 kWh/Sm³ e ad una densità del gas pari a 0.679 kg/Sm³ (Chiabrando, 2014). Al momento sono ancora in via di definizione numerose norme attese previste dal D.Lgs 28/2011 e dal DM 05/12/2013 (Chiabrando, 2014) fra cui:

- Direttiva AEEG circa le condizioni tecniche ed economiche per le connessioni alla rete;
- Delibera AEEG che fissa le modalità di calcolo degli ausiliari da detrarre;
- Delibera AEEG con modalità di misurazione del biogas immesso in rete;
- Delibera AEEG che fissa le modalità di copertura degli incentivi con le tariffe;
- Linee guida CTI sulla sostenibilità del Biometano;
- Procedura MIPAF per definire i requisiti delle matrici per double counting (vedi 2.1.2)
- Delibera AEEG con definizione della data di entrata in esercizio degli impianti
- Linee applicative del GSE (da emettere entro 60 giorni dalla delibera AEEG di cui sopra)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

- Definizione dei parametri e delle caratteristiche comuni a biometano e gas naturale (esiste un mandato al CEN - Mandato M400 - che non ha ancora emesso la normativa);
- Definizione dei parametri e delle caratteristiche peculiari del biometano (ad es. silossani, CO₂, alogenati etc.) per la quale è stato dato mandato al CEN per la produzione della normativa (Mandato M 475).

Pertanto l'attività legislativa a supporto della realizzazione e dell'operatività degli impianti per la produzione di biometano è febbrile: in base agli ultimi documenti pubblicati, l'intenzione del legislatore sembrerebbe essere quella di dare avvio all'utilizzo del Bio-CH₄ come carburante per autotrazione. Infatti sono stati di recente pubblicati:

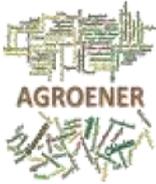
- a) il DM 10/10/2014 (MiSE, 2014) con cui il Ministero dello Sviluppo Economico fornisce un aggiornamento delle condizioni, dei criteri e delle modalità con cui deve essere attuata l'immissione in consumo dei biocarburanti da parte dei soggetti obbligati;
- b) il documento consultivo 498/2014/R/GAS (AEEG, 2014) con cui l'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico espone i propri orientamenti in materia di condizioni tecniche ed economiche per l'erogazione del servizio di connessione degli impianti di biometano alle reti del gas naturale i cui gestori hanno obbligo di connessione di terzi, e gli orientamenti inerenti la regolazione delle allocazioni dell'immissione in rete del biometano.

Il decreto attuativo per l'incentivazione del biometano

Il 5 dicembre 2013 è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale (G.U. n. 295 del 17 dicembre 2013) il decreto emanato dal Ministro dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministro dell'Ambiente e con quello delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali che definisce le modalità di incentivazione del biometano in attuazione delle linee guida contenute nel D. Lgs. 3 marzo 2011, n. 28 che, in attuazione della direttiva 2009/28/CE e nel rispetto dei criteri stabiliti dalla legge 4 giugno 2010 n. 96, ha definito gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi fino al 2020 in materia di quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia e di quota di energia da fonti rinnovabili nei trasporti.

Il Decreto definisce innanzitutto che cosa si intende per "rete" ampliando la definizione e includendo "tutte le reti e i sistemi di trasporto e distribuzione del gas naturale e del biometano" comprese:

- le reti di trasporto e distribuzione del gas naturale i cui gestori hanno l'obbligo di connessione di terzi,
- altre reti di trasporto,
- i sistemi di trasporto mediante carri bombolai e i distributori di carburanti per autotrazione sia stradali, che ad uso privato, compreso l'uso agricolo, anche non connessi alle reti di trasporto e distribuzione.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Il decreto si applica ai nuovi impianti realizzati sul territorio nazionale, entrati in esercizio successivamente alla sua data di entrata in vigore (18 dicembre 2013) ed entro 5 anni (quindi fino al dicembre 2018). Per nuovo impianto si intende un impianto in cui tutte le pertinenti parti per la produzione, il convogliamento, la depurazione e la raffinazione sono di nuova realizzazione. Tuttavia gli incentivi previsti dal Decreto si applicano anche, a determinate condizioni, agli impianti esistenti che già producono biogas che vengono convertiti, parzialmente o totalmente, alla produzione di biometano.

L'incentivazione della produzione di Bio-CH₄ potrà essere effettuata mediante il suo impiego per impianti di cogenerazione, per l'autotrazione o per l'immissione nella rete del gas naturale, servendosi degli strumenti già previsti dalla normativa vigente per i primi due casi e disciplinando un nuovo specifico incentivo per l'ultima opzione considerata.

Immissione del biometano prodotto nella rete distributiva

I produttori di biometano possono chiedere la connessione alla rete di distribuzione o di trasporto del gas naturale stipulando un contratto ad hoc con i gestori della rete e rispettando le condizioni richieste e previste nei rispettivi codici di trasporto e distribuzione.

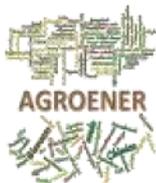
Nel caso di impianti nuovi con produzione di Bio-CH₄ superiore a 250 Sm³/h, in caso di vendita diretta, l'incentivo riconosciuto è una tariffa onnicomprensiva della durata di 20 anni pari alla differenza fra il doppio del prezzo medio annuale del gas naturale (come rilevato nell'anno precedente nel mercato di bilanciamento del gas naturale gestito dal Gestore dei Mercati Energetici – GME) e il prezzo medio mensile del gas naturale stesso riscontrato in ciascun mese di immissione del biometano in rete oppure nel mercato a termine del gas naturale gestito dal GME.

$$\text{Incentivo (€/MWh)} = 2 \times \text{Prezzo Medio}_{\text{anno "i"}} - \text{Prezzo mese corrente}_{\text{anno "i+1"}}$$

Nel 2012 il prezzo medio del gas naturale è stato pari a 28.52 €/MWh per cui, in base al prezzo medio mensile rilevato nel 2013 e pari a 29.17 €/MWh, è possibile ipotizzare l'eventuale incentivo spettante al produttore:

$$\text{Incentivo (€/MWh)} = 2 \times 28.52 \text{ €/MWh} - 29.17 \text{ €/MWh} = 27.87 \text{ €/MWh}$$

Questo, sommato al prezzo della vendita del biometano (circa 25.00 €/MWh definito dal GME in base all'anno termico 2014/2015) da un ricavo di 52.87 €/MWh che corrispondono a 0.497 €/Sm³ (Chiabrando, 2014). Sulla base dei dati pubblicati da Enama (2014) è possibile avere un'idea del prezzo mensile spettante all'imprenditore (Tab. 2).



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Tabella 2: Esempio dell'incentivo e del ricavo del produttore di biometano per l'immissione in rete sulla base dei dati riferiti al 2013 (Fonte: ENAMA, 2014 modificato)

Mensilità	Prezzo mensile (€/kWh)	medio 2013	Incentivo calcolato (€/kWh)	Ricavo (€/kWh)	Ricavo (€/Sm ³)
Gennaio	26.63		30.41	55.41	0.523
Febbraio	25.56		31.48	56.48	0.533
Marzo	27.88		29.16	54.16	0.511
Aprile	29.36		27.68	52.68	0.497
Maggio	28.56		28.48	53.48	0.504
Giugno	27.69		29.35	54.35	0.513
Luglio	27.79		29.25	54.25	0.512

Nel caso di impianti di piccola taglia (con produzione di biometano inferiore a 500 Sm³/h) è prevista la possibilità del ritiro del biometano prodotto da parte del GSE ad un prezzo pari al doppio del prezzo medio del gas naturale nel 2012 (57.04 €/MWh equivalenti a 0.536 €/Sm³).

In base alla taglia dell'impianto è prevista una modulazione dell'incentivo come da prospetto seguente:

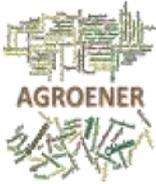
- se $P < 500$ Sm³/h, l'incentivo è maggiorato del 10%
- se 501 Sm³/h $< P < 1000$ Sm³/h, l'incentivo è invariato;
- se $P > 1001$ Sm³/h, l'incentivo è ridotto del 10%.

Per accedere all'incentivo, gli impianti con $P > 250$ Sm³/h devono assicurare che il titolo autorizzativo preveda l'impiego di sottoprodotti, ai sensi della tabella 1° del DM 06/07/2012, per almeno il 50% in peso. Nel caso in cui tale percentuale raggiunge il 100%, l'incentivo corrisposto (al netto delle variazioni del 10% in più o in meno) può essere ulteriormente maggiorato del 50%.

Utilizzo del biometano per autotrazione

L'immissione al consumo nei trasporti del Bio-CH₄ è equiparata agli altri biocarburanti previsti dal DM 110/2008 (Biodiesel, Bioetanolo, ETBE) e quindi chi immette tali prodotti nel mercato ha diritto al rilascio di un certificato di immissione al consumo (CIC) per un periodo di 20 anni: tali certificati sono commercializzabili e sono necessari per i produttori di carburanti per dimostrare di avere assolto all'obbligo di immissione al consumo di carburanti derivabili da fonti rinnovabili, la cui quota varia in funzione dei carburanti fossili utilizzati.

Solitamente 1 CIC equivale a circa 10 Gcal di biocarburante immesso nel mercato (1.232 Sm³ per ogni CIC): nel caso del biometano è riconosciuta una maggiorazione pari al raddoppio



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

dell'incentivo (double counting): per ottenere ciò è necessario che l'autorizzazione riporti esplicitamente che l'alimentazione dell'impianto è fatta con:

- Frazione biodegradabile dei rifiuti urbani a valle della raccolta differenziata
- Sottoprodotti di cui al comma 5-ter, art. 33 del D.Lgs. 28/2011
- Alghe e materie riportate nella tabella 1B del DM 6/7/2012
- Sottoprodotti nella tabella 1A del DM 6/7/2012

Nel caso di codigestione, se questa è condotta con materie prime di origine biologica inferiori al 30% in peso (il MiPAAF definirà le modalità di controllo e i costi), il double counting è riconosciuto solo sul 70% del biometano prodotto. Per accedere all'incentivo al produttore è richiesto di:

- Stipulare contratto bilaterale di fornitura per definire la sua parte di incentivo e la durata della fornitura stessa (tale contratto va inviato al GSE che procede ai controlli)
- Rispettare i criteri di sostenibilità individuati dal DM 23/01/2012 e dalle Linee Guida del Comitato Termotecnico Italiano (CTI) che devono essere ancora pubblicate.

Nel caso in cui il produttore di biometano decidesse di realizzare a proprie spese un nuovo impianto di distribuzione, i certificati di immissione in consumo di biocarburanti maggiorati del 50% per 10 anni.

Circa il valore dei CIC, non essendoci ancora un mercato attivo, è possibile solo fornire delle stime: è pensabile che 1 CIC possa avere un valore non inferiore a 600 € che è il prezzo della sanzione che, in base al DM 23/4/2013 n. 100, un produttore di carburanti deve pagare per ogni CIC non posseduto (Chiabrando, 2014).

Utilizzo del biometano per la produzione di energia elettrica

Il biometano, immesso nelle reti per il gas naturale e utilizzato in impianti riconosciuti dal GSE come impianti ad alto rendimento, è incentivato mediante il riconoscimento delle tariffe per la produzione di energia elettrica dal biogas di cui al DM 06/07/2012.

La tariffa incentivata dipende dalla materia prima utilizzata per la produzione del biogas e chi impiega solo sottoprodotti è premiato con una tariffa maggiormente incentivante: la medesima tariffa è riconosciuta anche agli impianti di potenza non superiore a 1 MWe che utilizzano fino al 30% di prodotti di origine biologica. Il periodo di diritto degli incentivi è pari a:

- a) al periodo di diritto spettante ai nuovi impianti nel caso in cui l'impianto da riconvertire non benefici di incentivi per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili;
- b) di un incremento di 5 anni del periodo residuo di diritto agli incentivi nel caso in cui l'impianto da riconvertire già usufruisca delle incentivazioni per la produzione di energia elettrica.

Tutti i costi di allacciamento alla rete di distribuzione del gas sono a carico del produttore.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Gli impianti esistenti

Nel caso di impianti biogas in esercizio, gli incentivi per la produzione di biometano sono corrisposti se questi sono interamente convertiti al Bio-CH₄ oppure sono riconvertiti parzialmente anche a seguito dell'incremento della produzione di biogas. Per chi decide di immettere in rete il Bio-CH₄ prodotto, l'incentivo corrisposto è pari al 40% di quello che percepirebbe un impianto di nuova costruzione (27.87 €/MWh pari a circa 0.262 €/Sm³) mentre per chi decide di immettere il biometano come carburante da autotrazione, l'incentivo corrisposto è pari al 70% di quello di un impianto di nuova costruzione. La durata del diritto è pari a 20 anni nel caso in cui l'impianto non benefici di tariffa incentivante la produzione di energia elettrica, mentre se l'impianto già gode dell'incentivazione, il periodo residuo è maggiorato di 5 anni.

Biogas Upgrading

Il biogas può essere trasformato in un gas assimilabile al gas naturale mediante un processo di rimozione dell'anidride carbonica denominato biogas upgrading (BU). Il biogas, infatti, è composto dal 45 al 70 per cento di metano (CH₄). Il secondo principale componente è l'anidride carbonica (CO₂); inoltre contiene, in piccole percentuali, idrogeno solforato (H₂S), ammoniaca (NH₃) e vapore acqueo (H₂O). Il gas naturale di origine fossile contiene, a seconda della provenienza dal 85 al 98 per cento di metano. Per garantire una qualità del biometano analoga a quella del gas naturale in rete è necessario aumentare la percentuale di CH₄ nel biogas grezzo.

Tale trattamento di purificazione è suddiviso in diverse fasi la cui sequenza dipende dalla tecnologia adottata. Per potere essere immesso in rete il biometano deve avere caratteristiche chimiche di composizione, purezza, proprietà termiche e organolettiche analoghe a quelle del gas naturale.

Tecnologia a disposizione

Con il processo di upgrading, di fatto, si opera una separazione di gas: le tecnologie in grado di produrre un biometano in grado di essere immesso in rete o di essere usato come carburante per autotrazione sono già disponibili in commercio; tuttavia, è ancora aperta la ricerca di sistemi ottimizzati in funzione della realtà produttiva. In linea generale, la tipologia di raffinazione (ottimale dal punto di vista economico ed efficiente dal punto di vista tecnico) va scelta in funzione di: i) qualità e della quantità del biogas grezzo in entrata all'impianto, ii) caratteristiche desiderate/richieste del biometano prodotto (in base anche alla sua utilizzazione finale); iii) modalità di gestione dell'impianto di digestione anaerobica; iv) tipologia e quantità di substrato inviato alla DA. In base alla composizione del biogas grezzo, il BU prevede la rimozione/allontanamento della CO₂, l'essiccamento del biogas (rimozione del vapore acqueo), la rimozione degli elementi presenti in traccia (O₂, NH₃, N₂, H₂S, e silossani – questi ultimi solitamente assenti nel biogas prodotto in impianti agricoli) e la compressione del Bio-CH₄ prodotto ad una pressione necessaria per il suo utilizzo successivo.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPIAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

La primissima fase, dunque, è quella della depurazione durante la quale avviene la rimozione del vapore acqueo presente nel biogas (per evitare la formazione di condensate all'interno delle tubazioni) e la rimozione dell'idrogeno solforato (H_2S). oltre a questi composti, come anticipato, la fase di depurazione, in funzione delle caratteristiche del biogas grezzo, può prevedere la predisposizione di sistemi di allontanamento di altri composti indesiderati: successivamente il biogas è avviato verso la fase di upgrading che può essere condotta utilizzando diverse tecnologie, ciascuna di esse basata su diversi principi fisici, chimici e termodinamici durante le quali avviene la separazione della CO_2 dal CH_4 :

- 1) Assorbimento fisico con lavaggio ad acqua (Pressurized Water Scrubbing - PWS)
- 2) Assorbimento chimico con soluzioni di ammine
- 3) Adsorbimento
- 4) Processi di separazione con membrane
- 5) Trattamenti criogenici

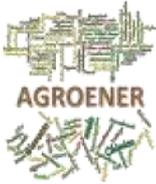
Al termine del processo, il Bio- CH_4 ottenuto contiene circa il 98% di metano ed è chimicamente molto simile al gas naturale; ne consegue che le possibili destinazioni finali siano del tutto equivalenti a quelle del gas naturale. Prima dell'immissione in rete possono essere necessari ulteriori processi di purificazione e odorizzazione per raggiungere gli standard previsti dalle reti di distribuzione.

Assorbimento fisico con lavaggio ad acqua

Il biogas è compresso e convogliato in un serbatoio di riempimento in controcorrente ad un flusso di acqua: la CO_2 , l'acido solfidrico (H_2S) e, se presente, l'ammoniaca, per le loro caratteristiche chimiche, sono maggiormente solubili in acqua rispetto al CH_4 e in conseguenza di ciò si avrà che al termine del processo il biogas sarà molto ricco in metano e praticamente saturo di acqua. A questo punto il vapore acqueo è allontanato mediante essiccamento e deumidificazione mentre la CO_2 è convogliata ad un serbatoio di raccolta e rilasciata.

Assorbimento chimico con soluzioni di ammine

Successivamente al processo di deumidificazione e di depurazione, il biogas in ingresso all'impianto è fatto fluire all'interno di una torre (all'interno della quale sono sistemati corpi di riempimento) in cui è fatta fluire in controcorrente una soluzione acquosa di ammine organiche (mono-, di-, trietanolamina, metildietanolamina) o di carbonato di potassio ($CaCO_3$). Grazie alla presenza dei corpi di riempimento, l'interno della torre presenta una maggiore superficie di contatto fra stato gassoso e stato liquido così che la CO_2 è assorbita dalla soluzione amminica uscendo in questo modo dallo stato gassoso. Le molecole di CH_4 , chimicamente apolari, non si solubilizzano nella fase acquosa e lasciano il processo come gas senza rilevanti riduzioni. L'assorbimento di biogas grezzi acidi è fatto utilizzando solventi alcalini, a basse pressioni e con temperature di esercizio comprese fra i 40 e i 70 °C (ENAMA, 2014).



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Adsorbimento

L'adsorbimento è un fenomeno chimico-fisico che consiste nell'accumulo di una o più sostanze fluide, liquide o gassose, sulla superficie di un condensato (solido o liquido). Di fatto si tratta di un procedimento a secco che si basa su diversi livelli di adsorbimento che CH₄ e CO₂ hanno, al variare della pressione, nei confronti di filtri molecolari a base di carbone attivo: la CO₂, infatti, si lega ad esso in modo molto più veloce e stabile rispetto al CH₄. Il biogas, opportunamente depurato, è sottoposto ad alte pressioni (6-10 bar a seconda dell'impianto) e fatto fluire attraverso un primo filtro: la CO₂ e il CH₄ sono quindi assorbiti fino al raggiungimento della saturazione dei carboni. Quando questo accade il flusso di biogas è diretto verso una seconda unità in modo tale da permettere la rigenerazione del carbone attivo in precedenza saturato (per facilitare l'operazione si applica una pressione negativa). Oltre alla CO₂ il carbone è efficace anche per l'assorbimento di O₂ e N₂ eventualmente presenti, tuttavia è bene operare un'accurata desolfurazione del biogas grezzo in quanto l'H₂S si lega permanentemente al filtro a carbone attivo inattivandolo.

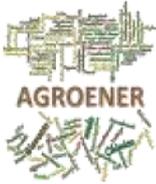
Separazione con membrane

Questo tipo di processo si basa sulle diverse dimensioni fisiche delle molecole e quindi sulla loro differente permeabilità attraverso una membrana: il processo può avvenire a secco (la separazione in fase gassosa avviene su entrambi i lati della membrana) oppure tramite un sistema gas-liquido in base al quale la CO₂ diffusa attraverso la membrana è assorbita da una soluzione acquosa a base di ammine. E' possibile che si operi con diverse pressioni tra un lato e l'altro della membrana così che CO₂ e H₂O oltrepassano la membrana mentre il CH₄ è allontanato e concentrato per il successivo utilizzo. Se si pongono in serie più membrane è possibile raggiungere nel gas purificato un'elevata concentrazione di CH₄, ma questo comporta una maggiore perdita di questo gas nel flusso gassoso che permea le membrane stesse. Un utile accorgimento potrebbe essere quello di recuperare il gas permeato e utilizzarlo in un cogeneratore o in una caldaia in miscela con il biogas grezzo con il triplice vantaggio di utilizzare il CH₄ perso durante l'upgrading, ridurre i costi di investimento e il consumo di energia per il processo di purificazione.

Trattamenti criogenici

Il meccanismo alla base di questo tipo di BU è la compressione seguita dal raffreddamento del biogas (essiccato e desolfurato) tramite scambiatori di calore cui segue una fase di espansione. Dopo la rimozione della CO₂ allo stato liquido (punto di ebollizione a pressione atmosferica pari a -78°C) il gas è ulteriormente raffreddato per far condensare anche il CH₄ (punto di ebollizione a pressione atmosferica pari a -160°C): lo stato fisico con cui esso è allontanato dipende però dal sistema realizzato. Se si opera raggiungendo la condensazione del CH₄ si ha il duplice vantaggio che allo stesso tempo lo si separa dall'azoto che ha un punto di ebollizione inferiore.

Impianti di Biogas Upgrading in Italia



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Se da un lato la tecnologia per l'ottenimento del biometano è matura e diffusa, dall'altro i ritardi nella definizione della normativa e negli adempimenti di legge hanno forzatamente causato ritardi nella diffusione di questo tipo di impianti. Degli impianti presenti sul territorio nazionale solo uno risulta censito dalla International Energy Agency (IEA, 2014).

Impianto di Malagrotta (Roma)

Il primo impianto di biogas upgrading presente sul territorio nazionale è collocato presso la discarica di Malagrotta (Roma) il cui biogas è avviato a tre forme di utilizzo diverse: produzione di biometano, alimentazione di turbine a gas per la produzione di energia elettrica e alimentazione di gruppi elettrogeni con motori alternativi per la produzione di energia elettrica. L'impianto di biogas upgrading è attivo dal gennaio 1995: esso è costituito da un sistema di riduzione della quantità di composti acidi presenti nel biogas (Torri di desolfurazione); un sistema di concentrazione del metano mediante l'eliminazione della CO₂ presente nel biogas attraverso il suo assorbimento in acqua (Torri di lavaggio) seguito da un ulteriore concentrazione del CH₄ e dall'allontanamento del vapore acqueo (Colonne di adsorbimento). L'impianto di depurazione del gas e di produzione del biometano, è caratterizzato da una produzione massima di pari a 380÷450 Nm³/h di gas metano e da una portata pari a 900÷1.000 Nm³/h. il biometano prodotto è stoccato ad una pressione di 200 bar e utilizzato per l'alimentazione di una flotta di autocompattatori (La Diega et al., 1996; Pignatelli, 2013).

Impianto di San Giovanni in Persiceto (BO)

L'Azienda Agricola "Persiceto Energia", ha un impianto per la codigestione anaerobica degli effluenti zootecnici, residui agro-industriali e colture dedicate (mais, triticale) con un modulo di cogenerazione di 1,3 MWe di potenza nominale. Presso l'impianto di biogas, avviato nel 2009, è anche presente un impianto pilota/dimostrativo di purificazione (upgrading) del biogas a biometano, realizzato dalla ditta SAFE (CRPA, 2012) e basato sulla tecnologia di upgrading a membrane (Gamberini, 2013).

Impianto di Pinerolo (TO)

Relativamente agli impianti di piccola taglia, verosimilmente quelli di maggiore interesse dal punto di vista delle strutture realizzabili in campo agricolo, al dicembre 2014 è in funzione un solo impianto di biometano realizzato dopo l'entrata in vigore del Decreto interministeriale del 5 dicembre 2013: esso si basa su di una tecnologia ibrida, sviluppata dalla ditta Hysytech nell'ambito del progetto di ricerca Green-NG (cofinanziato dalla Regione Piemonte attraverso il POLIBRE di Tortona con i fondi POR FESR 2007-2013). L'impianto è in funzione da luglio 2014 e la tecnologia è stata concepita per la produzione di metano da impianti di biogas di taglia agricola, e non è quindi una semplice riduzione di scala di tecnologie di derivazione petrolifera. Le soluzioni adottate consentono una produzione a costi sostenibili, anche da volumi di biogas non elevatissimi (Mattiolo, 2014). Detto impianto è in funzione presso il Polo Ecologico Integrato dell'ACEA

Pinerolese nei pressi di Pinerolo (TO) ed è alimentato con il biogas ottenuto dalla DA della frazione organica dei rifiuti solidi urbani. Si tratta di un impianto che sfrutta il principio della tecnologia di separazione con membrane (par. 3.1.5). Le caratteristiche operative di tale impianto sono di seguito riassunte (Saldivia, 2014):

- Qualità del Bio-CH₄ secondo il Codice di Rete SNAM Rete Gas.
- Recupero del metano superiore al 98% (significa che il processo ha perdite inferiori al 2%).
- Consumo elettrico: 0.20 – 0.25 kWh/Sm³ di biogas in ingresso.
- Consumo termico (acqua calda a 90°C): 0.40-0.60kWh/Sm³ di biogas in ingresso.

L'impianto realizzato ha il vantaggio di essere di dimensioni contenute (figura 2), di facile installazione in azienda (è necessario prevedere la platea in calcestruzzo per la collocazione e gli allacci al digestore anaerobico e alla rete).



Figura 3: Veduta dell'impianto di upgrading del Polo Ecologico Integrato dell'ACEA Pinerolese

I trattori provati

Nella prima fase di sperimentazione si sono posti a confronto i trattori le cui principali caratteristiche sono riportate in Tabella 3.

Tabella 3: Principali caratteristiche dei trattori in prova

Caratteristica	Trattore (marca/modello)		
	New Holland T6050 Elite	New Holland T6.140 Methane Power	Steyr 4135 profi
Alimentazione	Gasolio	Metano	Metano
Motore (marca/modello)	CNH 667TA/EDD	FTP S30 (F1C)	FTP S30 (F1C)
Cilindri (n.)	6	4	4
Cilindrata (cm ³)	6728	2998	2998
Rapporto di compressione	17,5:1	12,5:1	12,5:1
Zavorre anteriori	si	no	no
Sollevatore anteriore	no	no	Sì
Sollevatore anteriore e semitelaio del	no	sì	no

caricatore frontale			
Massa totale (kg)	7000 (100%)	6855 (100%) *	6680 (100%)
Massa assale anteriore (kg, %)	3645 (52%)	2950 (43%)	2825 (42,2%)
Massa assale posteriore (kg)	3355 (48%)	3905 (57%)	3855 (57,8%)
Pneumatici ant.	VF 520/60 R 28 Michelin Xeobib	VF 520/60 R 28 Michelin Xeobib	VF 520/60 R 28 Michelin Xeobib
Pneumatici post.	VF 650/60 R 38 Michelin Xeobib	VF 650/60 R 38 Michelin Xeobib	VF 650/60 R 38 Michelin Xeobib
Pressione di gonfiaggio ant. (kPa)	160	160	160
Pressione gonfiaggio post. (kPa)	160	160	160

**Il NH a metano pesa 175 kg in più dello Steyr (il 2,6% in più) a causa del semitelaio del caricatore frontale*

La determinazione del baricentro

La determinazione del baricentro pur non essendo stato possibile eseguirla su trattori in configurazioni esattamente confrontabili per la presenza di accessori anteriori (zavorre, sollevatore e attacchi per caricatore frontale) diversi sui tre esemplari testati, ha fornito risultati leggermente peggiori per i modelli a metano, come era presumibile attendersi data la presenza delle bombole, i cui valori tuttavia sono da valutare non tanto per la maggior altezza del centro di gravità, ma per il suo arretramento come evidenziato in Figura 4.



Figura 4: Posizione del baricentro nei tre trattori provati (in colore)

La visibilità

La visibilità è stata determinata con la norma ISO 12100: 2003 che, pur non essendo specifica per le macchine agricole, ma costruita per le macchine movimento terra, è sembrata corrispondere

meglio alle finalità delle prove in quanto volte a valutare la visibilità di un trattore che deve poter operare anche con attrezzature montate posteriormente (ad esempio una falciatrice).

I risultati sono illustrati nelle Figg. 5, 6 e 7 da cui si evince l'ingombro delle bombole posteriori; tale ingombro risulta leggermente superiore nel NH in quanto le bombole sono coperte da cofanature esteticamente curate, ma leggermente più voluminose rispetto allo Steyr.

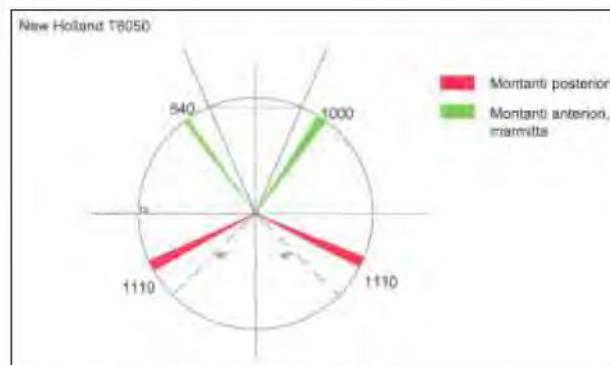


Figura 5: Visibilità del NH a gasolio

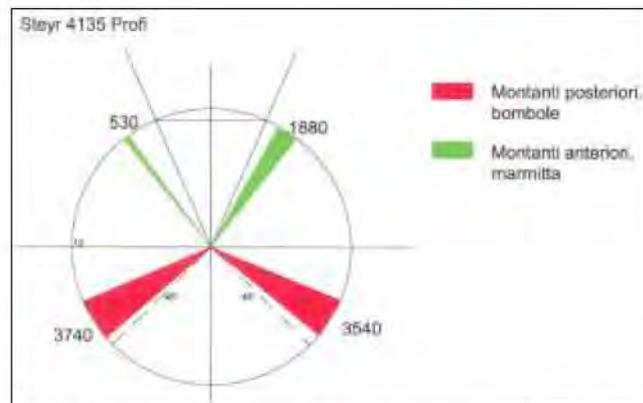


Figura 6: Visibilità dello Steyr a metano

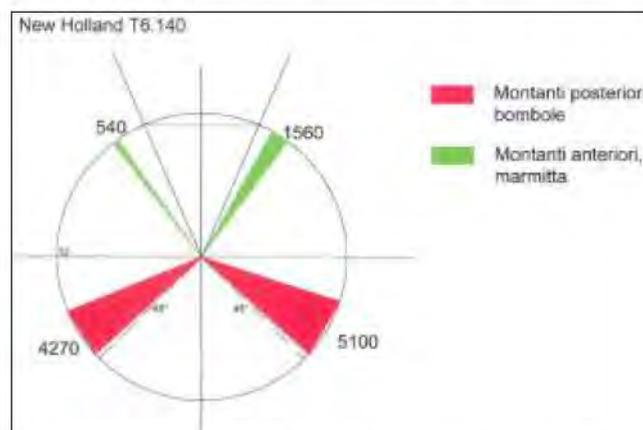


Figura 7: Visibilità del NH a metano

Per meglio evidenziare gli elementi che determinano la visibilità, si riporta a titolo di esempio una fotografia panoramica a 360° (Fig. 8) scattata dalla posizione di guida del trattore Steyr a metano che illustra la presenza della marmitta in corrispondenza del montate destro della cabina e delle bombole in corrispondenza dei montanti posteriori.



Figura 8: Immagine panoramica della visibilità ottenibile dal posto di guida dello Steyr a metano.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Attualmente il principale ostacolo è dovuto alla difficoltà ad avere disponibili prototipi in quanto non è chiaro se i decreti attuativi delle normative sulla produzione di biometano verranno pubblicate e quando. Questo consentirebbe di imprimere un'accelerazione allo sviluppo di prototipi, attualmente in fase di attesa.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Oltre ai trattori e ad altri veicoli agricoli alimentati a biometano si cercherà di introdurre le motopompe per irrigazione dato l'elevatissimo consumo di gasolio per questa operazione.

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Sono state effettuate due esercitazioni per gli studenti del 3 anno delle Facoltà di Agraria delle Università di Milano e Bolzano sui temi delle prestazioni dei motori agricoli, inserendo le problematiche relative al contenimento delle emissioni di CO₂ che rappresenteranno oggetto di normazione nell'immediato futuro.

6. Elenco pubblicazioni

Bisaglia C., Brambilla M., Cutini M., Fiorati S., Howell M. 2017. Bi-fuel methane/gasoline engine as powersource for standard agriculture tractors: development and testing activities. Submitted for acceptance to: Applied Engineering in Agriculture.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Task 1.3: Meccanizzazione ad elevata automazione per l'efficientamento energetico

Task leader: Alberto Assirelli (CREA-IT)

Linea 1 di attività: Valutazione delle necessità di meccanizzazione inerenti a determinate operazioni colturali

Referente: Alberto Assirelli (CREA-IT)

Abstract

Le attività inerenti alla linea 1 hanno riguardato la valutazione di diverse tipologie di operazioni agricole a diverso livello di meccanizzazione sulla base di due parametri principali il fabbisogno lavorativo ed il livello tecnologia più diffuso per poterne valutare una possibile automazione. Sono state valutate colture erbacee ed arboree identificando tre principali settori, colture erbacee a destinazione riproduttiva, frutticoltura e zootecnia. Tali settori risultano tutti caratterizzati da notevoli professionalità coinvolte e livelli tecnologici elevati e molto diversificati per quanto riguarda lo stato attuale delle macchine utilizzate e possibilità di sviluppo in tempi brevi verso sistemi di automazione tecnicamente già applicabili. Per quanto riguarda le colture a destinazione riproduttiva sono state esaminate le tecniche di difesa e soprattutto interventi differenziati nel medesimo appezzamento nell'ottica applicativa delle tecniche di agricoltura di precisione. Per quanto riguarda la frutticoltura ci si è dedicati alla meccanizzazione/automazione delle operazioni di diradamento dei frutti soprattutto su drupacee (stone fruits) ove la richiesta di manodopera rappresenta una forte limitazione. Per quanto riguarda il settore zootecnico ci si è concentrati sui sistemi di somministrazione degli alimenti agli animali soprattutto nell'ottica di automatizzazione delle operazioni ripetitive riducendo le possibilità di contatto uomo/animale.

1. Attività svolta

Le attività inerenti alla linea 1 hanno riguardato la valutazione di diverse tipologie di operazioni colturali a diverso livello di meccanizzazione sulla base di due parametri principali il fabbisogno lavorativo inteso come numero di ore uomo necessarie per lo svolgimento di una determinata operazione su superficie nota (ettaro) ed il livello di tecnologia attualmente utilizzato per compierla e per poterne valutare una possibile automazione. Nella scelta sono stati coinvolti altri parametri quali il miglioramento delle condizioni e di sicurezza del lavoro. Su base bibliografica sono state valutati diversi processi produttivi non solo vegetali ma anche zootecnici. Sono state prese in considerazioni le sole colture comunque caratterizzate da un certo interesse da parte dei produttori agricoltori cercando di individuare settori indicativi di diversi areali di studio. Sono state volontariamente escluse le ordinarie colture considerate "commodities" o comunque meno differenziabili da una tecnica colturale mirata all'automazione ed all'efficientamento energetico



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

che tali innovazioni potrebbero apportare all'intero settore agricolo. Ulteriore elemento di selezione ha riguardato la capacità di fornire reddito nel tempo e quindi mantenere un certo interesse nel settore. Soprattutto il livello di competenze tecniche richieste agli agricoltori per legare il settore produttivo alle linee di sviluppo seguite dai principali fornitori di tecnologie per l'agricoltura ha rappresentato un ulteriore aspetto di riferimento per l'attività di selezione e valutazione dei cicli produttivi. Anche le industrie costruttrici di macchine agricole svolgono un continuo impegno di ricerca per lo sviluppo di soluzioni volte alla riduzione del quantitativo di lavoro richiesto ed al miglioramento delle condizioni di lavoro degli addetti e dalle indagini svolte sono sempre più orientate verso le colture di maggior reddito.

Nell'ambito delle produzioni vegetali sono state individuate colture erbacee ed arboree identificando due principali settori, colture erbacee a destinazione riproduttiva e colture arboree frutticole, entrambe caratterizzate da elevati fabbisogni in manodopera specializzata e non solo. Nell'ambito delle produzioni zootecniche ci si è concentrati sull'allevamento bovino. Tali settori risultano tutti caratterizzati da notevoli professionalità coinvolte e livelli tecnologici elevati e molto diversificati per quanto riguarda lo stato attuale delle macchine utilizzate e disponibilità di tecnologie mature con possibilità di sviluppo in tempi brevi verso sistemi di automazione. Per quanto riguarda le colture a destinazione riproduttiva sono state esaminate le tecniche di difesa e soprattutto interventi differenziati nel medesimo appezzamento nell'ottica applicativa delle tecniche di agricoltura di precisione. Per quanto riguarda la frutticoltura dopo disamina dei fabbisogni lavorativi dei principali interventi colturali per le principali specie coltivate ci si è dedicati alle operazioni di diradamento sia su fiori sia su frutti soprattutto su drupacee (stone fruits) ove la richiesta di manodopera per tali operazioni rappresenta un'importante percentuale dei costi di produzione.

Per quanto riguarda il settore zootecnico ci si è concentrati sui sistemi di somministrazione della razione agli animali soprattutto nell'ottica di automatizzazione delle operazioni ripetitive con positive ripercussioni anche sugli aspetti di sicurezza del lavoro riducendo le possibilità di contatto uomo/animale. L'evoluzione di macchine e impianti agricoli è direttamente legata alla progressiva adozione di sistemi che sostituiscono l'operatore nella gestione diretta di processi di varia tipologia e complessità.

Nel settore frutticolo sono stati esaminati sempre sul piano bibliografico le principali tecniche colturali seguite per le specie arboree individuando le principali voci di costo attribuibili al lavoro. Sono state indagate le principali soluzioni meccaniche e chimiche per l'esecuzione delle operazioni di diradamento che in alcune colture si sono viste superare il 20% del costo totale di produzione e operando in sinergia con le principali organizzazioni di produttori sono stati svolti dei test per la valutazione di soluzioni in grado di automatizzare tali operazioni. I test sono stati eseguiti sia su drupacee sia su pomacee e già dai primi risultati si è evidenziata una netta differenza di efficienza a vantaggio delle prime. Nell'ambito delle drupacee sono state gestite separatamente albicocche da pesche e su quest'ultime sono stati effettuati test mirati volti all'individuazione delle cause



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

relative alle maggiori problematiche riscontrate. E' stato condotto uno studio sulle forze di distacco dei frutti in funzione dell'angolo di applicazione e del periodo intercorso dalla fioritura. I dati sono ancora in fase di elaborazione lasciando comunque sottendere una notevole importanza del periodo di esecuzione dell'operazione in quanto su questa coltura la soluzione meccanica di diradamento provata viene a perdere nettamente efficienza al superamento di un determinato numero di giorni.

Per quanto riguarda il settore zootecnico sempre su base bibliografica sono stati valutati i fabbisogni di lavoro necessari per le principali operazioni di conduzione in stalle da ingrasso e da latte con lo scopo di individuare le principali necessità di automazione delle operazioni. Per cercare di concentrare le attività sulla maggior parte delle forme di allevamento presenti si è scelto di orientare le attività nel settore della somministrazione della razione al bestiame introducendo parte degli attuali concetti della zootecnia di precisione. Sono state valutate esperienze con carri miscelatori tradizionali e svolti approfondimenti sui carri robotizzati con possibilità di preparazione di specifiche razioni con possibilità di sopperire a specifiche necessità temporanee dell'allevamento.

Nei diversi settori esaminati in più occasioni si sono anche presi in considerazione aspetti di sicurezza del lavoro soprattutto relativamente alle operazioni di difesa con prodotti fitosanitari per valutare le condizioni di lavoro cui gli operatori sono spesso chiamati ad operare, soprattutto per il settore colture industriali/destinazione riproduttiva e frutticolo, la possibilità di intervenire puntualmente sulla patologia può determinare una seria contrazione dei consumi di fitofarmaci con notevoli vantaggi ambientali e salutistici. Per il settore zootecnico si è preso a riferimento il rischio contatto con animali valutando i sistemi di riconoscimento e quindi in grado di informare sui diversi aspetti interessati, stato di salute, nutrizionale, produttivo (quantità/qualità) di ogni singolo animale.

2. Risultati e deliverable

Rapporto di valutazione sulle metodologie attualmente seguite per l'esecuzione delle principali operazioni culturali in funzione della predisposizione all'automazione ed al livello di impegno richiesto all'operatore

L'attività non poteva prescindere dalla conoscenza dello sviluppo tecnologico che ha seguito il settore meccanico agricolo negli ultimi 50 anni sia nel contesto produzioni vegetali sia animali. L'introduzione dell'automazione elettrica a partire dagli anni '70 e dei circuiti analogici nelle macchine agricole e soprattutto sulle trattrici può considerarsi l'inizio della evoluzione cronologica. A partire dagli anni '80 si è assistito ad una rapida diffusione dei sistemi di controllo a crescente tecnologia digitale che hanno permesso il monitoraggio continuativo e contemporaneo dei diversi organi ed apparati costituenti le macchine agricole sia motrici sia operatrici e semoventi. L'introduzione e la progressiva diffusione dei microprocessori programmabili hanno consentito un



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

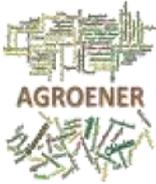
ulteriore significativo passo in avanti consentendo la gestione autonoma di diverse singole funzionalità (es. motore, trasmissione, ecc.). Tali livelli progressivamente integrati con moduli di gestione e dei singoli processori stanno progressivamente incrementando il livello di automazione complessiva tecnologica delle macchine agricole fino alla recente estensione ai sistemi di guida. La riduzione del quantitativo di lavoro necessario nell'effettuazione delle principali operazioni colturali ha sempre guidato lo sviluppo della meccanica e meccanizzazione agricola fin dalle sue origini conseguendo in taluni casi abbattimenti di oltre 100 volte il quantitativo di lavoro richiesto. Ad esempio nel settore colture industriali se si prende ad esempio operazioni di raccolta tipo barbabietole da zucchero si è riusciti a passare da oltre 400 h/ha a poco più di 2 il supporto che la tecnica ha fornito è indubbiamente molto elevato. La meccanizzazione dei processi agricoli ha inizialmente svolto un ruolo fondamentale per alleviare le condizioni di vita degli addetti alle campagne e solo secondariamente ha iniziato a perseguire finalità produttive dei diversi cantieri. La meccanizzazione ha inizialmente consentito di ridurre il numero di operatori originariamente impegnati nel solo conduttore mantenendo quindi sempre un rapporto 1=1 fra ore macchine e ore uomo. Solo con la progressiva automazione di funzioni si è riusciti a scendere al di sotto di tale rapporto in misura pari al numero di operazioni/funzioni automatizzate e quindi non direttamente seguite dall'operatore. Senza entrare nei concetti propri della robotica ove la macchina non richiederebbe alcun operatore dedicato, quindi potenzialmente rapporto 1=0 in tale intervallo possono considerarsi compresi tutti i livelli di automazione perseguibili. L'evoluzione di macchine e impianti agricoli è direttamente legata alla progressiva adozione di sistemi che sostituiscono l'operatore nella gestione diretta di processi di varia tipologia e complessità. Fino a pochi decenni addietro tali processi hanno riguardato prevalentemente funzioni di monitoraggio controllo e regolazione di organi ed apparati. A seconda della tipologia di operazione, del cantiere utilizzabile e del numero di persone coinvolte si può pervenire ad una lista delle operazioni colturali esplicitiva dei fabbisogni di lavoro necessari con le attuali tecnologie. Mettendo in relazione il fabbisogno di lavoro con la complessità tecnologica dell'operazione svolta si può pervenire ad una disamina delle soluzioni percorribili per impostare attività di automazione dei processi e quindi incidere ancora significativamente sulla riduzione dei mezzi tecnici ed impegno per gli operatori. Come può essere prevedibile tale riduzione comporterà un aumento della dotazione tecnologica necessaria per il processo di automazione e quindi di competenze e conoscenze necessarie per l'assistenza ed il mantenimento in efficienza di tali tecnologie che comunque nelle diverse forme concorrono al costo complessivo orario od annuale del mezzo utilizzato. Le tecnologie di automazione sulle macchine agricole stanno interessando pressoché tutti gli aspetti dalla costruzione all'impiego delle macchine con funzioni di monitoraggio e gestione pressoché completa dei cantieri di lavoro introducendo i recenti concetti di precision farming, precision agriculture e smart farm. Con questi termini vengono indicati sistemi integrati ad alto tasso di specializzazione progettati per l'automazione di funzioni basati su tecnologie di comunicazione di nuova generazione e diversa declinazione; GPS Global Positioning System, GIS Global Information



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

System, sensoristica intelligente, elettronica di controllo, software di supervisione e interfacciamento. Già dalla metà degli anni 2000 la gestione corretta dei parametri operativi ha rappresentato un'importante sgravio per gli operatori e la possibilità di memorizzare i principali settaggi delle macchine operatrici ha rappresentato un traguardo di non trascurabile importanza. La progressiva gestione tramite unità a microprocessore specifiche per organo od apparato (vedi ECU Electronic Control Unit per motori per gestione mirata di coppia e potenza motrice), ha consentito di avere una unità di riferimento per funzionalità che messa in comunicazione con le altre ECU tramite appositi canali di comunicazione (BUSBinary Unit System) permette di avere sistemi integrati di gestione con controllo specifico di ogni singolo sottosistema. Esempio applicativo di questi concetti riguardano anche i sistemi di guida assistita o semiautomatica comprendenti generalmente un ricevitore di posizione (GPS), un sistema di correzione differenziale (DGPS), un sistema di elaborazione dati munito di interfaccia di comando che tramite apposita sensoristica di moto (velocità, angolo di sterzo, ecc.) permette di intervenire più o meno direttamente sulla direzionalità della macchina. Altre applicazioni interessanti riguardano l'interfacciamento delle tecnologie GPS e GIS per il telerilevamento di basi informative per le operazioni colturali che integrate con le tecnologie VRT (Variable Rate Technology) applicate alle operatrici dedicate alla distribuzione di mezzi tecnici consente la piena applicazione della precision farming. Tutte le operazioni che richiedono un attento dosaggio del prodotto da distribuire possono con queste possibilità ottenere la massima valorizzazione, dalla semina al trapianto, alla distribuzione di fertilizzanti, liquami, digestati, prodotti fitosanitari fino all'identificazione indiretta delle patologie e delle infestazioni. Settori che stanno progressivamente traendo beneficio dall'automazione non riguardano solo quello delle macchine agricole nelle sue diverse sfaccettature ma anche la gestione degli apporti idrici, delle colture protette e degli allevamenti zootecnici dove la necessità di una continua presenza dell'operatore può essere significativamente ridimensionata. Parallelamente l'attività agricola porta i diversi operatori a condizioni di lavoro frequentemente difficili con esposizione ad agenti potenzialmente pericolosi quali quelli impiegati per la difesa oltre a tutte le altre attività con dirette ripercussioni sulla sicurezza del lavoro. Soprattutto in considerazione di questi ultimi aspetti le attività meritorie delle maggiori attenzioni per i futuri processi di automazione non potranno esimersi dal dare loro il maggior peso decisionale soprattutto nella valutazione della possibilità di esclusione completa degli operatori dalle aree potenzialmente a rischio quali possono considerarsi tutte quelle impegnate da interventi di difesa. Il settore zootecnico è una delle attività produttive caratterizzata da interventi di marcata periodicità in cui ogni soluzione in grado di evitare l'intervento diretto dell'operatore suscita sempre notevole interesse. Per quanto riguarda le colture a destinazione riproduttiva sono state svolte indagini volte ad evidenziare le tecniche seguite per la gestione della difesa fitosanitaria soprattutto in presenza di piante dioiche ove risulterebbe particolarmente sentita l'esigenza di automazione degli interventi sia per difficoltà di accesso negli appezzamenti sia per ridurre i rischi di contatto con i principi attivi distribuiti. Sono state valutate soluzioni aeree con



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

droni volti ad eseguire interventi specifici su impollinatori senza interferire con le piante madri. Nella disamina delle soluzioni disponibili sono comunque emerse criticità non tanto di ordine tecnico bensì normativo ed in particolar modo relativo alla gestione di veicoli aerei. Per quanto riguarda il settore zootecnico dalla bibliografia analizzata è emerso come la maggior parte delle industrie dedite ai sistemi di alimentazione abbiano ormai sposato questi concetti e presentino in varia tipologia costruttiva e funzionali sistemi di identificazione degli animali, del loro stato sanitario, nutritivo e produttivo fino all'analisi quanti qualitativa del prodotto finale ottenuto permettendo importanti vantaggi per l'allevatore.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Presentazioni sull'agricoltura di precisione e sostenibile a Torino (To) Uncai, Conegliano (Tv)
Viticoltura

6. Elenco pubblicazioni

Cacchi, M.; Sirri, S.; Caracciolo, G.; Giovannini, D.; Assirelli, A. 2016 "Pesco: diradamento meccanico, l'effetto sui fiori" L'Informatore Agrario 27, 36-39

Faugno S., Cacchi M., Sirri A., Caracciolo G., Giovannini D., Quacquarelli I., Civitarese V. Assirelli A. 2017, Mechanical thinnings of Apricots Fruitlets, Proceedings XXXVI Ciosta Palermo (Pa) Italy, 13-15 giugno

Task 1.4: Sviluppo e testing sperimentale di algoritmi per la stima efficiente dei consumi delle lavorazioni agricole (ettaro-coltura)

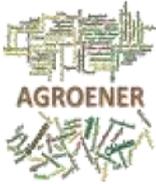
Task leader: Corrado Costa (CREA-IT)

Linea 1 di attività: Acquisizione dati relativi ai parametri tecnici, energetici ed economici inerenti le operazioni colturali agricole e le operazioni forestali

Referenti: Marco Fedrizzi (CREA-IT), Giulio Sperandio (CREA-IT), Daniele Pochi (CREA-IT), Roberto Fanigliulo (CREA-IT)

Linea 2 di attività: Sviluppo dei modelli matematici multivariati

Referente: Corrado Costa (CREA-IT)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Linea 3 di attività: Sviluppo del software ed integrazione sul sito internet

Referente: Corrado Costa (CREA-IT)

Abstract

Per quanto riguarda lo sviluppo e testing sperimentale di algoritmi per la stima efficiente dei consumi delle lavorazioni agricole (ettaro-coltura) è stata condotta ed è ancora in corso una ricerca bibliografica inerente le metodologie multivariate, i dati inerenti le operazioni colturali agricole e quelli inerenti le operazioni forestali. E' in corso la collezione dei dati che saranno sottoposti a modellistica multivariata. Su parte di questi dati raccolti sono stati elaborati dei modelli pubblicati su una rivista internazionale con Impact Factor. E' in corso di sviluppo un modello che stima i tempi di lavorazione in base alle dimensioni e alle forme del campo. L'infrastruttura software che verrà implementata su internet è stata predisposta.

1. Attività svolta

Linea 1 di attività: Acquisizione dati relativi ai parametri tecnici, energetici ed economici inerenti le operazioni colturali agricole e le operazioni forestali

Sulla linea 1 è stata condotta ed è ancora in corso una ricerca bibliografica inerente le metodologie multivariate, i dati inerenti le operazioni colturali agricole e quelli inerenti le operazioni forestali. E' stata fatta una prima riunione in data 3 febbraio 2017 per coordinare le attività di raccolta dati. Alla riunione ha partecipato anche ENAMA e Raffaele Spinelli (CNR). Una seconda riunione, in data 10 aprile 2017, ha coinvolto i partecipanti alla task con ENAMA che ha invitato Roberto Guidotti per la fornitura dati da contoterzisti. Una terza riunione in data 26 maggio 2017 ha riguardato la pianificazione di un modello che stima i tempi di lavorazione in base alle dimensioni e alle forme del campo. I dati inerenti le operazioni colturali agricole e quelli inerenti le operazioni forestali si stanno acquisendo da differenti fonti.

Linea 2 di attività: Sviluppo dei modelli matematici multivariati

Su un set di dati è stata sviluppata una modellistica previsionale per la stima di costi e dei consumi su 6 operazioni colturali (226 osservazioni; Aratura, Concimazione, Diserbo, Erpicatura, Semina, Trinciatura residui) basata su modelli di regressione multivariata Partial Least Squares (PLS). Come dati in input sono stati utilizzati: il tempo per unità di superficie, la potenza del motore/Potenza richiesta, Il costo di acquisto della macchina motrice o semovente, il costo di acquisto della macchina operatrice. I Risultati sono stati pubblicati su una rivista internazionale con Impact Factor.

Linea 3 di attività: Sviluppo del software ed integrazione sul sito internet



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

L'infrastruttura software che verrà implementata su internet è stata predisposta. Verrà utilizzata un'architettura software di riferimento di tipo two-tier (client – server) per la possibilità di combinare sul server i livelli di logica dell'applicazione e di gestione delle risorse che consente di mantenere una certa efficienza.

2. Risultati e deliverable

D.1.4.1: Ricerca bibliografica inerente le metodologie multivariate.

E' stata effettuata una ricerca bibliografica al fine di conoscere a livello internazionale quali modelli vengono applicati per la ettarocoltura. Parte di questa ricerca è inclusa nella pubblicazione allegata (Guerrieri *et al.*, 2016).

D.1.4.2: Ricerca bibliografica dei dati inerenti le operazioni colturali agricole.

E' stata effettuata una ricerca bibliografica al fine di conoscere a livello internazionale su quali operazioni colturali principali vengono applicati modelli per la ettarocoltura. Parte di questa ricerca è inclusa nella pubblicazione allegata (Guerrieri *et al.*, 2016).

D.1.4.3: Ricerca bibliografica dei dati inerenti le operazioni forestali.

E' in corso di svolgimento la ricerca bibliografica al fine di conoscere a livello internazionale come vengono applicati modelli per la ettarocoltura nel settore forestale.

D.1.4.4: Sviluppo dei modelli matematici multivariati.

I modelli fin qui sviluppati sono inclusi nella pubblicazione allegata (Guerrieri *et al.*, 2016).

D.1.4.5: Sviluppo del software ed integrazione sul sito internet.

L'infrastruttura software che verrà implementata su internet è stata predisposta.

D.1.4.6: Pubblicazioni su rivista scientifica, attività di divulgazione a convegni, attività di formazione. Valutazioni di eventuali varianti dell'impianto sperimentale

Pubblicazione internazionale con Impact Factor (Guerrieri *et al.*, 2016) in allegato.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Il primo e più importante degli ostacoli è il reperimento dei dati sui quali costruire i modelli multivariati. Nelle riunioni del 3 febbraio 2017 e del 10 aprile 2017 si è deciso di operare affidando la responsabilità nel reperimento dati essenzialmente a 3 gruppi di lavoro:

Gruppo 1: reperimento dati nel settore agricolo su bollettini e pubblicazioni (D. Pochi, G. Sperandio, R. Fanigliulo)

Gruppo 2: reperimento dati nel settore agricolo da contoterzisti (ENAMA + R. Guidotti)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Gruppo 3: reperimento dati nel settore forestale (R. Spinelli, G. Sperandio)

Altri dati per i settori agricolo e zootecnico verranno forniti dai colleghi C. Bisaglia e A. Assirelli.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

E' stato proposto dal Direttore del CREA-IT e coordinatore del progetto AGROENER, Dr Paolo Menesatti, di integrare anche un modello per la stima delle emissioni per le differenti lavorazioni.

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Con i dati preliminari elaborati è stata fatta una pubblicazione su rivista internazionale con Impact Factor.

6. Elenco pubblicazioni

Guerrieri M, Fedrizzi M, Antonucci F, Pallottino F, Sperandio G, Pagano M, Figorilli S, Menesatti P, Costa C, 2016. An innovative multivariate tool for fuel consumption and costs estimation of agricultural operations. SPANISH JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH, 14(4): e0209.

Task n. 1.5: Agricoltura di precisione come tool di efficientamento energetico, ambientale ed economico

Task leader: Carlo Bisaglia (CREA-IT)

Abstract

L'agricoltura di precisione è un insieme di tecniche e di tecnologie (molto vasto, diversificato ed in continua evoluzione) che consente di gestire con maggior efficienza gli input agricoli, tra cui l'energia.

Molte ricerche hanno evidenziato come la semplice utilizzazione geometrica degli spazi (definiti dalle forme degli appezzamenti) consenta di ridurre le sovrapposizioni dei passaggi contigui con riduzioni del 10-15%.

L'attività intrapresa ha portato alla georeferenziazione ed alla mappatura dell'azienda sperimentale del CREA-IT di Treviglio.

Sono state create mappe di resistività elettrica del suolo e mappe di produzione di due colture (mais e triticale) con l'ottica di individuare superfici aziendali da gestire con modalità differenziate e specifiche.

1. Attività svolta

Si è effettuata la georeferenziazione di 12 ha dell'azienda sperimentale del CREA-IT di Treviglio per mezzo di un sensore geoelettrico (Geocarta, Parigi, Francia) esplorando tre strati di suolo (0-50 cm; 50-100 cm; 100-180 cm).

La mappatura ha consentito di effettuare dei campionamenti fisici di suolo su punti ben precisi che sono stati a loro volta georeferenziati.

Le informazioni raccolte sono state inserite su un GIS open source (QGIS) al fine di costituire una raccolta storica di informazioni atte a perfezionare la gestione aziendale, inserendo tra i parametri in studio anche quelli energetici.

Sono inoltre state realizzate le mappe di produzione di due colture da insilare (mais e triticale) al fine di individuare correlazioni con lo stato del suolo.

2. Risultati e deliverable

In Figura 1 si evidenzia la collocazione su QGIS delle mappe storiche e georeferenziate dell'azienda sperimentale CREA-IT di Treviglio.



Figura 1: Da sinistra verso destra le mappe storiche dell'azienda sperimentale CREA-IT di Treviglio, con la mappatura geoelettrica del suolo eseguita nell'ottobre 2016.

In Figura 2 si è inserita anche la mappatura delle produzioni che ha consentito di elaborare statisticamente due zone omogenee che andranno trattate in modo diversificato al fine del miglior utilizzo degli input produttivi.

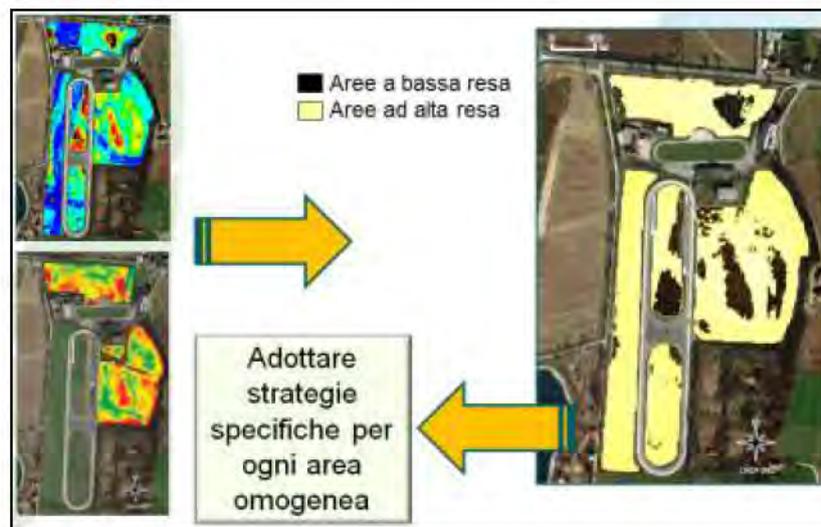


Figura 2: L'elaborazione statistica della mappa geoelettrica e di quella delle produzioni ha portato ad individuare due zone omogenee (a destra della figura) con differenze significative tra di loro tali da richiedere di prevedere modalità specifiche di gestione degli input agricoli, tra cui quelli energetici.

3. **Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate**
4. **Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive**
5. **Attività di formazione, divulgazione e disseminazione**
6. **Elenco pubblicazioni**

Bisaglia, C., Brambilla, M., Romano, E., Toscano, G., Cutini, M. 2017. Soil and Yield Mapping as Tools to set up the Transition from Conventional to Precision Agriculture. Accepted for the Proceedings of the 11th European Conference on Precision Agriculture (ECPA). 16-20 July, Edinburgh (UK).



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Task 1.6: Risparmio energetico nell'irrigazione anche attraverso sistemi di precisione

Task leader: Roberto Tomasone (CREA-IT)

Linea 1 di attività: Ricerca, analisi e studio di nuovi mezzi e/o macchine e strumenti impiegabili nella moderna tecnica irrigua

Referente: Roberto Tomasone (CREA-IT); Mauro Pagano (CREA-IT)

Linea 2 di attività: Messa a punto, nell'ambito dell'agricoltura di precisione, di un sistema sperimentale di sensori per migliorare l'efficientamento dell'irrigazione nel campo di applicazione agricolo.

Referente: Giulio Sperandio (CREA-IT)

Linea 3 di attività: Miglioramento della permeabilità del suolo mediante impiego della tecnica della *ripuntatura localizzata* del terreno per ottimizzare le risorse per conseguire risparmio energetico

Referente: Alberto Assirelli (CREA-IT), Roberto Tomasone (CREA-IT); Mauro Pagano (CREA-IT)

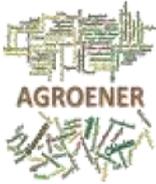
Linea 4 di attività: Trasferimento e divulgazione del complesso di conoscenze, presso ditte agromeccaniche, aziende agroforestali e comunità scientifica

Referente: Roberto Tomasone (CREA-IT); Mauro Pagano (CREA-IT), Giulio Sperandio (CREA-IT), Alberto Assirelli (CREA-IT)

Abstract

L'attività svolta nel primo anno del progetto, è stata articolata secondo le fasi di seguito descritte. In riferimento alla Linea 1 è stata effettuata l'analisi e lo studio di nuovi mezzi e/o macchine e strumenti impiegabili nella moderna tecnica irrigua, attuando contatti con ricercatori, ditte specializzate e portatori d'interesse che operano nel settore dell'irrigazione per stringere collaborazioni di carattere tecnico e scientifico. Relativamente alla Linea 2 è stata valutata la possibilità di poter collaborare con ditte specializzate nella realizzazione di sistemi sperimentali/innovativi per migliorare l'efficienza dell'irrigazione in campo. In riferimento a quanto previsto dalla Linea 3 è stato valutato l'impiego di un particolare attrezzo di tipo meccanico ed innovativo per migliorare la permeabilità del suolo ed ottimizzare le risorse idriche in termini di risparmio energetico.

Quanto appreso, è stato oggetto di diffusione e reso disponibile (linea 4) agli utenti finali (ditte agromeccaniche, aziende agroforestali e comunità scientifica), attraverso la realizzazione di schede informative pubblicate nella piattaforma informatica gestita dal Servizio Innovazione e trasferimento tecnologico del CREA (AGRITRANSFER) e la partecipazione ad eventi fieristici in campo agroforestale. I principali risultati conseguiti hanno riguardato la stesura di accordi



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

(attualmente in fase di formalizzazione) e convenzioni con ditte specializzate operanti nel settore dell'irrigazione in agricoltura, con particolare riferimento al risparmio energetico conseguibile mediante impiego di tecnologie innovative. Di seguito vengono indicate le ditte contattate per le future collaborazioni:

- **Ditta IDROBIT srl:** presta servizi nel settore dell'irrigazione di precisione, mediante impiego di centraline "IdroSat" e sistema di gestione intelligente delle risorse idriche. Offre supporto tecnico e logistico alla progettazione e realizzazione di impianti d'irrigazione (sub-irrigazione, aspersione). Effettua test per la messa a punto dei dispositivi per il monitoraggio del gradiente di umidità
- **Ditta ONG snc:** Officina Agromeccanica O.N.G. di Naldoni Domenico, Castel Bolognese (RA) presta servizi nel settore della progettazione, realizzazione e sperimentazione di nuove macchine e prototipi per l'agricoltura, realizza attrezzature che sono commercializzate con marchio ONG®.
- **Ditta IRRILAND srl:** è una società specializzata in progettazione, sviluppo, produzione, assistenza di irrigatori semoventi, ali piovane, pivot. La ditta ha sviluppato macchine dotate di dispositivi innovative che consentono di ridurre il dispendio energetico presente nel terreno. Fornisce supporto informatico relativo alla gestione delle centraline, dei sensori, del data-logger annessi e per l'acquisizione dei dati in remoto.

1. Attività svolta

L'attività svolta nel primo anno del progetto (nelle linee 1-4) è stata articolata secondo le seguenti fasi:

- Ricerca di nuovi mezzi e/o macchine e strumenti irrigui impiegabili nella moderna tecnica irrigua. Sono stati organizzati una serie di incontri di carattere tecnico scientifico per approfondire gli aspetti tecnici circa la possibilità di impiegare determinate tecnologie innovative riguardanti l'irrigazione.
- Con la ditta IDROBIT è stato raggiunto un accordo di collaborazione per la fornitura di servizio consistente nella fornitura di materiali e supporto tecnico-logistico.
- E' stato individuato un sito (particella di terreno) preso il CREA-IT (Monterotondo) da dedicare alla realizzazione di un impianto pilota a scopo sperimentale e dimostrativo, per attuare e predisporre l'impianto innovativo. Il sito è stato progettato mediante georeferenziazione della particella sperimentale, al fine di poterne definire le TESI nella successiva fase del progetto (elaborazione schema sperimentale).
- In riferimento a quanto descritto il sito è stato sottoposto a lavorazioni preparatorie del terreno (scasso, ripuntatura, erpicatura fresatura) per la successiva messa a dimora di una particolare specie vegetale, oggi particolarmente richiesta dal mercato agroalimentare (*Phyllostachys pubescens* = Bamboo gigante); le piante saranno fornite a titolo gratuito dalla ditta "bamboo green life" (www.bamboogreenlife.it).
- A seguito di numerosi incontri organizzati con i referenti e responsabili tecnici ed amministrativi delle ditte IDROBIT, IRRILAND, ONG e bamboogreenlife; è stato elaborato



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

un programma riguardante la conduzione di prove in campo a carattere tecnico scientifico per la redazione dei relativi report di prova previsti dalla task.

- Quanto appreso, è stato oggetto di diffusione e reso disponibile (Linea 4) agli utenti finali (ditte agromeccaniche, aziende agroforestali e comunità scientifica), attraverso pubblicazioni nella piattaforma informatica gestita dal Servizio Innovazione e trasferimento tecnologico del CREA (AGRITRANSFER) e la partecipazione ad eventi fieristici in campo agroforestale.

2. Risultati e deliverable

Stesura accordi di collaborazione a carattere tecnico scientifico con le suddette ditte; stesura relazioni di unicità; elaborazione di un progetto per la realizzazione di un micro impianto pilota a scopo dimostrativo per l'irrigazione ottenibile mediante impiego di centraline IDROSATt (su coltura della specie vegetale Bamboo gigante). (Vedi allegati: all. A – schema sperimentale e progettazione sito di prova; all. B - relazione unicità IDROBIT prot. n. 0017521del 12/05/2017; all. C - prev. IRRILAND; all. D – prev. ONG. Snc.)

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

In riferimento a quanto pianificato nella task (successivamente alla fase di ridefinizione del WP1), considerando quanto specificamente richiesto nella Linea 1, è necessario apportare alcune importanti correzioni oggetto di variazioni riferite al rispettivo budget; infatti le attività descritte nelle linee di azione non prevedono esclusivi studi e /o ricerche riferiti alla sola "IRRIGAZIONE DI PRECISIONE", ma viene richiesta la possibilità di poter conseguire risparmio energetico mediante impiego di nuove macchine mezzi e/o strumenti per una moderna irrigazione in agricoltura. Pertanto l'attività ad opera di TERRASYSTEM non risulta più congrua rispetto a quanto richiesto dalla task. Per le attività ed il budget assegnati alla ditta Terrasystem nella linea di azione 1, verranno effettuate le rispettive richieste di variazione per attuare attività alternative e pertinenti a quanto specificamente delineato e richiesto dal progetto. In riferimento alle "*...difficoltà incontrate per ciascuna linea della task*", si evidenzia che tali aspetti (richieste di varianti tecnico-scientifiche) ancora oggi non sono stati delineati a causa dei ritardi di carattere tecnico amministrativo derivanti dal riordino dell'Ente CREA.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Attività integrative o aggiuntive: sottoscrizione accordi per attività di collaborazione a carattere tecnico scientifico con la ditta IRRILAND srl.

La richiesta di collaborazione deriva dalla chiara esigenza, nell'ambito dell'attività prevista nella Task di progetto, di affrontare direttamente la possibilità di ridurre i consumi di energia in irrigazione.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

In particolare la tematica dell'analisi energetica nella pratica irrigua richiede l'analisi dei possibili sistemi attualmente in uso per l'irrigazione. Tra questi è stato ritenuto fondamentale osservare le nuove tecnologie proposte da ditte specializzate. È risultato necessario ed importante poterci avvalere delle competenze di Ditte specializzate del settore con le quali elaborare dei casi studio per analizzare soluzioni tecniche introdotte per aumentare l'efficienza energetica dei sistemi irrigui.

La ditta IRRILAND ha realizzato una particolare linea di dispositivi per rendere più efficienti le macchine irrigue con lo scopo principale di conseguire un risparmio energetico. Tra questi sono state individuate due nuove macchine caratterizzate da dispositivi innovativi: Sistema a nastro interposto per ridurre lo sforzo di trazione in fase di avvolgimento e riavvolgimento del nastro; Sistema di riavvolgimento alimentato con dispositivo fotovoltaico e motore elettrico.

Gli obiettivi della collaborazione proposta, consistono principalmente nel poter effettuare prove di confronto (macchina tradizionale con quella dotata di dispositivo innovativo), per misurare i parametri utili a definire il consumo energetico delle macchine (stessi parametri operativi) e quantificare il risparmio, a parità di intervento irriguo effettuato. I risultati delle prove saranno utilizzati per la stesura dei relativi *report* come previsto dalla task.

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Partecipazione WORKSHOP: *INNOVAZIONE ED IRRIGAZIONE SOSTENIBILE*. Economica-ambientale-agronomica. EIMA International - 11 novembre 2016

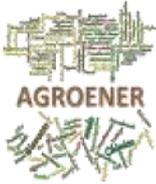
Tematiche trattate:

- “USO EFFICIENTE DI ACQUA ED ENERGIA: i servizi del CER a disposizione dell'irrigazione aziendale”
- “VALUTAZIONE DI CONVENIENZA NELL'USO DELLE MACCHINE IRRIGATRICI. Confronto tecnico ed economico tra IRRIGATORE UNICO E BARRA IRRIGATRICE”
- IMPRONTA DI CARBONIO DI SISTEMI IRRIGUI IN PRESSIONE: valutazione dell'impatto sul clima tramite l'analisi di casi studio.

6. Elenco pubblicazioni

- “RISPARMIO ENERGETICO E SISTEMI DI PRECISIONE NELL'IRRIGAZIONE IN AGRICOLTURA” FIERA NAZIONALE AGRALIA – AGRICOLTURA & AMBIENTE – (sessione POSTER); Sora (FR); 10-12 marzo 2017 - R. Tomasone, M. Pagano, G. Sperandio, M. Fedrizzi, V. Civitarese, A. Assirelli
- “RIPUNTATORE A DOPPIO PIEDE VIBRANTE PER FRUTTETI”

Sviluppo di un sistema partecipato di supporto alla ricerca e alla diffusione dell'innovazione nel campo dell'agricoltura biologica nell'ambito dei PEI “Agricoltura sostenibile e produttiva” - PEI-AGRI-BIO (Ente finanziatore Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali-Dipartimento delle politiche competitive, qualità agroalimentare, ippiche, pesca - Direzione generale per la



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

promozione della qualità agroalimentare, ippica - PQA15 - Comunicazione, Promozione, Valorizzazione) - Coordinatore del progetto: dott. STEFANO BISOFFI (E-mail: stefano.bisoffi@crea.gov.it)

- <http://sito.entecra.it/portale/public/documenti/Risultati/d7bc44e7-11ff-f066-c466-59119cc6b494.pdf>
- http://sito.entecra.it/portale/public/documenti/agritransfer_libro_light_def_l.pdf

Task 1.7: Sviluppo di un programma di supporto alle decisioni (SSD) per la diagnosi energetica di serre esistenti e la valutazione virtuale di opzioni migliorative

Task leader: Elio Romano (CREA-IT)

Linea 1 di attività: Stato dell'arte delle strutture per la produzione orto-floricola in ambiente protetto.

Referente: Elio Romano (CREA-IT), Massimo Brambilla (CREA-IT)

Linea 2 di attività: Indagine per la scelta di serre su cui effettuare la sperimentazione in base al livello di input tecnologico utilizzato per la loro costruzione.

Referente: Elio Romano (CREA-IT), Massimo Brambilla (CREA-IT)

Linea 3 di attività: Predisposizione di un sistema dinamico di simulazione che permetta di individuare, nel tempo, le variabili che maggiormente influiscono sul bilancio energetico della struttura produttiva.

Referente: Elio Romano (CREA-IT), Massimo Brambilla (CREA-IT)

Linea 4 di attività: Predisposizione di un software che in base alle caratteristiche costruttive e gestionali dell'impianto, sarà di supporto alle decisioni finalizzate all'ottimizzazione energetica della struttura.

Referente: Elio Romano (CREA-IT), Massimo Brambilla (CREA-IT)

Linea 5 di attività: Valutazione delle possibili vie di implementazione del software di supporto alle decisioni per la messa a punto di un'applicazione informatica (App) di facile utilizzo (e con la possibilità di essere collegata a strumenti per la realtà aumentata) che possa essere consultata su dispositivi mobili come smartphone e tablet di ultima generazione.

Referente: Elio Romano (CREA-IT), Massimo Brambilla (CREA-IT)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Abstract

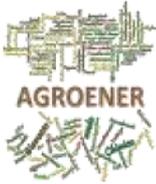
L'attività di ricerca di questo primo anno di sviluppo del progetto AGROENER, relativo in particolare allo *sviluppo di un programma di supporto alle decisioni (SSD) per la diagnosi energetica di serre esistenti e la valutazione virtuale di opzioni migliorative*, è stata principalmente mirata allo studio dello stato dell'arte della serricoltura italiana, sia relativa alla produzione orticola sia floricola. Più precisamente sono state condotte valutazioni di database articolati capaci di fornire indici riassuntivi riguardanti la dislocazione geolocalizzata, la produzione, la dimensione aziendale, la gestione economica ed energetica. Tali informazioni sono state basilari per la predisposizione di mappe di distribuzione delle aziende, anche in base alla tipologia di produzione, per la valutazione della densità serricola italiana, anche nel dettaglio regionale e provinciale. Le mappe di distribuzione sono state quindi arricchite delle informazioni provenienti dai database e si sono rivelate utili ai fini della valutazione del possibile effetto climatico sulla localizzazione e sull'assemblamento territoriale.

Per quanto riguarda l'individuazione e la prima formulazione del sistema dinamico di simulazione, sono state valutate le norme ASAE/ASABE relative alla definizione delle equazioni necessarie per la caratterizzazione della serra e per il dimensionamento dei sistemi di ventilazione.

1. Attività svolta

Per quanto riguarda le attività della linea 1, relative alla valutazione dello stato dell'arte delle strutture per la produzione orto-floricola in ambiente protetto, lo sviluppo del progetto in questo primo anno, ha riguardato la ricerca dei principali database relativi alle distribuzioni aziendali in agricoltura, sia on-line che cartacei. In particolare è stata valutata la disponibilità di informazioni dall'ISMEA, dall'ISTAT e dall'INEA. Pertanto i dati relativi sia alla dislocazione, peraltro geolocalizzata, sia alle informazioni riguardanti le produzioni, le dimensioni aziendali e le caratteristiche tecniche, sono stati osservati, analizzati e processati con il programma di statistica R, che ne ha permesso sia la lettura con indici riassuntivi, sia il plottaggio in mappe di geolocalizzazione con falsi colori. L'analisi dei dataset ha permesso di evidenziare anche le concentrazioni per la ricerca delle eventuali influenze climatiche nei fenomeni diffusivi.

La seconda linea di ricerca che il progetto prevedeva per le attività di indagine ai fini della scelta di serre su cui effettuare la sperimentazione in base al livello di input tecnologico utilizzato per la loro costruzione, ha seguito le indicazioni apprese dai dataset della linea 1, e dalle elaborazioni e mappature delle concentrazioni si è evinto l'aspetto tipologico delle aziende produttive. Dunque, per il sistema dinamico utile alla simulazione degli scambi termici che avvengono all'interno delle serre di cui si vuole arrivare alla definizione, sono state considerate le norme ASAE/ASABE che vertono sulla definizione delle equazioni necessarie per la caratterizzazione della serra e per il dimensionamento dei sistemi di ventilazione. In particolare:



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

- ANSI/ASAE EP406.4 Jan 2003 (R2008): Heating, Ventilating and Cooling Greenhouses
- ASAE EP460 FEB 04: Commercial Greenhouse Design and layout
- ASAE D271.2 DEC99: Psychrometric Data

Le norme specificano i criteri generali di tipo ingegneristico da utilizzarsi per il riscaldamento, la ventilazione e il raffrescamento delle serre fornendo indicazioni sui metodi di riscaldamento e raffreddamento generalmente accettati insieme alle principali caratteristiche di progettazione di sistemi tipici.

Poiché la previsione del “comportamento” termico delle serre deve necessariamente considerare l'andamento climatico, si è deciso di prendere come riferimento i criteri per la definizione dell'anno climatico tipo presentati dal CTI (Comitato Termotecnico Italiano): la disponibilità di dati orari contenuti nell'anno tipo permetterà di simulare il comportamento delle strutture protette in regime dinamico.

Oltre ai dati meteorologici, anche l'indicazione dell'inclinazione dell'irraggiamento solare è importante: quando i raggi sono poco incidenti prevale infatti la riflessione dei medesimi da parte delle coperture, viceversa si ha una maggiore trasmissione della radiazione all'interno della serra (con conseguente incremento dell'effetto riscaldante). Questa fase di analisi è tuttora in corso e si stanno valutando i seguenti dataset:

- Atlante Italiano della radiazione solare (ENEA): sono raccolti i dati relativi alla radiazione globale media mensile sul territorio italiano. I dati sono elaborati sulla media quinquennale 1995-1999. <http://www.solaritaly.enea.it/CalcComune/Calcola.php>
- HelioClim 3 For free (Solar Radiation Data SODA): sono raccolti dati relativi alla radiazione solare in tutto il mondo relativamente al triennio 2004-2006. Esiste una versione a pagamento dove è possibile scaricare i dati fino ad oggi. <http://www.soda-pro.com/web-services/radiation/helioclim-3-for-free>
- World Radiation Data Center: sono raccolti dati relativi alla radiazione solare per diverse località in tutto il mondo. Soltanto per alcune località i dati sono aggiornati al 2016. <http://wrdc.mgo.rssi.ru/>
- Meteonorm: questo database raccoglie dati relativi alla radiazione solare (e ad altri parametri climatici) in tutto il mondo. E' possibile richiedere una licenza gratuita della durata di un anno per poter scaricare tutti i dati. <http://www.meteonorm.com/>

In tutti questi database la radiazione è calcolata sia sul piano orizzontale che su quello inclinato (in base alle inclinazioni fornite dall'utente) e perpendicolare.

Si sta lavorando per implementare il modello di calcolo con informazioni relative all'evapotraspirazione delle colture in serra. Per fare questo si stanno valutando le equazioni presentate nei seguenti lavori:

- Kittas C., Karamanis M., Katsoulas N. 2005. Air temperature regime in a forced ventilated greenhouse with rose crop. *Energy and Buildings*, 37, 807-812



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

- Baille M., Baille A., Laury J.C. 1994. A simplified model for predicting evapotranspiration rate of nine ornamental species vs. climate factors and leaf area. *Scientia Horticulturae*, 59, 217-232
- Carmassi G., Bacci L., Bronzini M., Incrocci L., Maggini R., Bellocchi G., Massa D., Pardossi A. 2013. Modelling transpiration of greenhouse gerbera (*Gerbera jamesonii* H.Bolus) grown in substrate with saline water in a Mediterranean climate. *Scientia Horticulturae*, 156, 9-18.

2. Risultati e deliverable

Sono state realizzate le principali mappe di distribuzione, con indicazioni geolocalizzate della serricoltura italiana, sia relativamente alla produzione orticola che floricola, sia per l'intero territorio nazionale, che nelle sottozone regionali. Relativamente al modello decisionale, le equazioni e le prime simulazioni sono state organizzate in un foglio di calcolo utilizzando dati meteo tipo di tre mesi rappresentativi dell'inverno, della primavera e dell'estate. Non è ancora stato predisposto un deliverable specifico.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

E' possibile che si possano incontrare problemi legati all'ottenimento dei dati grezzi per potere poi procedere all'elaborazione per l'estrapolazione dell'anno tipo.

Per valutare la rispondenza dei dati estrapolati si troveranno accordi per l'acquisizione di dati da impianti in produzione dotati di sistemi automatici di monitoraggio dell'ambiente interno ed esterno alla serra.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

6. Elenco pubblicazioni

Task 1.8: Riduzione dei consumi energetici per il riscaldamento delle serre

Task leader: Marco Fedrizzi (CREA-IT)

Linea 1 di attività: Sistemi integrati per il condizionamento termico invernale del substrato di coltivazione di specie florovivaistiche, tecnologie innovative di scambio termico e a pompa di calore.

Referente: Marco Fedrizzi (CREA-IT)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Linea 2 di attività: Validazione tecnica, energetica, ed economica dell'impatto delle tecnologie suddette nel settore agricolo della produzione di materiale vivaistico di specie florovivaistiche.

Referente: Marco Fedrizzi (CREA-IT)

Abstract

In riferimento agli impianti di riscaldamento basale esistenti presso la sede di CREA-OF di Pescia (PT) è stato condotto lo studio di fattibilità. Con gare pubbliche MEPA sono state eseguite la progettazione dell'impianto sperimentale e la sua realizzazione. L'acquisizione dei dati dei consumi energetici delle aziende floro-vivaistiche tramite interviste è stata completata mentre è tuttora in corso l'acquisizione dei medesimi dati da letteratura.

1. Attività svolta

Linea 1 di attività

In una delle serre in dotazione a CREA-OF di Pescia, con il finanziamento MIPAF del precedente progetto F.LO.R.ENER. (Florovivaismo: Logistica e risparmio energetico) negli anni scorsi era stato realizzato un impianto di riscaldamento basale fondato sul brevetto 1351132 "Nuovo tubo e valvola di flusso per una migliore gestione dell'acqua calda" per verificarne, in accoppiamento ad una caldaia a GPL, le caratteristiche funzionali in confronto ad un impianto di tipo tradizionale. Nel presente progetto si è inteso sviluppare la conoscenza di tali impianti dotandoli di sistemi di generazione del calore a pompa di calore.

Per rendere utilizzabili gli impianti sperimentali e renderli flessibili ed adeguabili alle necessità dei vari test da condurre, oltre alla fornitura delle pompe di calore, si sono pertanto rese necessarie alcune modifiche impiantistiche che sono state analizzate con i ricercatori partecipanti alla task 1,8.

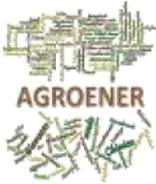
In generale le principali modifiche impiantistiche riguardano l'inserimento di raccordi e valvole che rendano possibile la selezione in accoppiamento di uno dei diversi generatori di acqua calda o fredda per poter condurre nelle diverse stagioni le prove previste con ognuna delle attrezzature previste.

Una volta determinato il progetto di massima è stata svolta una gara pubblica su MEPA (procedura 1366246) per l'affidamento di un incarico di progettazione delle modifiche degli impianti.

In esito alla procedura l'incarico è stato svolto con la fornitura di documentazione inerente la relazione tecnica, il computo metrico e l'elenco prezzi correnti.

Tali dati sono stati utilizzati per l'avvio di una gara pubblica MEPA (procedura 1491289) per la fornitura e l'installazione delle pompe di calore e le necessarie modifiche ed adeguamenti impiantistici.

La fornitura e l'installazione sono state collaudate in data 8/6/2017.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Sono stati inoltre acquistati tramite MEPA (procedure 3518605 e 3694289) gli strumenti datalogger necessari per l'acquisizione dei dati di temperatura, umidità e consumo di energia elettrica.

Durante il primo anno di attività sono stati effettuati sopralluoghi ad alcune aziende floro-vivaistiche della zona del Pistoiese e del Viareggino, con lo scopo di comprendere il livello di conoscenza e di concreta applicazione in merito alle tematiche relative al consumo/risparmio energetico nelle serre in un'area considerata come uno dei principali centri per la produzione di piante ornamentali in Italia e in Europa.

Sono state visitate 15 delle principali aziende della zona, in particolare 5 aziende nell'area tra Viareggio e Torre del Lago, 5 aziende tra Pescia ed Altopascio e 5 aziende a Pistoia, ed è stato chiesto ai gestori di queste aziende di rispondere ad un questionario specificamente redatto.

Attraverso i questionari è stato possibile acquisire dati specifici sulle seguenti tematiche:

- tipo di produzione (piante in vaso, fiore reciso, piante ornamentali, orticole);
- modalità di coltivazione (a terra, su bancali);
- tipologie di impianti utilizzati per il condizionamento invernale e/o estivo (generatore di calore, refrigeratori, combustibili, sistemi di distribuzione del vettore termico)
- tipologie di impianti ad alta efficienza installati (fotovoltaico, solare termico, biomasse, pompe di calore)
- periodi di funzionamento degli impianti;
- consumi di energia e costi di gestione.

Visitando queste aziende e parlando con i loro gestori è stato possibile anche stimare il livello di conoscenza di argomenti quali l'inquinamento ambientale, la contabilizzazione del calore, la conoscenza e la gestione intelligente dei propri impianti, tematiche di fondamentale importanza per la sensibilizzazione al tema del risparmio energetico.

Anche per questo l'attività di indagine proseguirà nei prossimi anni con lo scopo sia di acquisire nuovi dati per poter arrivare ad avere uno spettro di informazioni il più ampio possibile, sia per osservare eventuali cambiamenti nella sensibilizzazione dei gestori delle aziende alla tematica del risparmio energetico.

Linea 2 di attività

La linea 2 di attività si svilupperà nei prossimi anni del progetto

2. Risultati e deliverable

Nel corso del primo anno di progetto è stato svolto lo studio di fattibilità e progettazione dell'impianto sperimentale. Per la progettazione delle modifiche agli impianti esistenti ci si è avvalsi di un tecnico progettista selezionato tramite MEPA (procedura 1366246). Si allegano i files



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

relativi al progetto ed al computo metrico (C26 - CREA - Computo Metrico rev1.pdf, C26 - CREA - Relazione tecnica rev1.pdf, Planimetria impianto.pdf).

Sono stati inoltre acquistati tramite MEPA (procedure 3518605 e 3694289) strumenti datalogger per l'acquisizione di dati di temperatura, umidità e consumo di energia elettrica.

Attraverso una serie di sopralluoghi tecnici sono stati raccolti dati relativi ai consumi energetici delle aziende floro-vivaistiche delle zone limitrofe al sito delle prove. La raccolta di dati bibliografici sul medesimo argomento è ancora in corso.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

La spesa sostenuta per la realizzazione delle modifiche agli impianti si è rivelata inferiore a quanto stimato in fase di presentazione del progetto. Con apposita richiesta al Mipaf, la minore spesa verrà utilizzata per una proposta variante al fine di rendere disponibili tali fondi per le attività integrative di seguito proposte.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

In riferimento alla capacità di utilizzo in funzione di raffreddamento delle pompe di calore installate nella serra dove si svolgono le attività del progetto, si propone di utilizzare tale funzione nei primi anni del progetto allo scopo di studiare le variazioni di temperatura nel substrato presente nei bancali.

Il raffreddamento del terreno infatti, nella zona climatica interessata, è necessario per l'ottenimento della fioritura nei mesi estivi di alcune specie da fiore quale ad es. *Alstroemeria aurantiaca* detta giglio del Perù.

Lo studio potrà avvenire in assenza di coltura, riproducendo le condizioni colturali necessarie per lo sviluppo delle specie da fiore, e provvedendo al condizionamento termico del substrato utilizzando le stesse tubazioni dell'impianto di riscaldamento basale e le pompe di calore in funzione di raffreddamento. Potrà essere variata anche la posizione delle tubazioni rispetto al substrato di coltivazione (posizionate sul fondo dei bancali, sulla superficie del substrato oppure interrate a media profondità) per studiare il profilo termico del terreno a seguito del raffreddamento prodotto con l'impianto.

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Nel primo anno di progetto non erano previste attività di tale tipo

6. Elenco pubblicazioni



WP2: Sviluppo della filiera delle biomasse solide agroforestali

WP leader: Enrico Ceotto (CREA-AA)

Abstract

Il WP2 comprende una serie articolata di studi afferenti alla filiera delle biomasse solide agroforestali, che ricadono in due distinti settori di ricerca. In particolare, i Task 2.1, 2.3, 2.4 e 2.5 rientrano nel settore 07/C1 (Ingegneria agraria, forestale e dei biosistemi) mentre i task 2.2 e 2.6 ricadono invece nel settore 07/B1 (Agronomia e Sistemi colturali erbacei ed ortofloricoli). Il Task 2.1 (Sistemi di compattamento per biomasse residuali) aveva l'obiettivo di valutare la possibilità di integrare di sistemi di separazione e di compattamento di residui colturali, i.e. le pellettatrici e le bricchiatrici, con le macchine mietitrebbiatrici. Dalle esperienze condotte risulta che la possibilità di integrare soluzioni di compattamento direttamente sulla mietitrebbiatrice sia molto limitata, in ragione del peso delle macchine compattatrici. Sembra essere più praticabile la soluzione di sistemi di compattamento trainati o posizionati a bordo campo. Il task 2.2 (Colture e tecniche innovative per la produzione di bioenergia) racchiude due linee di ricerca. La linea 1 riguarda la valutazione della risposta della canna comune a tre diverse strategie di raccolta (R1: fine giugno+fine settembre; R2: fine luglio+ fine settembre; R3: raccolta unica a fine settembre) in interazione con due regimi di fertilizzazione azotata (0 e 250 kg N ha⁻¹). I risultati raccolti indicano che l'anticipo delle raccolte ha determinato una progressiva riduzione della biomassa totale prodotta dall'Arundo. La riduzione della resa in biomassa è stata molto più marcata in caso di assenza di fertilizzazione azotata. Le raccolte estive hanno altresì determinato un cospicuo incremento delle concentrazioni di azoto nella biomassa raccolta, e quindi delle asportazioni di azoto da parte della coltura. Nella linea 2 è in corso la valutazione la risposta del cardo mariano alla densità di semina ed alla fertilizzazione azotata (0 e 100 kg N ha⁻¹). La coltura è attualmente in fase di raccolta. Il Task 2.3 (Valorizzazione delle biomasse lignocellulosiche per la produzione di energia termica) ha in corso di svolgimento la progettazione un prototipo di macchina per il sezionamento di piante arboree allevate MRF (medium rotation forestry, 4-6 anni) ed il successivo confezionamento in sacchi di rete. E' previsto un deliverable per il mese di settembre 2017. Il task 2.4 (Valorizzazione delle biomasse forestali residuali) ha come obiettivo la caratterizzazione di cedui di eucalitto, e di una fustaia di cedro, presenti nell'azienda sperimentale del CREA-FL Oville di Roma. Sono stati rilevati i caratteri dendrometrici (altezza e diametro) che hanno permesso di determinare la massa utilizzabile per unità di superficie, ripartita tra legna da ardere e residui da destinare alla cippatura. Il task 2.5 (Recupero dei residui lignocellulosici da gestione del verde urbano) esplora una tematica di indubbio interesse, poiché la possibilità di sfruttare ad uso energetico biomasse provenienti da superfici extra-agricole elimina il problema della competizione per l'uso dei suoli con le colture alimentari. L'analisi dei cantieri di lavoro ha mostrato una elevata incidenza (circa il 50%) dei tempi di preparazione del cantiere e di avvicinamento agli alberi. Un



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

miglioramento della organizzazione dei cantieri di lavoro, con una riduzione dei tempi morti evitabili, appare quindi obiettivo primario delle attività. Altra criticità è costituita dal traffico veicolare e pedonale non gestibili dalle persone addette al cantiere. Il Task 2.6 (Potenzialità produttiva e servizi ambientali di colture da energia su suoli marginali comprende 4 linee di attività: 1) dataset; 2) Strumenti software e modellazione; 3) simulazione di sistemi colturali per colture da bioenergia; 4) indicatori di servizi ambientali e di impatto. Per la linea 1 sono stati reperiti i dati dei suoli ed i dati meteorologici necessari allo svolgimento delle simulazioni spazialmente distribuite per la stima della potenzialità produttiva delle colture da energia su suoli marginali. E' inoltre stata definita la serie di colture per le quali verrà simulata la produttività: sorgo da biomassa, Arundo, panico, miscanto, pioppo, barbabietola da zucchero, cardo e short rotation coppice (SRC) di pioppo e salice. Per ciascuna coltura sono stati reperiti i valori di alcuni parametri chiave per la calibrazione dei modelli di simulazione. Per la linea 2 sono state sviluppate soluzioni di modellazione (MS) per le colture di interesse mediante l'uso della piattaforma BioMA, correntemente in uso presso il JRC-Mars per la previsioni colturali. In particolare, è stata realizzata una MS per sorgo, panico e miscanto basata sul modello Cropsyst ed una seconda MS, specifica per Arundo, basata sul modello ArunGro. E' stato inoltre implementato nella piattaforma BioMA un modello specifico per la simulazione SRC di pioppo e salice. Per la linea 3 è in corso di svolgimento la calibrazione dei modelli utilizzando data set sperimentali disponibili per le colture di panico, miscanto, sorgo da biomassa, barbabietola, cardo, Arundo e pioppo. La linea 4 prevede azioni successive al completamento delle simulazioni territoriali.

Task 2.1: Sistemi di compattamento per biomasse residuali

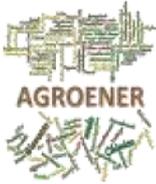
Task leader: Alberto Assirelli (CREA-IT)

Linea 1 di attività: Valutazione delle possibilità di equipaggiamento di mietitrebbiatrici in raccolta di cereali, leguminose e mais di sistemi di separazione e compattamento integrati all'operatrice

Linea 2 di attività: Valutazione di diversi sistemi di trattamento/compattamento a densità regolabile, anche scarrabile

Abstract

Nel primo anno di attività del Progetto "Agroener" CREA-IT ha preso in considerazione diversi sistemi di separazione, trattamento e compattazione di biomasse residuali per valutarne l'applicabilità in relazione alle diverse caratteristiche del materiale da trattare (tipologia, dimensioni, umidità, etc). Sono stati svolti alcuni test di estrazione di prodotti stoccati umidi ed in un secondo momento è stata considerata anche la possibilità di integrazione di sistemi di compattamento con macchine agricole già utilizzate e la compatibilità con le esigenze delle



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

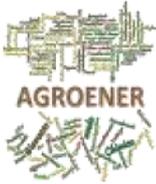
MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

diverse realtà produttive. In particolare, sono stati valutati sistemi di separazione, trasporto e compattamento dei sottoprodotti fini della trebbiatura (glume, glumette, etc.) e tutoli di mais. Inoltre, in collaborazione con il CNR-IVALSA, sono state analizzate diverse soluzioni per il recupero, il trasporto e il condizionamento in campo di biomasse residuali derivanti dalla potatura dei frutteti e dei vigneti e dagli allestimenti forestali che, ad oggi, rappresentano un'importante fonte di materiale scarsamente valorizzato per mancanza di adeguati sistemi logistici di gestione. La valutazione ha riguardato principalmente sistemi di trinciatura grossolana in campo, seguiti da compattazione e legatura del prodotto, ma anche sistemi diretti di triturazione e cippatura fine del materiale.

1. Attività svolta

La Linea 1 della Task 2.1 ha previsto la valutazione delle principali caratteristiche tecniche e funzionali dei sistemi di separazione e compattamento di biomasse residuali per la possibile integrazione su macchine da raccolta utilizzate per la raccolta di cereali, leguminose e mais. Sono stati esaminati diversi sistemi di gestione di biomasse per valutarne l'applicabilità in relazione alle diverse caratteristiche del materiale da trattare (tipologia, dimensioni, umidità, etc). La possibilità di utilizzo del prodotto stoccato rappresenta un aspetto molto importante per cui prima di intraprendere lo sviluppo di sistemi innovativi si è cercato di verificare anche le fasi finali quali lo sfaldamento di prodotti stoccati ad elevato contenuto di umidità. Per lo scopo sono stati condotti alcuni test con un prototipo sviluppato da CREA. Per quanto riguarda i sistemi di separazione dei sottoprodotti di trebbiatura, sono stati valutati i principali sistemi adottati dai diversi costruttori di mietitrebbiatrici per individuare specifiche soluzioni applicative per la separazione, il trasporto e riposizionamento/compattamento della frazione di sottoprodotti fini della trebbiatura (glume, glumette, etc.).

Tale valutazione ha riguardato principalmente gli aspetti tecnici e funzionali di pellettatrici e bricchettatrici, utilizzabili per il compattamento del materiale vegetale separato. Per la valutazione dei sistemi di compattamento sono stati interpellati i principali costruttori con le diverse possibilità applicative. Tali sistemi trovano applicazione nei più svariati contesti, dalla gestione di residui di lavorazione fino ai rifiuti di varia natura e composizione. Mediante contatti diretti e ricerca bibliografica tali sistemi sono stati valutati su diverse tipologie di biomasse vegetali residuali: sottoprodotti della trebbiatura (tutoli di mais, glume, glumette, etc.). Nelle attività di ricerca e valutazione si è sempre cercato di rimanere in allestimenti di compattatori commerciali prontamente disponibili sul mercato. Nell'ambito delle diverse proposte applicative riscontrabili sul mercato sono state considerate soluzioni fisse e mobili, per impieghi continuativi o ciclico, ad azionamento meccanico, elettrico ed idraulico. Caratteristiche di rilievo riguarda il livello di compattamento raggiungibile e la possibilità di fissaggio a valori desiderati del prodotto in modo da mantenere le forme ed i volumi raggiunti. Per quanto riguarda le pellettatrici è stata svolta



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

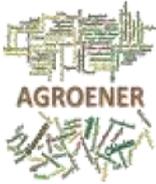
MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

un'approfondita analisi di mercato per evidenziare le principali caratteristiche tecniche e funzionali dei sistemi disponibili alla luce delle più recenti tecnologie. Sono stati esaminati modelli in funzione delle dimensioni della trafila, delle aperture di scarico, della potenza necessaria e della forma e peso dell'intera struttura. In un secondo tempo sono stati esaminati altri aspetti quali le dimensioni e umidità del prodotto da trattare e mediante confronto con alcuni costruttori sono stati definiti i limiti entro cui i sottoprodotti di trebbiatura possono essere sottoposti a trattamento di pellettizzazione. Ultimo aspetto ma non per importanza ha riguardato la relazione fra caratteristiche produttive espresse in t/h di prodotto ottenuto e forma/peso della macchina in assetto operativo. La potenza assorbita e la forma di azionamento rappresentano due aspetti molto importanti per la valutazione dell'applicabilità sulle raccogliatrici.

Per quanto riguarda le bricchettatrici sono state svolte valutazioni simili a quanto effettuato per le pellettatrici prendendo inoltre in esame i principali componenti costruttivi che possono influenzare le possibilità applicative. Oltre alle caratteristiche prestazionali sono stati presi in esame la potenza necessaria, indipendentemente dalla forma prevista (elettrica, idraulica, meccanica), la configurazione esterna per risalire alle dimensioni di ingombro e posizionamento sistema di alimentazione e scarico bricchetti per la successiva fase di individuazione sistema di raccolta in modo da interferire il meno possibile con l'operatività della raccogliatrice. Fra i componenti ausiliari sono stati esaminati funzionalità e posizionamento dei quadri di comando, possibilità di interfacciamento con altre unità elettroniche di gestione e sensoristiche necessarie. Sono stati valutati anche conformazione e posizionamento dei motori elettrici ed idraulici, moltiplicatori di potenza, gruppi valvole, scambiatori e/o refrigeratori dedicati. Ultimo punto ha riguardato le caratteristiche fisiche del sottoprodotto soprattutto in funzione della sua predisposizione alla bricchettatura per evitare possibili successive problematiche in impiego ripetuto.

Per le diverse soluzioni sono stati eseguite simulazioni per verificare il livello di compattamento raggiungibile sia con pellettatrici sia con bricchettatrici, la capacità di mantenimento della forma assunta dal pellet o bricchetto e i diversi fenomeni che possono intercorrere durante il processo di compattamento. E' stato eseguito un confronto sul piano prestazionale sulle esigenze minime necessarie per l'applicabilità su mietitrebbiatrici senza influire sulle capacità di lavoro della macchina e per lo scopo si sono cercate anche forme di raccolta/scarico del prodotto compattato in modo da influenzare il meno possibile l'operatività della macchina. Come fase finale è stata successivamente valutata la possibile installazione sulla parte posteriore delle mietitrebbiatrici, evidenziando i principali limiti riscontrabili. Di entrambi i sistemi di densificazione sono stati valutati anche sistemi di raccolta del prodotto compresso ottenuto.

La distinzione principale fra i sistemi di compattamento valutati riguarda la tipologia di prodotto da condizionare la sua forma e dimensione in quanto tali aspetti rappresentano i principali parametri di dimensionamento della macchina. Mentre nelle versioni sia fisse sia mobili ma operanti in modo indipendente anche l'aspetto produttivo e dimensionale risulta meno marcato,



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

nel caso di integrazione ad altre operazioni meccaniche anche tali aspetti vengono a prendere importanza crescente per cui ad ogni raccogliitrice potranno essere richieste specifiche caratteristiche di compattatrici. Le caratteristiche del prodotto separato inoltre dovranno sempre essere correlate al sistema di separazione adottato comunque specifico per tipologia di mietitrebbiatrice e quindi non facilmente generalizzabile ma legato al sistema di pulizia della granella adottato (tipo ventilatore, tipologia vagli/crivelli, settaggio). La possibilità di sviluppare una logistica dedicata per tutte le biomasse residuali rimane un aspetto da indagare prima di proporre soluzioni dedicate a specifiche filiere.

2. Risultati e deliverable

Rapporto di valutazione sugli apparati di separazione ausiliaria installati sulle mietitrebbiatrici e sull'applicabilità dei sistemi di compattamento provati con indicazioni dei rispettivi vantaggi e limiti.

La separazione dei sottoprodotti avviene già negli apparati di trebbiatura e pulizia della mietitrebbiatrice e tali prodotti proseguono poi verso l'uscita dal gruppo di pulizia. I sistemi di separazione ausiliaria quindi devono prevedere un sistema di raccolta a valle degli ultimi crivelli, un sistema di trasporto verso il dispositivo di raccolta ed un sistema di compattamento per ridurre il volume per favorire la successiva logistica di conferimento. Sono possibili diverse soluzioni applicative per la raccolta ed il trasporto; per quanto riguarda il primo aspetto sono disponibili sistemi a coclea o gravitazionali con sistema di convogliamento basale o laterale; per quanto riguarda il sistema di trasporto sono state incontrate esperienze con trasportatori a coclea, trasportatori a catena con palette e pneumatici. Queste variabili devono comunque essere ponderate con le soluzioni tecniche e funzionali adottate nella specifica mietitrebbiatrice per cercare di individuare la soluzione più confacente allo scopo, non essendo ravvisabili significative differenze sul piano funzionale delle diverse possibilità. Occorre prevedere la possibilità di mantenere buona versatilità del sistema prevedendo agevoli possibilità di inserimento/disinserimento del dispositivo e di variazione del punto di scarico sia a terra sia su dispositivo collegato (compattatore/rimorchio). I sistemi di compattamento per biomasse residuali che possono soddisfare allo scopo trovano diverse applicazioni nei più svariati contesti dalla gestione di residui di lavorazione fino ai rifiuti di varia natura e composizione. Possono aversi applicazioni fisse e mobili per impieghi continuativi o saltuari ad azionamento meccanico, elettrico ed idraulico. Caratteristiche di rilievo riguardano il livello di compattamento raggiungibile e la possibilità di fissaggio in modo da mantenere le forme ed i volumi raggiunti. I sistemi valutati per la pellettatura e la bricchettatura sono prettamente riconducibili a due principi schemi funzionali: rotativo/continuativo generalmente di tipo rotativo con elemento di lavoro rotativo su cilindro forati operante quindi per estrusione e ciclico con pistone mobile ad alimentazione naturale od assistita da sistema dedicato.



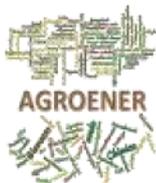
Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Le tipologie disponibili prevedono diverse forme di realizzazione, funzionamento e capacità produttive; quest'ultimo aspetto influenza spesso le dimensioni e masse della macchina per cui riveste importanza non trascurabile soprattutto in fase di scelta in abbinamento ad altri cicli di lavoro quali possono essere le operazioni di raccolta.

Come si è potuto verificare nelle applicazioni fisse sono generalmente realizzate le soluzioni maggiormente performanti che grazie alla mancanza di limitazioni di dimensioni e masse possono raggiungere capacità produttive di rilievo. Tali aspetti si è visto rappresentare un vero limite per l'installazione su macchine semoventi. Risultano presenti sul mercato compattatori verticali ed orizzontali con sistema di caricamento centrale superiore ed inferiore per una miglior integrazione ai diversi processi produttivi. Tali tecnologie sono state prevalentemente sviluppate per il compattamento di segature, trucioli di legno ed altri residui di lavorazione. In alcuni casi sono ottenibili aumenti di densità fino ad oltre 50 volte. Nella maggior parte delle soluzioni di compattamento valutate i dispositivi di compattamento non presentano specifici riferimenti al settore delle biomasse se non limitatamente al settore foraggero ed agroenergetico tramite imballatura. Sotto tale aspetto non sono state riscontrate esperienze specifiche relative a biomasse legnose sia intere, pezzate o cippate.

La distinzione principale riguarda la tipologia di prodotto da condizionare la sua forma ed il contenuto di umidità. La pellettatura e la bricchettatura sono due forme di densificazione prettamente meccaniche e sviluppate soprattutto per i residui dell'industria del legno. Permettono di raggiungere densità piuttosto elevate fino a 600-700 kg/m³ nel legno senza aggiunta di collanti od altri materiali e solo disponendo di energia meccanica per l'azionamento. Sono da qualche anno state poste in commercio anche soluzioni specifiche per pellettare il prodotto agricolo direttamente in campo, es paglia di frumento ed altri cereali. Piuttosto importanti per queste tipologie di compattatori rimane il mantenimento possibilmente costante di alcuni parametri quale temperatura che può essere utile non superi gli 80-90 gradi alla trafila, la regolarità di pressione che in alcuni casi può anche superare i 2000 bar e l'umidità del prodotto che sarebbe utile non superasse i 12-15 punti percentuali. Dalle diverse esperienze condotte e recepite sono comunque emersi alcuni aspetti piuttosto limitanti tali applicazioni, in primo luogo la capacità di lavoro non tanto come valore assoluto ma in correlazione alla massa complessiva del compattatore. Valutando il volume di prodotto gestito dalle moderne mietitrebbiatrici in grado di superare frequentemente l'ettaro/h risulta necessarie una capacità di compattamento della pellettatrice/bricchettatrice sempre superiore a 600-800 kg/h obbligando alla scelta di modelli di compattatrici professionali e quindi di dimensioni e masse poco adattabili alle strutture di sostegno di una mietitrebbiatrice. I modelli commerciali di pellettatrici e bricchettatrici di simili potenzialità non risultano mai inferiori a 1 m³ di volume e soprattutto presentano masse mai inferiori ai 1000 kg per cui l'installazione diretta sul corpo macchina presenta notevoli difficoltà. Aspetto che non influenza la possibilità di installazione sulla mietitrebbiatrice riguarda la potenza minima richiesta per l'azionamento che anche nelle versioni più performanti non eccede, salvo rari



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

casi, le disponibilità fruibili dalle moderne mietitrebbiatrici. La tipologia di potenza utilizzabile può essere sia di tipo meccanico sia idraulico cercando di prediligere quest'ultima solo per le potenze minori per un discorso di rendimento di trasmissione senza influenzare negativamente l'operatività della macchina. I test condotti su estrazione di biomassa stoccata ad elevato contenuto di umidità con macchine sviluppate da CREA hanno permesso di considerare in alcuni casi limitante il tenore di umidità solo limitatamente al processo di densificazione e non alla fase di stoccaggio.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Dalle esperienze condotte sembra che la possibilità di applicare soluzioni di compattamento direttamente sulla mietitrebbiatrice risulti fortemente ridotta, obbligando alla valutazione di soluzioni alternative quali sistema di compattamento trainati o posizionati a bordo campo.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Assirelli A, Caracciolo G., Quacquarelli I., Santangelo E. 2017 A new machine for unloading fresh biomass from silobag Proceeding at XXV European Biomass Conference and Exhibition, Stockholm, 12-16 June

6. Elenco pubblicazioni

Assirelli A., Quacquarelli I., Caracciolo G., Santangelo E. 2017 Prototipo di estrattore per biomasse umide in silobag L'Informatore Agrario 14, 61-64

Assirelli A., Quacquarelli I., Caracciolo G., Santangelo E. 2017 Estrattore per biomasse umide in silobag Macchine Agricole Domani 05,

Task n. 2.2: Colture e tecniche innovative per la produzione di bioenergia

Task leader: Enrico Ceotto (CREA-AA)

Linea 1 di attività: Canna comune (*Arundo donax* L.)

Referente: Enrico Ceotto (CREA-AA)

Linea 2 di attività: *Silybum marianum* come coltura da bioenergia

Referente: Tommaso Martinelli (CREA-AA)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Abstract

Linea 1: Nel 2016 è stata condotta una prova sperimentale di pieno campo su coltura di Arundo. L'obiettivo dello studio era valutare l'effetto di tre trattamenti di raccolta (due doppie raccolte ed una raccolta unica a fine estate). Sono state misurate la produzione di sostanza secca ed i contenuti di azoto della biomassa, che hanno permesso di quantificare le asportazioni di azoto. I dati raccolti suggeriscono le seguenti conclusioni: i) l'anticipo delle date di raccolta ha determinato una riduzione della produzione totale di sostanza secca rispetto alla raccolta unica a fine stagione; ii) la fertilizzazione azotata ha mitigato efficacemente l'effetto negativo delle raccolte estive sulle produzioni; iii) Le raccolte estive hanno determinato un notevole incremento delle quantità di azoto asportato e, quindi, dei fabbisogni di azoto dalla coltura. Poiché l'Arundo è coltura poliennale sarà importante valutare gli effetti progressivi dei trattamenti nei prossimi anni.

Linea 2: Nell'annata 2016-2017 è stato allestito un campo sperimentale in località Budrio (BO) per la valutazione agronomica di 2 genotipi di cardo mariano in confronto con colza. Ciascun genotipo è stato testato applicando 2 diverse densità di semina (4 e 8 piante m⁻²) e 2 livelli di concimazione azotata (0 e 100 U). La semina è stata effettuata in ottobre 2016 e la raccolta a inizio di giugno 2017. La coltura di cardo mariano, come quella della colza, ha avuto un buon sviluppo. La colza è stata seriamente attaccata da meligete (*Meligethes aeneus*) in fase di fioritura, attacco poi controllato con opportuni trattamenti insetticidi.

1. Attività svolta

Linea 1: Nell'azienda sperimentale Cà Rossa del CREA di Bologna, in località Anzola dell'Emilia, è stato condotto uno studio su coltura di Arundo. L'obiettivo era valutare l'effetto di tre trattamenti di raccolta (due doppie raccolte ed una raccolta unica a fine estate). Poiché trattasi di specie poliennale a propagazione vegetativa che attraversa una fase giovanile non eliminabile, l'impianto è stato realizzato nel precedente anno 2015. Nel 2016 sono stati messi a confronto tre trattamenti di raccolta: i) primo taglio a fine giugno + secondo taglio a fine settembre (R1); ii) primo taglio a fine luglio e secondo taglio a fine settembre (R2); iii) taglio unico a fine settembre (R3). I tre trattamenti di raccolta sono stati valutati con due dosi di fertilizzazione azotata: 250 kg N ha⁻¹ ed un controllo non concimato (N0). I campioni di biomassa prelevati in occasione delle raccolte sono stati essiccati, macinati, e sottoposti ad analisi del contenuto di azoto con lo strumento Truspec CHN. I contenuti di azoto delle biomasse raccolte hanno permesso di determinare le asportazioni di azoto della coltura per i trattamenti a confronto. Lo schema sperimentale è uno strip-split-plot con 4 ripetizioni, con un totale di 24 parcelle (3 trattamenti x 2 dosi di azoto X 4 ripetizioni).

Nelle 12 parcelle delle tesi fertilizzate sono stati condotti campionamenti n.10 periodici di biomassa allo scopo di stimare il tasso giornaliero di accrescimento della coltura come conseguenza delle strategie di raccolta applicate alla coltura.



La foto mostra i tre trattamenti di raccolta (1 replica) con fertilizzazione 250 kg azoto per ettaro, alla data del 14 settembre 2017.

Linea 2: Presso l'azienda sperimentale di Budrio (BO) è stato allestito in ottobre un campo sperimentale per il confronto della produttività di 2 genotipi di cardo mariano usando una varietà commerciale di colza come testimone (cv. Puncher). Per il cardo mariano sono stati testati i genotipi G20 di origine centro europea e il genotipo G23 di origine italiana. Per ciascuno di questi è stato applicato uno schema sperimentale con 2 diverse densità di semina (4 e 8 piante m⁻²) e 2 livelli di concimazione azotata (0 e 100 U) con tre repliche. La concimazione azotata è stata applicata in primavera con un unico trattamento. In fase di fioritura è stata campionata la biomassa di cardo mariano per le successive analisi.

2. Risultati

Linea 1: I dati raccolti nell'anno 2016 vengono di seguito riportati nelle seguenti Figure 1, 2 e 3.

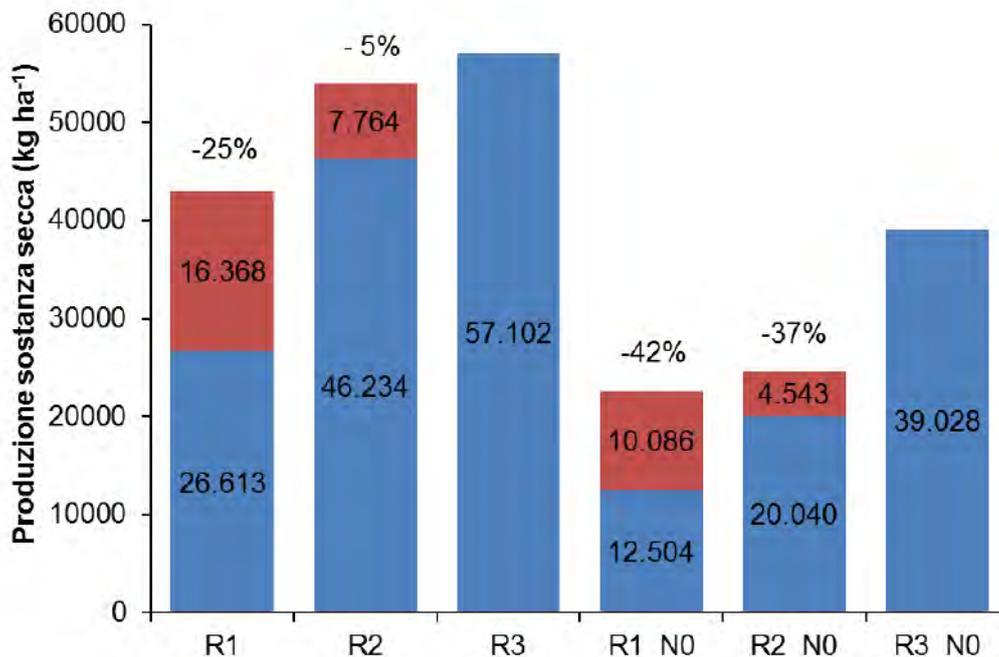


Figura 1: Produzioni di sostanza secca della coltura con le tre strategie di raccolta in combinazione con le due dosi di fertilizzazione (250 kg ha⁻¹ e controllo non concimato N0). I trattamenti sono: i) primo taglio a fine giugno + secondo taglio a fine settembre (R1); ii) primo taglio a fine giugno e secondo taglio a fine settembre (R2); iii) taglio unico a fine settembre (R3). Gli apporti di azoto sono 250 kg azoto per ettaro e controllo non concimato (N0).

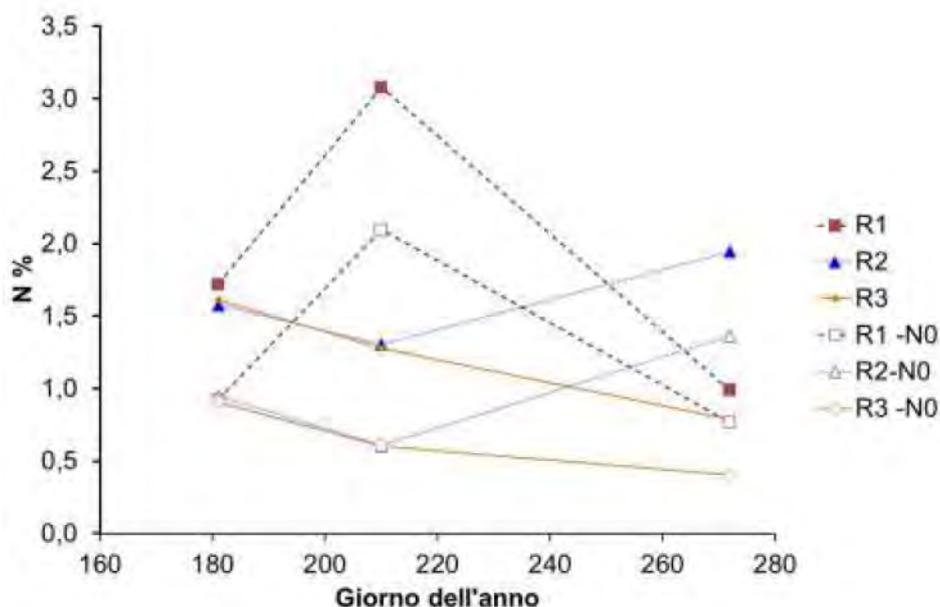


Figura 2: Concentrazioni di azoto delle biomasse dei diversi trattamenti in occasione delle raccolte.

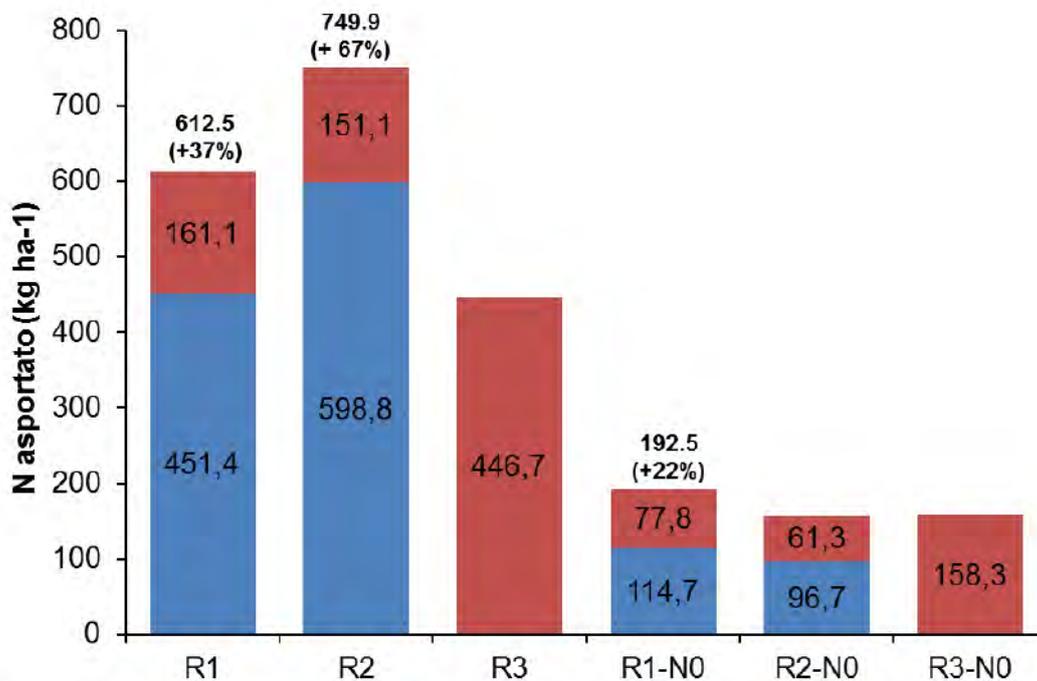


Figura 3: Azoto asportato in occasione delle raccolte con i diversi trattamenti, e con due apporti di azoto (250 kg ha⁻¹ e controllo non fertilizzato).

In sintesi, i dati raccolti suggeriscono le seguenti conclusioni: i) l'anticipo della data di raccolta ha determinato una riduzione della produzione complessiva di sostanza secca rispetto alla raccolta unica a fine stagione; ii) rispetto al controllo non concimato, la fertilizzazione azotata ha mitigato efficacemente l'effetto negativo delle raccolte estive sulle produzioni; iii) Le raccolte estive hanno incrementato notevolmente le quantità di azoto asportato e, quindi, i fabbisogni di azoto dalla coltura. Poiché l'Arundo è coltura poliennale sarà importante valutare gli effetti progressivi dei trattamenti nei prossimi anni.

Linea 2: Lo sviluppo della coltura è stato buono nonostante le scarse precipitazioni verificatesi nel periodo primaverile (Figura 1). Il cardo mariano ha coperto rapidamente il suolo in entrambi i genotipi alla densità di semina maggiore. Questo non ha permesso l'affrancamento di flora infestante. Al contrario alla densità di semina minore alcune piante di papavero hanno avuto modo di svilupparsi come infestanti all'interno della coltura.



Figura 1: Campo sperimentale in località Budrio (BO) 21 aprile 2017. Si noti la colza in fase di fioritura. Al contrario il cardo mariano si trova ancora allo stadio di rosetta.

La raccolta del cardo mariano è stata effettuata ad inizio giugno (Figura 2) mentre al contrario quella della colza verrà effettuata a fine giugno. Per questo motivo per il momento non sono disponibili i dati produttivi di granella e biomassa ma verranno presentati i soli dati morfologici della coltura (Tabella 1).



Figura 2. Campo sperimentale in località Budrio (BO) 8 giugno 2017. Si noti come in questa fase il cardo mariano (dx e sx) abbia superato in altezza la colza (centrale).

I dati morfologici evidenziano che la concimazione azotata ha comportato mediamente un aumento delle dimensioni delle piante in entrambi i genotipi. Al contrario la maggiore densità di semina ha comportato un minor numero di ramificazioni laterali e un minor diametro dello stelo misurato al colletto. Il genotipo G20 ha mostrato piante più alte rispetto al G23 raggiungendo i 2,56 m di h nel trattamento D2 a 100 U di N.

Tabella 1. Dati morfologici e densità di piante in campo. Burdiodi (BO) 2016-2017.

Genotipo	Trattamento		Densità		h _{max}		h _{cap.}		Diam. colletto		Ramificazioni	
	Densità	Unità di N	(piante/m ²)	±ES	(cm)	±ES	(cm)	±ES	(mm)	±ES	(n°)	±ES
G20	D1	0	4,22	0,00	223,58	5,89	180,08	6,52	33,24	2,43	6,00	0,38
G20	D1	100	4,59	0,15	235,00	9,06	195,33	8,97	32,72	0,57	6,33	0,17
G20	D2	0	8,37	0,49	231,75	4,63	201,83	5,64	24,20	1,26	4,42	0,17
G20	D2	100	8,74	0,27	256,75	2,96	219,25	1,94	25,82	1,01	4,83	0,08
G23	D1	0	3,78	0,34	190,08	8,21	156,33	6,68	29,97	1,93	6,42	0,55
G23	D1	100	4,30	0,32	210,33	6,93	171,50	8,44	33,74	1,90	7,25	0,25
G23	D2	0	8,15	1,26	209,33	6,88	184,33	5,70	23,93	1,51	4,75	0,14
G23	D2	100	7,70	0,82	237,75	2,50	207,25	1,80	26,50	1,18	6,00	0,25

n=3, ES, errore standard

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

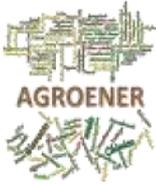
Linea 1: Nessuna difficoltà è stata incontrata nello svolgimento delle ricerche.

Linea 2: La colza, usato come testimone, è stato seriamente attaccato da meligete (*Meligethes aeneus*). L'attacco ha in gran parte compromesso lo sviluppo dei primi fiori prodotti. L'anno prossimo verranno applicati trattamenti insetticidi preventivi per limitare i danni dovuti a questo insetto.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

- 1) I dati raccolti sono stati presentati dal responsabile della ricerca in un seminario dal titolo "La canna comune in sostituzione del mais per la produzione di biogas? Risposta della coltura a tre strategie di raccolta". Detto seminario è stato svolto presso l'Arpa di Bologna in data 24 febbraio 2017;
- 2) I dati raccolti sono stati oggetto di un contributo alla conferenza internazionale EUBCE 2017 tenuta a Stoccolma (Svezia) dal 12 al 16 giugno 2017. Per detto contributo è stato preparato un articolo (autori Enrico Ceotto e Fabio Castelli) che è in corso di pubblicazione sugli atti della Conferenza. L'articolo sarà corredato da un DOI (digital object identifier) e sarà indicizzato su SCOPUS.
- 3) Il Responsabile del Task ha partecipato in qualità di relatore al workshop di presentazione del progetto AGROENER tenutosi presso la Fiera Agricola di Sora (Frosinone) tenutosi in data 11 marzo 2017.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPIAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

6. Elenco pubblicazioni

Enrico Ceotto, Fabio Castelli (2017). Response of the Energy Grass Giant Reed to Three Harvest Strategies: Crop Growth Rate and Dry Matter Yield. Contributo alla sessione "Dedicated Bioenergy Crops from Planting to Harvesting and Novel Production Systems" della EUBCE 2017, European Biomass Conference and Exhibition, Stoccolma (Svezia) 12 - 16 giugno 2017.

Task 2.3: Valorizzazione delle biomasse lignocellulosiche per la produzione di energia termica

Task leader: Luigi Pari (CREA-IT)

Abstract

Il largo consumo del legno nelle varie forme (legna da ardere, cippato e pellet), è principalmente motivato dalla convenienza economica di tale combustibile nei confronti di quelli fossili e riguarda per lo più l'utilizzo di sistemi tradizionali. A seguito della diffusione di moderne attrezzature domestiche per la produzione di energia termica, si sono delineati nuovi scenari per la differenziazione e la commercializzazione di combustibili legnosi con la possibilità di valorizzare le biomasse lignocellulosiche ad un prezzo nettamente più interessante. La Task proposta intende valorizzare al massimo le produzioni di specie arboree allevate ad MRF attraverso la meccanizzazione delle operazioni di raccolta e sezionamento delle piante ed il successivo confezionamento in idonei sacchi di rete. Tale studio consentirà di disporre di un prodotto già confezionato, idoneo per essere stoccato e successivamente per essere avviato alla commercializzazione.

1. Attività svolta

L'attività della Task prevede nella prima fase lo studio del sistema innovativo e la progettazione nel dettaglio del prototipo, i risultati raggiunti saranno esposti nel deliverable D.2.3.1 per settembre 2017 come indicato da progetto.

2. Risultati e deliverable

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

6. Elenco pubblicazioni



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Task n. 2.4 Valorizzazione delle biomasse forestali residuali

Task leader: Stefano Verani (CREA-FL)

Linea 1 di attività: Coltivazioni

Referenti: Stefano Verani (CREA-FL), Giuseppe Pignatti (CREA-FL)

Abstract

Il lavoro svolto, all'interno della linea di ricerca "coltivazioni", è stato finalizzato alla caratterizzazione di cedui di eucalitto (prevalentemente *E. camaldulensis*) e di una fustaia di cedro (*C. atlantica* e *C. libani*) di 23 anni, presenti all'interno dell'azienda sperimentale del CREA-FL Ovine di Roma. Sono stati caratterizzati, da un punto di vista dendrometrico, due cedui: il primo dell'età di 8 anni (ultima ceduzione nel 2009); il secondo di 4 anni (ultima ceduzione nel 2013). Nel primo popolamento sono stati rilevati diametri ed altezze e per mezzo di una tavola di cubatura a doppia entrata è stata determinata la massa cormometrica presente ad ettaro. Nel secondo popolamento oltre ai diametri ed altezze sono stati misurati anche il peso totale, della ramaglia e cimale di risulta (diametro < 3 cm) di 93 polloni, al fine di stabilire le relazioni che esprimono il peso della pianta e della ramaglia e cimale in funzione del diametro del pollone. L'elaborazione dei dati raccolti ha permesso la determinazione provvigione per unità di superficie e, nel caso del ceduo più giovane, la sua ripartizione in legna da ardere e nei residui da destinare alla cippatura. In collaborazione con la task 5.1 è stata realizzata una piantagione di 1 ettaro di pioppeto con cloni sperimentali (*Populus x euroamericana*), mentre un'analisi di un cantiere di utilizzazione forestale è stato effettuato in un ceduo mediterraneo in Toscana

1. Attività svolta

L'attività svolta ha previsto il rilievo dei principali parametri dendrometrici (diametro ed altezza) nei popolamenti di eucalitto (4 e 8 anni di età) e di cedro da sottoporre ad interventi selvicolturali, al fine di stabilire la massa utilizzabile per unità di superficie.

Nel ceduo quadriennale è stato inoltre registrato il peso totale e quello del materiale di risulta (ramaglia e cimale) di 93 polloni opportunamente distribuiti tra le frequenze diametriche: l'indagine è stata effettuata al fine di determinare la quantità, per unità di superficie, di materiale vendibile come legna da ardere e di quella del materiale di risulta da cippare. Il rilievo dei diametri, effettuato con cavalletto dendrometrico "Silvanus Type 1208", e delle altezze, registrate con il telemetro "Vertex", sono stati effettuati su intere file delle piantagioni per una superficie totale di 700 m² nel ceduo di eucalitto più giovane, di 1125 m² nel ceduo più vecchio e di 3600 m² nella piantagione di cedro. I pesi del fusto e del materiale di risulta del ceduo di eucalitto sono stati determinati con l'ausilio del dinamometro digitale "Kern hcb 200k500" con portata massima di

200 kg e tolleranza di 500 g. L'indagine svolta sul ceduo di eucalitto ha come scopo principale quello di una valorizzazione economica del "Medium Rotation Coppice" di eucalitto (turno di rotazione medio), che generalmente viene utilizzato per produzione di cippato. La legna da ardere di eucalitto, pur avendo un mercato ristretto, ed un prezzo di vendita molto più basso di quella ricavabile da specie quercine rappresenta una fonte energetica significativa nei contesti territoriali dell'Italia Centro-meridionale dove sono state realizzate estese piantagioni di questa specie a fini protettivi e produttivi nella seconda metà del secolo passato (circa 70-80.000 ha, secondo le stime dell'inventario forestale nazionale).

La costituzione del pioppeto, di circa 1 ha di superficie, effettuata in collaborazione con la task 5.1 nella primavera del 2017, ha previsto lo squadro sul terreno (sesto in quadro con interdistanza di 6 m) l'apertura di buche con trivella portata posteriormente al trattore e la piantumazione di astoni di 1 anno di età di cloni sperimentali. Subito dopo la piantumazione è stata effettuata un'irrigazione di soccorso. Il disegno sperimentale adottato è stato quello a blocchi randomizzati. Per determinare la quantità di biomassa residuale di altre specie, destinate alla produzione di legna da ardere, è stata inoltre seguita l'utilizzazione di un ceduo caratteristico della macchia mediterranea a prevalenza di leccio (*Quercus ilex* L.) con frammisto orniello (*Fraxinus ornus* L.), corbezzolo (*Arbutus unedo* L.) ed erica (*Erica arborea* L.) dell'età di 35 anni, ubicato a Castellina Marittima in provincia di Pisa. Il cantiere è stato seguito durante l'esbosco della legna da ardere, effettuata a soma con trattore. Sono stati rilevati i tempi delle varie fasi operative al fine di determinare la produttività dell'operazione in funzione della distanza di esbosco. Sono stati inoltre rilevati i tempi per la costituzione di fasci di legna con gabbia affastellatrice. All'interno di 4 aree di saggio della superficie unitaria di 25 m² è stata pesata la legna presente e i relativi residui, al fine di stabilire la percentuale di biomassa che viene lasciata in bosco. I rilievi proseguiranno nella prossima stagione silvana.



Particolare della fase di pesatura nel ceduo di eucalitto.



2. Risultati e deliverable

L'elaborazione dei dati sperimentali raccolti sui popolamenti oggetto di studio hanno portato ai seguenti risultati:

- a) Ceduo di eucalitto quadriennale (sesto in quadro interdistanza 2,5m, pendenza terreno media 20%)
Le ceppaie per unità di superficie risultano essere 1543, di cui 371 morte (24% del totale). La percentuale è elevata a causa di continui attacchi di *Phoracantha semipunctata*. Il numero medio di polloni per ceppaia è pari a 4,2 che corrisponde a 4943 polloni per ettaro. Il diametro medio risulta uguale a 6,4 cm, al quale corrisponde un'altezza media di 9,4 m. La variazione dell'altezza in funzione del diametro a 1,30m è espressa dalla seguente relazione: $H=1,7857+1,519*D-0,0507*D^2$ (n=30, $R^2= 0,707$). La relazione che esprime il peso totale della pianta in funzione del diametro è risultata $P=0,5513*D^{1,9615}$ (n= 93, $R^2 = 0,871$), mentre quella che esprime il peso della biomassa residuale, sempre in funzione del diametro della pianta, è : $P=0,2044*D^{1,7076}$ (n=93, $R^2= 0,576$). Adattando la relazione alle frequenze dei diametri per unità di superficie si ottiene una massa totale per ettaro di 114,2 t di cui 90,2 t da destinare a legna da ardere e 24 t di biomasse residuali, pari al 21% della biomassa totale. Nel calcolo della biomassa sono stati esclusi i polloni con diametro inferiore a 6 cm, dai quali la quantità di legna ricavabile risulta irrisoria. Il totale dei polloni non destinabile a legna da ardere è pari 1970 unità. Tale biomassa andrà a sommarsi alle 24 t di residui da destinare alla cippatura.
- b) Ceduo di eucalitto di 8 anni (sesto in quadro interdistanza 3x3, in piano)
Le ceppaie per ettaro risultano essere di 1111 di cui 284 morte (25,6%), anche in questo caso a seguito di attacchi di *Phoracantha semipunctata*. Il numero medio di polloni per ceppaia è pari a 4,6; quello per ettaro di 3822. Il diametro medio dei polloni è di 10 cm, a cui corrisponde un'altezza media del popolamento di 12,1 m. La curva ipsometrica è espressa dalla seguente relazione: $H= 4,608+0,8213*D-0,069*D^2$ (n=45, $R^2= 0,932$). Con l'ausilio di una tavola di cubatura a doppia entrata costruita da Ciancio per l'*E. camaldulensis* (Ciancio, 1972) e considerando la distribuzione diametrica è stata determinata la massa cormometrica per ettaro che è risultata di 249 t. Anche in questo caso non sono stati considerati i diametri inferiori a 6 cm. I polloni con diametro 2,3,4 e 5 assommano a 871 unità.
- c) Piantagione di Cedro (sesto in quadro con interdistanza di 3m pendenza 10%)
All'interno della piantagione sono stati rilevati i diametri e le altezze in 4 aree di saggio di forma quadrata con lato di 30 m, per un totale di 3600 m². Il diametro medio delle piante è risultato di 19 cm. La relazione esprime la variazione dell'altezza in funzione del diametro a 1,30m è: $H=3,5312+0,5174*D-0,0044*D^2$. Il volume delle piante è stato



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

calcolato con equazione riportata nell'inventario forestale nazionale (INFC 2011) relativa al larice, specie simile come portamento al cedro, di forma generale $V=b_0+b_1d^2h+b_2d$ (con valori dei coefficienti $b_0=-16.519$, $b_1=0.029979$, $b_2=3.1506$). Il volume medio della pianta è risultato di 0,185 mc. La provvigione ad ettaro, a densità colma, risulta di 205,5 m³.

d) Utilizzazione ceduo di specie quercine

Le pesate della legna e dei residui, effettuate all'interno delle aree di saggio hanno evidenziato che la biomassa residuale dell'utilizzazione del ceduo è del 28% sulla biomassa totale.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

L'attività è stata svolta secondo quanto pianificato. Si ritiene opportuno, considerata la situazione risultante dalle analisi degli impianti presi in esame per lo svolgimento delle utilizzazioni presso l'Azienda Ovile, di effettuare i lavori senza ricorrere alla commessa esterna prevista originariamente nel piano di attività. Ciò comporterà la necessità di una riallocazione della voce relativa (5.000 €) attraverso una variazione di bilancio verso spese di personale e consumo di carburante.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Al momento, non previste.

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Nel corso della realizzazione del pioppeto è stata realizzata una giornata dimostrativa con studenti dell'Istituto Tecnico Agrario "Aniene" di Roma.

E' in preparazione la presentazione di un Poster all'XI congresso SISEF, che si svolgerà a Roma dal 10 al 13 ottobre p.v., dal titolo: "Valorizzazione delle biomasse forestali residuali: primi risultati del progetto AGROENER".

6. Elenco pubblicazioni

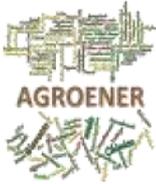
Esbosco di legna da ardere a soma con trattore: produttività di lavoro. Autori: Verani S., Pignatti G., Sperandio G. (sottomesso alla rivista forestale Sherwood).

Task n. 2.5: Recupero di residui lignocellulosici da gestione del verde urbano

Task leader: Marcello Biocca (CREA-IT)

Linea 1 di attività: Studio di cantieri rappresentativi

Referente: Marcello Biocca (CREA-IT), Giulio Sperandio (CREA-IT)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Linea 2 di attività: Caratterizzazione quali-quantitativa del materiale legnoso

Referente: Marcello Biocca (CREA-IT), Rita Aromolo (CREA-AA)

Abstract

Il lavoro ha preso avvio seguendo le previsioni di attività della scheda di progetto. Nell'indagine iniziale, volta all'approfondimento della letteratura e del panorama normativo, si è approfondito il quadro di riferimento relativo all'utilizzazione del sottoprodotto ligno-cellulosico proveniente dal verde urbano. Il mutato quadro normativo ha diretta conseguenza sul potenziale impiego di tale prodotto, con maggiori possibilità di utilizzo. Lo studio dei cantieri individuati dopo l'attivazione di canali di collaborazione con soggetti addetti alla gestione del verde urbano, ha confermato la peculiarità delle operazioni tipiche dell'ambito urbano. Si è constatato la difficoltà a categorizzare le svariate situazioni di lavoro e le conseguenti attività relative. Per questo motivo, si è deciso di allargare l'indagine, almeno nella fase iniziale del progetto, a numerose tipologie di intervento, includendo, ad esempio, anche gli interventi effettuati in tree-climbing, per i quali sono state contattate delle ditte specializzate. La prima elaborazione dei dati, relativa a lavori di abbattimento e potatura in ambito urbano, ha mostrato la forte incidenza dei tempi di lavoro di preparazione del cantiere e di avvicinamento agli alberi che, uniti ai tempi morti evitabili, hanno spesso raggiunto il 50% del tempo totale di lavoro. Queste misure hanno esplicitato l'importanza dell'organizzazione del cantiere, specialmente in fase di pianificazione dell'intervento.

1. Attività svolta

Approfondimento della letteratura tecnico-scientifica e del panorama normativo – contatti con ditte del settore – contatti con amministratori locali – individuazione dell'ambito territoriale – individuazione di cantieri posti nel territorio, relativi ad almeno due tipologie di interventi secondo diversi livelli di meccanizzazione.

La iniziale attività di ricerca bibliografica, naturale premessa del lavoro seguente, ha mostrato come lo specifico settore della nostra indagine veda pochi contributi provenienti dalla letteratura scientifica e tecnica nazionale ed internazionale. Mentre sono abbastanza numerose le pubblicazioni riguardanti la stima della produttività dei cantieri, dei tempi di lavoro e l'analisi tecnica delle operazioni relative alle piantagioni agroforestali, alle foreste e alle aree marginali e di recupero (margini fluviali, ecc.), sono rari gli approfondimenti che riguardano l'ambito urbano. Sono poi stati presi dei contatti con ditte specializzate nel verde urbano, al fine di individuare cantieri rappresentativi da poter studiare. Stante le risorse disponibili, si è cercato di individuare attività nel comune di Roma o comunque in zone facilmente raggiungibili. Le ditte contattate, che hanno mostrato interesse alla collaborazione sono state: Vivai Marcelli, Vivai Talenti, Ditta

Ecologica, Ecoflora. Sono in corso contatti con il comune di Roma, servizio giardini (Dott. Messina) e con alcuni tecnici privati.

Le attività di rilievo nei cantieri hanno riguardato:

- abbattimento e rimozione di esemplari di *Ulmus* sp.
- abbattimento e rimozione di un filare di *Ulmus* sp.
- contenimento della chioma di un *Populus* sp.
- contenimento delle chiome di *Platanus x acerifolia*

I rilievi sono consistiti nell'acquisizione, tramite tabella cronometrica, dei tempi di lavoro. La metodologia adottata per questa attività si rifà alla metodologia internazionale CIOSTA. Nello stesso tempo, le operazioni sono state videoriprese, sono state acquisite le necessarie informazioni riguardanti le attrezzature impiegate, la composizione delle squadre di lavoro e i dati dendrometrici basilari delle alberature oggetto degli interventi di gestione. Si è provveduto infine a stimare o a misurare la biomassa prodotta.

2. Risultati e deliverable

I *deliverable* sono relativi all'attività della linea 1 previsti al termine del terzo quadrimestre. La prima elaborazione dei dati acquisiti su alcuni dei cantieri, è stata finalizzata all'analisi dei tempi di lavoro e alla determinazione e della produttività.

In figura 1, si riporta sommariamente la divisione percentuale dei tempi relativi alle singole operazioni del cantiere 1, per il contenimento delle chiome di *Platanus x acerifolia*, in zona Acilia, Roma.

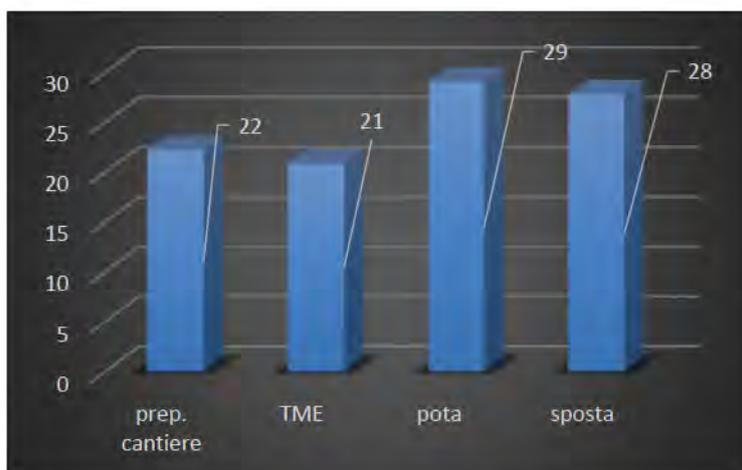


Figura 1: Ripartizione percentuale dei tempi operativi per il contenimento delle chiome (prep. cantiere = somma della preparazione del cantiere e dei successivi spostamenti sulle singole piante; TME=Tempi Morti Evitabili; pota = potatura; sposta = spostamento cestello).

In figura 2, si riporta la divisione percentuale dei tempi di lavoro per il cantiere 2, consistente nella rimozione di piante di *Ulmus* spp, in zona Cassia, Roma.

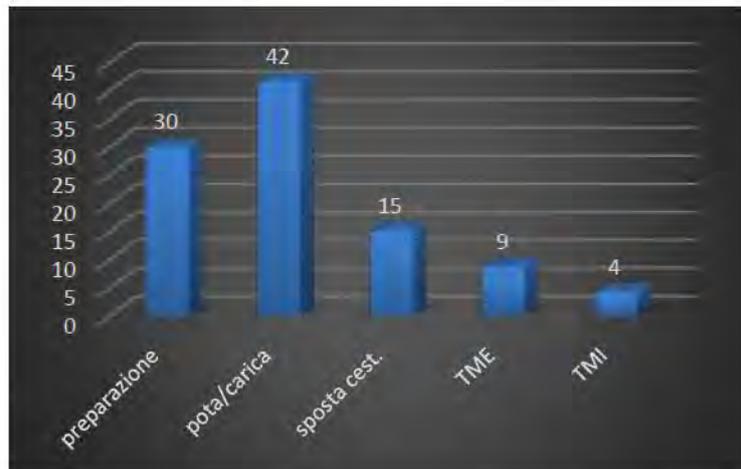


Figura 2: Ripartizione percentuale dei tempi operativi per la rimozione degli olmi (preparazione = somma della preparazione del cantiere e dei successivi spostamenti sulle singole piante; pota/carica = potatura e caricamento della biomassa; sposta cest. = spostamento cestello; TME = Tempi Morti Evitabili; TMI = Tempi Morti Inevitabili).

In base ai dati acquisiti si è stimata, tramite un'analisi economica analitica, la produttività dei cantieri espressa in termini di biomassa prodotta per ora di lavoro e il costo delle operazioni in termini di Euro a tonnellata di materiale prodotto.

Cantiere	Specie	Massa prodotta [kg]	Produttività [t h ⁻¹]	Costo [€ t ⁻¹]
1 Contenimento chiome	Platano	2093	1,6	63,6
2 Rimozione piante	Olmo	2000	1,3	123

Tabella 1: Risultati di produttività e costi dei cantieri.

I dati relativi agli altri cantieri sono tuttora in fase di elaborazione.

In dettaglio, in entrambi i casi descritti precedentemente, i tempi morti evitabili ed i tempi di avvicinamento pianta/ preparazione del cantiere sono molto elevati rispetto al tempo totale di lavoro. Le cause principali di questi valori sono da ricercare nella difficoltà di manovra dei mezzi e nel sovrapporsi di alcune operazioni che generavano attese. La prima criticità può migliorare,



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

quando possibile, con la scelta di mezzi di dimensioni minori, seppur sempre adatti alla capacità di carico necessaria. La seconda con una migliore programmazione del lavoro. Si ridurrebbero, così, le pause dovute all'attesa della fine dell'operazione precedente per il passaggio alla successiva e si supererebbero fasi di stallo causate dal giudicare il metodo più opportuno per il superamento di un ostacolo, in quanto già affrontato in fase preliminare. Razionalizzare il susseguirsi delle operazioni, ridurrebbe i tempi morti, aumentando così la produttività.

Lavorare in ambiente urbano ha evidenziato subito, già dai primi cantieri, le sue ben note peculiarità. Basti riflettere sul fatto che nel 95 % dei casi l'abbattimento classico della pianta intera è da escludersi, quindi ogni pianta, qualsiasi sia la metodologia di avvicinamento (cestello o fune), si abbatte sezionandola quando ancora in piedi.

Per quello che riguarda la lavorazione e l'assortimentazione generale del prodotto, un altro ostacolo è rappresentato dalle superfici, a volte minime e anguste, dove il cantiere si sviluppa, con la conseguente difficoltà a movimentare i mezzi di servizio, quali camion o furgoni muniti di cestello.

Altra criticità è ovviamente costituita dal traffico veicolare e pedonale, che genera tempi morti o improduttivi ingestibili al momento dalle persone addette al cantiere. Succede così che, un semaforo rosso, per esempio, diventa parametro paralizzante il lavoro e produce tempi morti maggiori di quelli effettivamente lavorati. Le abitazioni, inoltre, non facilitano il compito degli operatori durante la potatura. Le auto in sosta, quando non rimosse anticipatamente, sono spesso state un'altra causa di mancata produttività del cantiere.

La scelta dell'epoca di potatura è un altro fattore importantissimo per la realizzazione dei lavori. Oltre ad essere, infatti, spesso compromettente per lo stato di salute della pianta, quando realizzata in periodi sbagliati, diventa un parametro complicante per coloro che devono realizzarla. Nelle specie a foglia caduca è ovvia una minore difficoltà dei lavori se effettuati in fase di riposo vegetativo con chioma priva di foglie, rispetto a quando la pianta ha già i germogli avviati o sia in piena fase di fogliazione. Il peso del prodotto, inoltre, nel secondo caso aumenta in maniera importante.

Una attenta programmazione del lavoro, conseguente al sopralluogo dei siti, avrebbe reso più facile, per esempio, programmare orario e fasi di lavoro, che, invece, in più casi si sono sovrapposti generando tempi improduttivi.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Nella prima fase delle attività la problematica principale emersa è stata quella rappresentata dal rapporto di collaborazione con le ditte che effettuano i lavori oggetto dell'indagine. Tale problematica, peraltro attesa, è consistita nel ritardo degli interventi stabiliti e nella scarsa comunicazione riguardante la loro programmazione. Alcuni fattori oggettivi, tipici dei lavori effettuati in ambito urbano, contribuiscono a tale problematica. Tra questi si annoverano:



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPIAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

imprevedibilità delle condizioni meteo; ritardo nei permessi relativi agli interventi (potature, abbattimenti, occupazione suolo pubblico) da parte delle amministrazioni competenti; problematiche estemporanee dovute a difficoltà di lavoro e a difficoltà nella programmazione degli interventi.

Per rendere minimi gli impatti di tali problematiche sull'attività programmata, si prevede che in futuro si possa aumentare il numero delle collaborazioni, al fine di poter selezionare, di volta in volta, quelle che danno più affidamento e che garantiscano maggiore continuità nella collaborazione. In altre parole, si aumenterà il bacino delle collaborazioni, pervenendo alla fine ad una scelta ragionata dei cantieri da seguire.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Per ora non si prevedono sostanziali varianti al programma impostato, se non per il fatto che, come precedentemente illustrato, la collaborazione sarà estesa ad un numero maggiore di ditte di quelle previste. Inoltre, le attività riguarderanno un numero maggiore di tipologie di intervento, compresi le attività in *tree-climbing* e ciò a differenza di quanto programmato (ipotesi di due cantieri tipo da seguire in più riprese). Questa ipotesi di lavoro non dovrebbe inficiare la significatività dei risultati dal punto di vista statistico e dovrebbe sicuramente rafforzare il portato di conoscenze e di informazioni derivanti dallo studio in corso.

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Per adesso, non erano previste, né si sono realizzate, attività di formazione, divulgazione e disseminazione dirette all'esterno del gruppo di lavoro.

6. Elenco pubblicazioni

Per adesso, non erano previste, né si sono realizzate, pubblicazioni sull'argomento della Task.

Task 2.6: Potenzialità produttiva e servizi ambientali di colture da energia su suoli marginali

Task leader: Marcello Donatelli (CREA-AA)

Linea 1 di attività: Dataset

Referente: Edoardo Costantini (CREA-AA)

Linea 2 di attività: Strumenti software e di modellazione



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Referente: Marcello Donatelli (CREA-AA)

Linea 3 di attività: Simulazione di sistemi colturali per colture da bio-energia

Referente: Marcello Mastrorilli (CREA-AA)

Linea 4 di attività: Indicatori di servizi ambientali e di impatto

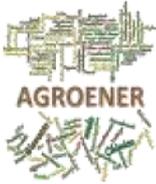
Referente: Marcello Donatelli (CREA-AA)

Abstract

Linea 1: sono stati reperiti i primi set di dati che consentiranno lo svolgimento delle simulazioni spazialmente distribuite per la stima della potenzialità produttiva di colture da energia su suoli marginali. In particolare sono stati definiti set di dati meteorologici a risoluzione spaziale di 0.25° e rappresentativi del clima attuale e futuro (scenario A1B dell'IPCC). E' stato inoltre definito un primo set di specie da simulare, comprendente: sorgo da biomassa, arundo, panico, miscanto, pioppo, barbabietola da zucchero e cardo. Per ognuna di tali colture sono stati reperiti valori di alcuni parametri colturali chiave che descrivono lo sviluppo fenologico e la crescita e che verranno utilizzati nelle successive fasi di calibrazione. Sono inoltre state definite le specifiche del dataset sulle proprietà dei suoli funzionali alle elaborazioni progettuali per le colture erbacee e forestali d'interesse.

Infine è stato impostato il framework metodologico per la valutazione della land suitability per varie colture bioenergetiche sulla base di un approccio multicriteriale legato alle peculiarità ecologiche (pedoclimatiche) delle varie specie. Contestualmente è stata avviata un'analisi spazialmente esplicita per la definizione dei terreni agricoli marginali sulla base della loro redditività (Valore Agricolo Medio), per definire la land availability per colture bioenergetiche. Grazie all'aggiunta di fattori limitanti per le colture bioenergetiche sono state quindi definite ed individuate 3 tipologie di terreni: sub-marginali, marginali e supra-marginali. Tale dato sarà dunque incrociato con quello di land suitability per valutare il potenziale di coltivazione di tali colture a scala nazionale.

Linea 2: le attività sono state focalizzate principalmente sullo sviluppo di soluzioni di modellazione (MS) per le colture di interesse. Lo sviluppo di tali soluzioni è stato eseguito mediante l'uso della piattaforma modellistica BioMA, correntemente in uso presso il JRC-MARS per le previsioni colturali. In particolare sono state realizzate due MS, basate rispettivamente sui modelli colturali CropSyst (per la simulazione di sorgo, panico e miscanto) e ArunGro (specifico per Arundo Donax). Allo stato attuale tali MS consentono rispettivamente la stima delle produzioni per livelli produttivi potenziale e limitato dalla disponibilità idrica. E' stato inoltre implementato nel sistema BioMA un



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

modello specifico per simulare l'accrescimento in condizioni potenziali di una Short Rotation Coppice (pioppo e salice). Le MS e i componenti sono implementati in linguaggio C# utilizzando la piattaforma Microsoft .NET, versione 4.5. É inoltre in corso lo sviluppo di un webservice che permetterà all'utente ed all'applicazione che gestisce le simulazioni territoriali (Bioma-Spatial) di accedere direttamente ai dati meteo disponibili da remoto (Linea1).

Linea 3: questa linea ha riguardato principalmente il reperimento di dati misurati utili alla calibrazione dei modelli colturali, a partire dai valori dei parametri di riferimento raccolti in letteratura o determinati in campo per via sperimentale. I set di dati che sono stati raccolti comprendono sia misure di crescita (e.g. valori biomassa aerea, indice di area fogliare), di sviluppo fenologico, che dati relativi al management (date di semina, applicazione di fertilizzanti, tecniche e volumi di irrigazione). Per ciascun set di dati sono stati raccolti anche i valori delle principali variabili meteorologiche da dare in input ai modelli. E' stata inoltre eseguita una prima serie di attività di calibrazione e validazione, applicando il modello AquaCrop (già presente nella piattaforma BioMA) contro dati sperimentali raccolti per sorgo da biomassa in località di Rutigliano e Trinitapoli. I risultati preliminari ottenuti hanno messo in luce un'elevata accuratezza del modello nel riprodurre gli andamenti stagionali di biomassa aerea e copertura fogliare. Risultati più contraddittori sono stati invece ottenuti per la simulazione del contenuto idrico volumetrico del suolo, dove per valori eccellenti degli indici di valutazione in termini di errore relativo (RRMSE) sono stati ottenuti talvolta bassi valori di efficienza di modellazione (EF).

1. Attività svolta

Di seguito sono delineate le attività svolte per ciascuna linea:

Linea 1:

Proprietà dei suoli: In seguito al coordinamento con le altre UUOO, in particolare la linea 2 del WP2 e CREA-FL, sono state definite le specifiche del dataset sulle proprietà dei suoli funzionali alle elaborazioni progettuali per le colture erbacee e forestali. Punti qualificanti dell'output richiesto sono la restituzione alla griglia a 500 m e l'attribuzione ad ogni punto della griglia di un profilo di suolo modale con le caratteristiche fisiche e chimiche richieste dai modelli. I parametri d'interesse, per ogni cella della griglia a copertura nazionale, sono:

- Classi granulometriche
- Sostanza organica
- Spessore

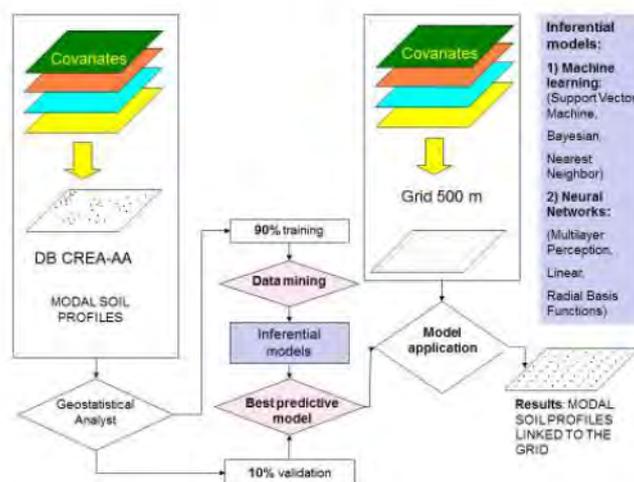
Le suddette informazioni saranno fornite per ognuno degli orizzonti del profilo (2-5 orizzonti A/B). I parametri idrologici verranno derivati da pedofunzione.

A tale fine è stata realizzata i) la raccolta e armonizzazione delle cartografie pedologiche regionali pubblicate in Italia a scala 1:250.000 e loro inserimento nel geodatabase nazionale; ii) la raccolta delle basi dati ausiliarie necessarie per le spazializzazioni.

Per quanto riguarda la raccolta e armonizzazione delle cartografie pedologiche al 250.000, sono stati uniti gli shapefiles prodotti dalle Regioni nell'ambito del progetto carta dei suoli d'Italia al 250.000. Dove presenti on-line sono stati recuperati i dati relativi alle tipologie di suolo presenti in ogni delimitazione (ricependo, quindi, l'informazione più aggiornata). Dove l'informazione non era presente on-line, ne è stata fatta richiesta alle Regioni; in alternativa sono stati inseriti manualmente i dati reperiti da pubblicazioni cartacee conservate al CREA-AA di Firenze.

Le banche dati geografiche (covariate) sono state raccolte e accodate come informazione ausiliaria sia alla griglia a 500 m, sia ai dati puntuali della banca dati pedologica nazionale.

Di seguito lo schema concettuale delle elaborazioni che verranno effettuate con i dati e le covariate raccolte.



Dati meteorologici: Il DB di dati meteo giornalieri è stato derivato dalla versione bias-corrected del dataset ENSEMBLES (Dosio e Parolo, 2012). Il DB contiene serie quindicennali di dati meteorologici centrate su 4 finestre temporali (2000, 2020, 2030 e 2050) e rappresentative dello scenario A1B dell'IPCC (che non prevede strategie di mitigazione per la riduzione delle emissioni di anidride carbonica). L'incertezza nelle stime effettuate dai modelli di circolazione globale è stata gestita utilizzando tre diverse combinazioni fra GCM e RCM. Il DB è spazializzato, ha una risoluzione di 25 km e copre l'intera Europa. Il DB (che include valori giornalieri di temperatura massima e minima e piovosità) è stato poi specificatamente post-processato per alimentare modelli di simulazione colturale, correggendo le inconsistenze nella stima della radiazione solare e introducendo stime giornaliere di vento, deficit della pressione di vapore dell'aria, umidità minima e massima, ed evapotraspirazione (Duveiller et al., 2015). IL DB è scaricabile previa registrazione al sito: <http://Mars.jrc.ec.europa.eu/Mars/About-us/AGRI4CAST/Data-distribution>.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Parametri biofisici: in questo ambito di attività è stato individuato un primo set di specie da simulare, comprendente: sorgo da biomassa, arundo, panico, miscanto e pioppo. Per ognuna di tali specie sono già stati collezionati i valori di alcuni parametri relativi a fenologia e crescita colturale da utilizzare nelle simulazioni a scala nazionale. In particolare per *Arundo donax* è già disponibile un intero set di parametri per il nord Italia, calibrato contro dati sperimentali raccolti ad Anzola dell'Emilia (Bologna) e Landriano (Pavia) nel periodo 2009-2013 (Stella et al., 2015). Per Miscanto, sorgo, panico e pioppo sono stati reperiti in letteratura valori di riferimento per le temperature cardinali di sviluppo e crescita (Cosentino et al., 2012). Per sorgo sono inoltre disponibili valori di riferimento di efficienza d'uso della radiazione (Ceotto et al., 2015), mentre per panico sono stati derivati valori di soglie gradi giorno per le condizioni del centro Italia. Parallelamente alla ricerca bibliografica sono disponibili datasets sperimentali per consentire la calibrazione dei parametri colturali a partire dai valori di riferimento (Arundo: CREA-AA Bologna, Miscanto: CREA-AA Bologna, Dipartimento Scienze Agrarie-UNIBO, Pioppo: CREA-PLF Casale Monferrato).

Land suitability: la valutazione della land suitability delle varie colture bioenergetiche è attualmente in corso tramite analisi multicriteriale (MCE- Multicriteria Evaluation Analysis) in ambiente GIS. I dati relativi alle peculiarità ecologiche delle diverse specie sono stati raccolti grazie alla consultazione di un panel di esperti, al fine di ricavare i parametri quantitativi utilizzabili nell'analisi. I parametri sono: pendenza, precipitazioni, temperature (minime invernali e medie), profondità e tessitura del suolo. Per ciascuna specie, sulla base dei pareri esperti, è stata predisposta una matrice di Saaty, riportante i parametri utili alla modellizzazione della land suitability. Trattandosi di un'analisi spazialmente esplicita, contestualmente sono stati predisposti gli strati informativi di base, nello specifico: 1) DEM (risoluzione 75m), da cui è stato ricavato lo strato relativo alla pendenza; 2) Dati meteo (precipitazioni e temperature), con risoluzione 250m da Blasi et al. (2007); dati pedologici, in corso di acquisizione, con risoluzione di 250m. Una volta completate le analisi, saranno prodotte mappe wall-to-wall a scala nazionale di land suitability (250 m di risoluzione), per ciascuna specie, ed espresse in termini adimensionali da 0 (non suitable) a 1 (maximum suitability).

Land availability: ottenute le mappe di land suitability, è necessario riuscire a stabilire dove sia possibile avviare la produzione. In linea con la normativa attuale a livello europeo e la recente bibliografia, tale valutazione è stata condotta su terreni agricoli che minimizzino la competizione con la produzione di cibo e la conservazione della biodiversità (ed altri servizi ecosistemici ad essa connessi). È stata dunque condotta un'analisi bibliografica per l'individuazione dei parametri di marginalità. In particolare si è fatto riferimento al concetto di marginalità economica (Shortall, 2013), come condizione predisponente al fenomeno dell'abbandono colturale e dunque in grado di definire condizioni in cui il passaggio a coltivazioni bioenergetiche può essere legata ad una



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

opportunità strategica per contrastare tale fenomeno. Come proxy di marginalità economica è stato utilizzato il VAM (valore agricolo medio), relativo alle diverse coltivazioni agrarie nelle diverse regioni agrarie d'Italia (rilasciato dall'Agenzia delle Entrate). I dati di VAM sono stati collegati alle diverse classi agricole del Corine Land Cover ed alle singole Regioni Agrarie al fine di ottenere una mappa nazionale dei VAM. Da tale mappa è stato possibile individuare 3 condizioni riferibili alla marginalità ed utilizzabilità dei terreni per colture bioenergetiche:

- Terreni sub-marginali: terreni agricoli non meccanizzabili (pendenza maggiore del 30%) e quindi non disponibili per colture bioenergetiche.
- Terreni supramarginali: terreni agricoli aventi un VAM superiore alla media regionale e/o su cui insistono Aree Protette (EUAP e Natura 2000), per cui non utilizzabili per colture bioenergetiche.
- Terreni marginali: terreni agricoli con un VAM inferiore alla media regionale e quindi potenzialmente utilizzabili per colture bioenergetiche.

All'interno di quest'ultima classe di terreni, è dunque possibile individuare diverse soglie di marginalità al fine di definire in maniera più precisa e dettagliata dove effettivamente più opportuno procedere con l'impianto di coltivazioni bioenergetiche in relazione alla land suitability precedentemente valutata.

Linea 2: In questo ambito le attività si sono concentrate soprattutto sull'implementazione di soluzioni di modellazione (MS) per le colture di interesse. Lo sviluppo delle MS è stato eseguito mediante l'uso della piattaforma modellistica BioMA (<https://en.wikipedia.org/wiki/BioMA>), correntemente in uso presso al JRC-MARS per le previsioni colturali a qualsiasi orizzonte temporale (<https://ec.europa.eu/jrc/en/mars>). All'interno di questo framework, il sistema colturale da simulare viene suddiviso in sotto compartimenti dominio specifici (suolo, coltura, ...), che vengono modellizzati singolarmente ed in modo indipendente in unità software chiamate *componenti*. Una MS rappresenta l'aggregazione delle componenti necessarie a rappresentare in modo esauriente l'ambiente fisico da modellare. In particolare le MS sono state sviluppate secondo lo schema generale di figura 1 e consentono di effettuare simulazioni a passo temporale giornaliero. Esse prevedono:

- i) una componente colturale che simula lo sviluppo e la crescita della pianta (ArunGro per arundo, Stella et al., 2015) Cropsyst (per panico, sorgo e miscanto, Stockle et al., 2003), ESRC (per pioppo, Facciotto et al., 2012)
- ii) un *weather provider* che renda disponibile al modello i dati meteo riportati in un file definito dall'utente;
- iii) una componente suolo che simuli le dinamiche dell'acqua nel suolo, fornisca l'acqua disponibile per l'assorbimento radicale, e tenga conto delle perdite evapotraspirative (UNIMI.SoilW, <http://agsys.cra-cin.it/tools/default.aspx>);

iv) una componente per la gestione delle pratiche colturali e la simulazione del loro impatto sul sistema colturale (CRA.AgroManagement, Donatelli et al., 2016).

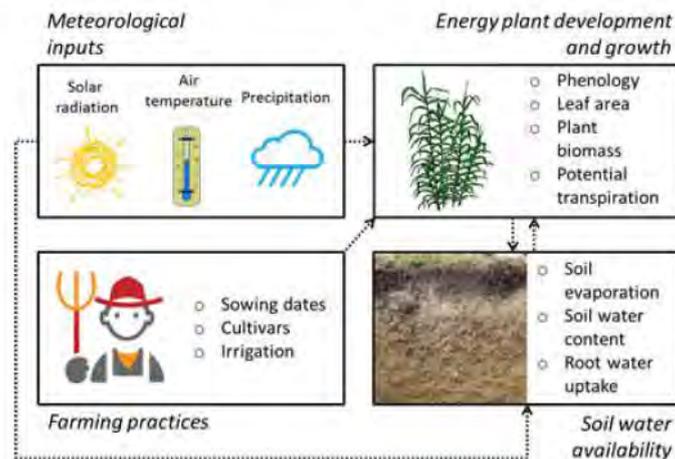


Figura 1: Schema della soluzione modellistica BioMA adottata per la simulazione di Arundo, formata da 4 componenti principali.

È inoltre in corso di sviluppo un webservice che permetterà

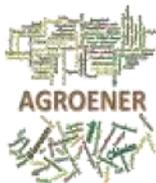
- i) all'utente, attraverso un'interfaccia, lo scarico diretto delle serie meteo disponibili che coprono l'intero territorio nazionale (risoluzione 25 x 25 km) e l'accesso ad alcune funzionalità legate alla visualizzazione delle statistiche sulle serie;
- ii) all'applicazione, che gestisce le simulazioni territoriali (Bioma-Spatial), un accesso remoto ai dati.

Linea 3:

All'interno di questa linea le attività si sono focalizzate su:

1. Reperimento di dati misurati per effettuare la calibrazione dei modelli da applicare sul territorio nazionale.

I set di dati a disposizione comprendono misure di accrescimento (e.g. biomassa aerea - AGB, indice di area fogliare -LAI, fenologia delle colture, dati relativi alla gestione agronomica delle stesse (date di semina, applicazione di fertilizzanti, tecniche e volumi di irrigazione, contenuto idrico del suolo - Wc).



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Di seguito sono riportati i datasets già raccolti, divisi per coltura e area geografica:

Coltura	Località	Variabili	Anni
Panico	Pisa	AGB, LAI, fenologia	3
Miscanto	Anzola	AGB, LAI, fenologia	1
Sorgo	Anzola	AGB, LAI, fenologia	3
Sorgo	Rutigliano	AGB, LAI, fenologia, Wc	2
Sorgo	Foggia	AGB, LAI, fenologia	2
Sorgo	Trinitapoli	AGB, LAI, fenologia, Wc	3
Barbabietola da z.	Trinitapoli	AGB, LAI, fenologia, Wc	2
Cardo	Rutigliano	AGB, LAI, fenologia	2
Arundo	Lecce	AGB, fenologia	2
Arundo	Anzola	AGB, LAI, fenologia	3
Pioppo	Casale Monferrato	AGB, LAI, fenologia	Pioppeti tradizionali e SRC
Pioppo	Rutigliano	AGB, LAI, fenologia	Pioppeti tradizionali e SRC

Per ciascuno degli anni di sperimentazione riportati in tabella sono altresì disponibili i dati meteorologici necessari in input ai modelli di simulazione per effettuare le calibrazioni.

2. Calibrazione e validazione di dataset sperimentali. In questa prima fase, la validazione e calibrazione dei dati sperimentali relativi al sorgo da biomassa è stata eseguita con il modello AquaCrop, in quanto è previsto come MS in BIOMA. Per la calibrazione sono stati considerati i dati sperimentali del sorgo da biomassa (ibrido Bulldozer) raccolti in località di Trinitapoli nella stagione 2014 e validati nella stessa località per le stagioni 2012 e 2013 e nella località di Rutigliano nelle stagioni 2013 e 2014.

2. Risultati e deliverable

Linea 2: La simulazione richiede anzitutto lo sviluppo ed il testing di componenti BioMA, che possono essere basati su simulatori generici (es: componente colturale CropSyst) o altamente specifici (componente colturale ArunGro specifica per Arundo Donax). Le componenti finora sviluppate sono:

- 1) componente CREA.ESRC: re-implementa in BioMA il modello ESRC (Facciotto et al., 2012) per la simulazione delle Short Rotation Coppice (pioppo e salice). L'attuale componente



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

permette il solo calcolo dell'accrescimento potenziale (senza limitazioni da carenza di azoto e acqua). Il calcolo della fenologia è basato sul concetto di somma termica, mentre per l'accrescimento viene adottato un approccio basato sull'efficienza dell'uso della radiazione. La ripartizione degli assimilati fra la biomassa ipo- ed epigea è determinata dinamicamente e si basa su un principio di resilienza. Il modello tiene conto della mortalità dovuta all'età dello stand e alla frequenza del taglio;

- 2) componente potenziale CREA.ArunGro: calcola l'accumulo giornaliero di biomassa come bilancio tra fotosintesi lorda e respirazione di crescita/mantenimento. Il modello implementa una descrizione dettagliata delle dinamiche dell'indice di area fogliare tenendo conto dell'eterogeneità che caratterizza il sistema a livello di singolo stelo o tra diverse coorti di steli. L'evoluzione della popolazione di steli è stimata sulla base di somme termiche, con l'emissione di nuovi steli modulata in funzione della biomassa del rizoma durante la fase di ricaccio. La versione originale (Stella et al., 2015) è stata modificata per simulare le operazioni annuali di taglio e il ricaccio della coltura, in modo da riprodurre in maniera più realistica il comportamento e la gestione di questa coltura poliennale.
- 3) componente WSU.CropSyst: CREA-AA collabora con la Washington State University nell'implementazione in BioMA dell'ultima versione della componente colturale CropSyst disponibile (primo release: Stockle et al., 2003), che prevede la simulazione delle produzioni in condizioni potenziali e limitate da deficit idrico e azotato. Lo sviluppo fenologico è guidato da somme termiche e può essere modulato da fotoperiodo e vernalizzazione. L'accrescimento giornaliero è determinato ogni giorno come minimo tra il tasso calcolato considerando l'efficienza dell'uso della radiazione e quello basato sull'efficienza della traspirazione. Il modello simula l'espansione fogliare e la senescenza. La resa viene ottenuta come frazione della biomassa aerea a maturità.

Come anticipato precedentemente, i componenti vengono successivamente legati fra loro a formare delle MS che rappresentino nel modo più esauriente possibile la realtà da simulare. Ad esempio, il legame di un componente colturale al componente suolo UNIMI.SoilW permette, di fatto, la creazione delle soluzioni limitate dallo stress idrico: ad ogni passo di simulazione, il componente colturale stima il tasso di traspirazione potenziale della coltura e, se il contenuto d'acqua nel suolo soddisfa le richieste, non si verifica stress idrico. In caso contrario, l'assorbimento radicale viene limitato al contenuto idrico disponibile nel suolo.

Le soluzioni di modellazione sviluppate sono le seguenti:

- i) WSU.CropSyst_MS: lega il componente colturale CropSyst al componente suolo UNIMI.SoilW. In questo caso particolare il componente suolo stima solo il contenuto idrico dei diversi strati ma è il componente colturale a calcolare l'uptake della pianta;
- ii) CREA.ArunGro_MS: lega il componente colturale ArunGro a SoilW.

Entrambe utilizzano la libreria CRA.Agromanagement per riprodurre la gestione delle pratiche colturali ed il loro impatto sul sistema, ed alcuni provider di default che gestiscono la lettura dei dati meteo, del suolo e delle pratiche agricole impostate.

In Figura 2 sono riportati ad esempio alcuni risultati preliminari ottenuti durante la fase di test e relativi alle MS

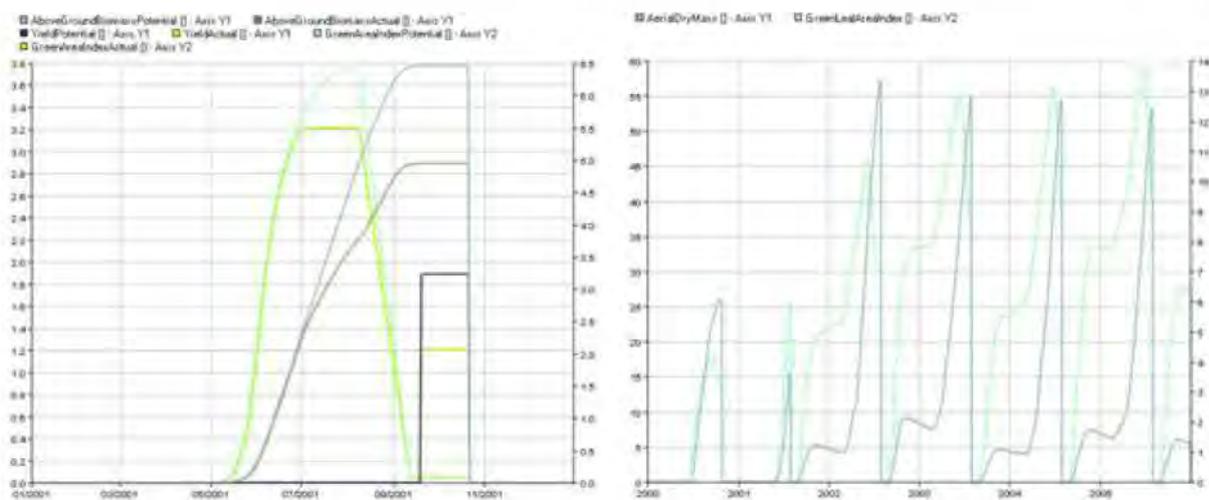


Figura 2: A sinistra: biomassa aerea, resa e indice di area fogliare per un ciclo annuale di mais stimato dalle versioni potenziale, e limitata da stress idrico della WSU.CropSyst_MS, coltivato in terreno argilloso nel Nord Italia. A destra: biomassa aerea e indice fogliare per un ciclo sessennale di Arundo simulato da WS.ArunGro_MS in un terreno argilloso del nord Italia

Le MS e i componenti sono implementati in linguaggio C# utilizzando la piattaforma Microsoft NET, versione 4.5.

Linea 3:

Database colturali

Il DB è stato realizzato per alcune colture energetiche previste nel progetto. In particolare sono stati reperiti tutti i dati sperimentali delle seguenti colture energetiche:

- Sorgo da biomassa coltivato in 3 località pugliesi: Rutigliano, Trinitapoli e Foggia. Il DB riguardano l'ibrido Bulldozer coltivato a Rutigliano nelle stagioni 2013 e 2014, realizzando un dispositivo sperimentale con trattamenti irrigui (condizioni idriche ottimali e con regime irriguo deficitario: 50% del volume ottimale nel 2013, 0% dalla fine della levata alla raccolta nel 2014). Per ogni stagione e trattamento, il DB comprende: dati agrometeorologici (T° e umidità dell'aria, radiazione solare, velocità del vento), dati pedologici (granulometria, profondità e costanti idrologiche), misure di accrescimento (biomassa aerea, LAI, fenologia), produzione finale, agromanagement (fertilizzazione, date e volumi irrigui, date



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

di semina e raccolta, soil water content misurato a scala giornaliera). Il DB del sorgo da biomassa (Bulldozer) coltivato a Trinitapoli comprende tutti i dati sopra elencati delle stagioni 2012, 2013, 2014, in condizioni irrigue ottimali. Il DB del sorgo coltivato a Foggia comprende dati sperimentali di 2 stagioni (2010 e 2011) con trattamenti relativi alla tecnica di lavorazione (minimum tillage e no tillage) e due livelli di fertilizzazione (N75 e N150).

- Barbabietola da zucchero coltivata in 2 località pugliesi: Trinitapoli e Foggia. Il DB della barbabietola coltivata a Trinitapoli nelle stagioni 2013 e 2014, comprende dati agrometeorologici, pedologici, accrescimento e di agromanagement con trattamenti irrigui (condizioni idriche ottimali e con regime irriguo deficitario: 50% del volume ottimale). Il DB della barbabietola a Foggia comprende dati sperimentali di 2 stagioni (2010 e 2011) con trattamenti relativi alla tecnica di lavorazione (minimum tillage e no tillage) e due livelli di fertilizzazione (N75 e N150).
- Cardo coltivato a Rutigliano, nelle stagioni 2010, 2011 e 2012. Il DB comprende dati agrometeorologici, pedologici, accrescimento (LAI, biomassa aerea, fenologia), agromanagement e evapotraspirazione (misurati con la tecnica eddy covariance).
- Pioppo coltivato a Rutigliano dal 2009. Il DB è in continuo aggiornamento con dati di agromanagement e di resa a cicli di 2 o 4 anni

Calibrazione e validazione

La calibrazione è stata eseguita sul database del sorgo da biomassa in località di Rutigliano e Trinitapoli con i seguenti dati:

- input climatici, riguardano la evapotraspirazione giornaliera di riferimento (ET_o), calcolata secondo la metodologia FAO-56 (Allen et al., 1998), temperatura dell'aria e pioggia, raccolti da una stazione agro-meteorologica standard, vicino ai campi sperimentali,
- sviluppo delle colture, espresso come gradi giorno (GDD) in ogni fase fenologica.
- canopy cover (CC) è stata ottenuta usando il modello di Ritchie (Belmans et al., 1983; Ritchie et al., 1985) dalla seguente equazione:

$$CC = 1 - \exp(-K \cdot LAI)$$

dove LAI è l'indice di area fogliare misurato e K è il coefficiente di estinzione, che è stato assunto 0,65 per il sorgo (Ceotto et al., 2009)

- input del suolo: saturazione, capacità idrica di campo, punto di appassimento e profondità del terreno.

La figura 3 mostra una buona corrispondenza tra dati osservati e simulati di CC, confermati dagli indici statistici EF = 0.94, RRMSE=9,6% e r²= 0.95

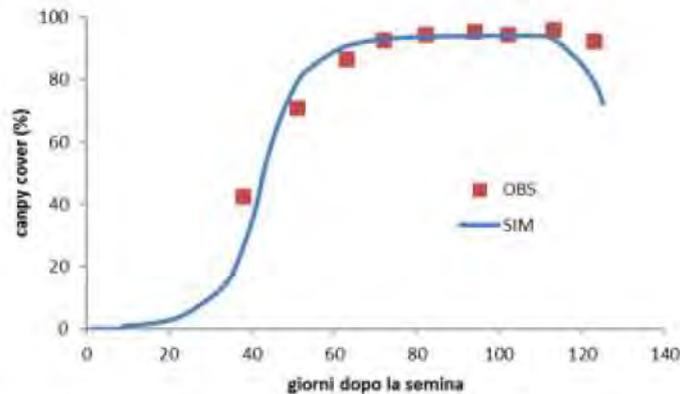


Figura 3: Canopy cover osservata (OBS) e simulata (SIM) durante la stagione 2014 per il sorgo da biomassa (Bulldozer) coltivato in località Trinitapoli

La validazione è stata eseguita confrontando i valori osservati (OBS) della

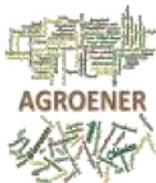
- ABG e LAI, misurate periodicamente
- contenuto idrico del suolo (Wc) misurato giornalmente attraverso sensori capacitivi installati a diverse profondità e quelli simulati (OBS) con il modello AquaCrop.

Gli indici statistici utilizzati sono stati efficienza della modellazione (EF), relative root mean square error (RRMSE) e quadrato del coefficiente di correlazione di Pearson (r^2).

Gli indici statistici riportati in tabella dimostrano le buone le performance del modello AquaCrop nel riprodurre i valori di AGB e CC nelle diverse condizioni irrigue, mentre alcuni valori ottenuti per il Wc si dimostrano contraddittori. E' questo ad esempio il caso di Trinitapoli dove a valori bassi di EF corrispondono valori eccellenti di RRMSE. Per ovviare questa contraddizione sarà aggiunto un indice multi aggregato ottenuto tramite metodologia fuzzy logic.

Tabella 1: efficienza della modellazione (EF), relative root mean square error (RRMSE) e quadrato del coefficiente di correlazione di Pearson (r^2) ottenuti dal confronto tra dati osservati e simulati.

year	site	Treatment	variable	EF	RRMSE	r^2
2013	Rut	IRR	AGB	0.98	12.9	0.98
2013	Rut	IRR	WC	0.66	6.0	0.76
2013	Rut	IRR	CC	0.87	9.0	0.99
2013	Rut	STR	AGB	0.84	28.9	0.91
2013	Rut	STR	WC	0.73	7.6	0.78
2013	Rut	STR	CC	0.91	13.1	0.97
2014	Rut	IRR	AGB	0.96	17.9	0.98
2014	Rut	IRR	WC	0.67	5.2	0.69
2014	Rut	IRR	CC	0.91	13.1	0.97
2014	Rut	STR	AGB	0.95	18.2	0.97



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

2014	Rut	STR	WC	0.89	5.5	0.92
2014	Rut	STR	CC	0.89	13.2	0.98
2012	Trin	IRR	AGB	0.89	26.2	0.96
2012	Trin	IRR	WC	-0.05	2.8	0.55
2012	Trin	IRR	CC	0.78	19.6	0.95
2013	Trin	IRR	AGB	0.87	28.8	0.9
2013	Trin	IRR	WC	-0.21	2.2	0.55
2013	Trin	IRR	CC	0.62	19.4	0.83

Le altre colture studiate nel progetto saranno simulate con i tradizionali simulatori generici come CropSyst e Wofost e nel caso dell'Arundo attraverso ArunGrow.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Nessuna difficoltà è stata incontrata nello svolgimento delle attività previste dalle quattro linee per il primo anno

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

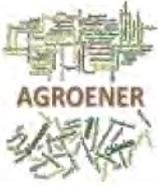
CREA-AA (sede di Bologna) in collaborazione con l'Università di Bologna ed i partner del progetto europeo BE-COOL (2017-2021) sta affrontando lo sviluppo e la parametrizzazione di componenti e soluzioni modellistiche per la simulazione di rotazioni colturali che prevedano l'utilizzo di colture intercalari promettenti in termini di produzione di biomassa. Queste includono sorgo da biomassa ma anche l'emergente *Crotalaria juncea*. Per tale scopo è stata predisposta una prova sperimentale ad hoc per la stagione 2017 che prevedrà campionamenti per le seguenti variabili:

- numero di inserzioni fogliari,
- altezza,
- peso secco di biomassa aerea totale,
- indice di area fogliare,
- approfondimento radicale.

Rilievi accessori saranno mirati a determinare numero, larghezza e lunghezza delle foglie.

Per la modellizzazione della crescita e dello sviluppo della coltura è stato ipotizzato, in prima istanza, un adattamento del modello Arungro, specifico per arundo. In caso i risultati preliminari ottenuti non fossero soddisfacenti, verrà valutata la possibilità di simulare la coltura con il modello generico CropSyst.

CREA-AA (sede di Bari) sta approfondendo la parametrizzazione di componenti e soluzioni modellistiche per il sorgo da biomassa e la barbabietola da zucchero in condizioni di stress idrico. Per tale scopo è stata predisposta una prova sperimentale ad hoc per la stagione 2017 che prevedrà campionamenti per le diverse variabili (altezza, peso secco di biomassa aerea, LAI, soil



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

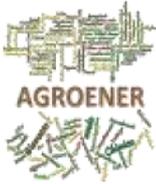
MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

water content). Rilievi accessori saranno mirati a determinare numero, larghezza e lunghezza delle foglie.

Contemporaneamente si predisporranno i "tagli" alle SRC previsti nei dispositivi sperimentali a Rutigliano.

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

6. Elenco pubblicazioni



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

WP 3: Produzione di biogas negli allevamenti

WP leader: BUTTAZZONI Luca (CREA-ZA)

Il WP3 affronta il tema della produzione sostenibile di biogas da tre punti di vista:

- L'ottimizzazione della fermentazione di reflui zootecnici e sottoprodotti agricoli e della trasformazione casearia, soprattutto mediante processi bi-stadio tesi a distinguere da un lato idrolisi ed acidogenesi e dall'altro acetogenesi e metanogenesi;
- Gli aspetti gestionali, meccanici ed impiantistici dei digestori anaerobici, con particolare ai digestori bi-fase e bi-stadio;
- Lo studio e la valorizzazione del digestato come ammendante e fertilizzante dei suoli.

Il WP è articolato in sei task, quattro dei quali si occupano sotto diversi profili della digestione anaerobica di sottoprodotti, dell'ottimizzazione della loro digestione, della progettazione dei digestori e della loro gestione, mentre le altre due si occupano dell'impatto e l'uso agronomico del digestato sui suoli agrari.

Le attività delle diverse task sono articolate in:

- Indagini di laboratorio per l'approfondimento delle conoscenze dei possibili substrati per la digestione anaerobica e l'ottimizzazione o il miglioramento della produzione di biogas. Le indagini riguardano la caratterizzazione chimico fisica delle biomasse residuali, la determinazione del loro potenziale metanigeno, lo studio delle popolazioni microbiche coinvolte sia al fine di migliorare le conoscenze del processo sia al fine di selezionare inoculi per l'avviamento o il restauro di buone condizioni per il processo di digestione anaerobica, l'ottimizzazione a scala di laboratorio dei parametri che influiscono sull'andamento del processo di digestione anaerobica e sulla sopravvivenza e moltiplicazione delle specie microbiche responsabili del processo (Task 3.1, 3.2, 3.6).
- Sviluppo in scala prototipale con progettazione e realizzazione di impianti di digestione anaerobica a due stadi e produzione in continuo di adeguate quantità di inoculi per digestori anaerobici (task 3.3, 3.2).
- Validazione a livello di impianto dei risultati ottenuti dalle indagini di laboratorio (3.1, 3.2, 3.3, 3.6). In tal senso potrà essere usato anche il prototipo di cui al task 3.3.
- Indagini di laboratorio per la caratterizzazione di taluni digestati per le loro capacità ammendanti, concimanti, biocidi o biostimolanti nei terreni, con studi degli effetti su colture in vaso e sulle popolazioni microbiche del terreno (task 3.4, 3.5, 3.6).

Tutte le task hanno iniziato le attività previste, e sono stati raggiunti i deliverables previsti. Si è registrato qualche ritardo, puntualmente motivato e pienamente recuperabile.

Risultano iniziate, ed in alcuni casi molto avanzate, le attività di caratterizzazione chimico fisica sia delle biomasse oggetto di studio sia dei digestati che saranno impiegati nelle prove di coltura in vaso ed in microcosmo (task 3.1, 3.4, 3.5,3.6);



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Sono state effettuate le prime prove in laboratorio di co-digestione di diverse biomasse, di determinazione di biopotenziali metanigeni, e di formulazione di razioni di alimentazione di digestori con biomasse residuali (task 3.1, 3.2, 3.6);

Sono state avviate le prime indagini per la caratterizzazione delle popolazioni microbiche presenti negli inoculi per l'avvio del processo di digestione anaerobica (task 3.2).

Le attività di progettazione degli impianti sono ancora in fase di inizio, ma si nota che in entrambi i casi si è pensato ad uno scaling up delle dimensioni originariamente pensate (task 3.2, 3.3); sono stati anche effettuati prelievi di terreno e di digestato per le prime prove di coltura in vaso, al cui allestimento sarà dato corso a breve.

Di seguito si riporta una tabella con lo stato di avanzamento di ogni attività del task.

Pubblicazioni

Trattandosi di attività iniziali e il più delle volte propedeutiche allo svolgimento di altre più complete non sono state ancora effettuate pubblicazioni sulle prove svolte.

Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Presentazione "Sviluppo della filiera del biogas" tenuta a Sora (FR) presso la "Fiera Nazionale Agricoltura e Ambiente" l'11.03.2017 (Luca Buttazzoni, WP Leader)

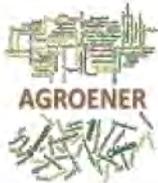
Divulgazione: Lezione "Use of agricultural waste to produce biogas and green energy" tenuta al "3rd IBF Training Course on Buffalo Management and Industry", svoltosi a Roma dal 9 al 19 maggio 2017 presso la sede del CREA-ZA di Monterotondo. (Antonella Chiariotti task 3.1)

formazione: Un tesista è stato inserito sulla attività della task 3.4, linea 2 di AGROENER per un tesi di laurea magistrale. Relatore Prof. Monti. del Dipartimento Scienze e Tecnologie Agrarie dell'Università di Bologna. La tesi dovrebbe essere discussa nel 2018, massimo 2019. Il tesista risiede in nella provincia di Bolzano e sta svolgendo la tesi in parte all'Istituto di sperimentazione e ricerca in agricoltura di Laimburg e in parte presso il CREA- AA di Bologna. (Task 3.4)

Partecipazione a un ring test internazionale, promosso dal Prof. Holliger dell' EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne) con l'obiettivo della standardizzazione dei test di biometanazione. Al ring test sono stati invitati a partecipare 32 diversi laboratori tra enti pubblici di ricerca e università, nonché 5 società private operanti nel settore del biogas. I risultati sono attualmente in corso di elaborazione. (Rosa Marchetti task 3.2)

Conclusioni

Già dalle attività del primo anno si stanno raccogliendo dati sulle caratteristiche chimico-fisiche di un significativo numero di biomasse residuali atte all'impiego per la produzione di biogas, oltre che di diverse tipologie di digestati.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

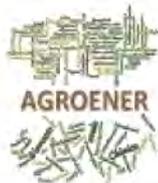
MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Risulta sempre più evidente come lo “spacchettamento” del processo di digestione anaerobica nei suoi numerosi e diversificati passaggi, proposto ed attuato nei laboratori ed impianti pilota ai fini di un miglioramento delle conoscenze e delle produzioni di biogas porti ad inquadrare la digestione anaerobica sotto l’ottica di una vera e propria bioraffineria, i cui prodotti e sotto prodotti (CH₄, H₂, Acidi Grassi Volatili, digestato) possono essere ottenuti in diversa quantità, modificando opportunamente i parametri di processo, ed utilizzati direttamente o come materie prime in altre attività. Infine l’utilizzazione agronomica del digestato di origine agricola, zootecnica ed agroindustriale costituisce un ottimo e virtuoso esempio di economia circolare e insieme di protezione ambientale (carbon sink) per il suo effetto di aumento della sostanza organica nel terreno agrario.

Stato di avanzamento dei lavori delle singole task del WP 3

Quadro Sinottico

Task		Task leader	Linee di attività		iniziate		
3.1	Recupero di sottoprodotti agroindustriali per processi di valorizzazione energetica	Antonella Chiariotti	1	Caratterizzazione chimico-fisica dei substrati e di alcuni parametri di processo	X		
			2	Studio delle combinazioni diverse di substrati (i.e. liquame, sottoprodotti caseari, lignocelulosici) per ottimizzare l’efficienza energetica dell’intero processo e massimizzare le produzioni di gas	X		
			3	Analisi delle strutture e variazioni delle popolazioni microbiche durante le fermentazioni attraverso tecniche molecolari			
			4	Studio dell’espressione genica di enzimi attivi nelle varie fasi del processo fermentativo mediante qPCR			
			5	Caratterizzazione quali-quantitativa del biogas prodotto	X		
			6	Verifica dei risultati sull’impianto pilota attraverso gli stessi test chimici, microbiologici e molecolari previsti nei campioni di laboratorio			
3.2	Produzione d’inoculi per digestori anaerobici	Rosa Marchetti	1	Prove di ottimizzazione delle condizioni di processo in condizioni controllate	X		
			2	Progettazione del prototipo per la produzione di inoculi microbici misti			
			3	Realizzazione del prototipo per la produzione di inoculi microbici			



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

				misti			
			4	Collaudo, avvio e produzione di inoculi, definizione della qualità degli inoculi			
			5	Verifica dei risultati, eventuali adeguamenti			
			6	Tecniche di manipolazione, confezionamento e stabilizzazione per la conservazione e la commercializzazione di inoculi			
3.3	Nuovo prototipo di digestore a due stadi	Serafino Concetti	1	realizzazione di un prototipo di digestore bi-stadio e bi-fase ad elevato grado di automazione nella regolazione dei parametri di processo	X		
			2	ottimizzazione del processo di digestione anaerobica, mediante verifica delle indicazioni provenienti dalle attività previste nella task 3.1 e valutazioni dei prodotti ottenibili dal funzionamento a regime dell'impianto			
3.4	Impatto dei biodigestati sulle comunità microbiche sei suoli agrari	Maria Luisa Manici	1	Valutazione dell'impatto di digestati da impianti di biogas alimentati con colture da energia, su suoli agrari a colture estensive in 2 diversi agro-ambienti del nord Italia.	X		
			2	Valutazione dell'impatto di digestati da impianto di residui urbani nell'ambito di un programma di rilancio della produzione locale di fragola nella provincia di Bolzano	X		
			3	Potenziamento dell'impiego dei digestati da biomasse vegetali come ammendanti in conversione e gestione a biologico			
3.5	Valutazione dell'efficacia agronomica dei digestati anaerobici e loro valorizzazione per l'uso agricolo	Anna Benedetti	1	Individuazione dei campioni e caratterizzazione chimico-fisica	X		
			2	Prove in microcosmo ed in vaso			
			3	Individuazione di proprietà biostimolanti nei biodigestati			
3.6	Utilizzo del pastazzo di agrumi e di altre biomasse residuali tipiche mediterranee come matrici	Simona Fabroni	1	sviluppo dei mix in <i>feed</i> all'impianto; analisi in laboratorio delle materie prime in ingresso al processo di fermentazione anaerobica e delle varie frazioni	X		

	alternative per la produzione di biogas			del digestato prodotto				
				2	prove di fermentazione anaerobica di diverse miscele di biomasse residuali tipiche mediterranee (pastazzo, sansa, cladodi di <i>Opuntia</i> , reflui zootecnici, residui vegetali o secondi raccolti e semidigestati fungenti da inoculo); prove di distribuzione meccanica in agrumeti del digestato			
				3	prove, prima in laboratorio, poi su un impianto pilota, per la formulazione di concimi organo-minerali con microelementi a partire dalla frazione fluida del digestato			
				4	prove agronomiche per la valutazione delle proprietà fertilizzanti e dell'eventuale fitotossicità del digestato in contenitore su piante di agrumi ornamentali o su portinnesto			
				5	analisi preliminare delle normative vigenti, nazionali e regionali sull'impiego del digestato come ammendante in agricoltura; valutazione economica relativa alla disponibilità a pagare per impiegare, in sostituzione degli ammendanti convenzionali, quello derivante dal processo di digestione anaerobica			

Stato di avanzamento dei lavori delle singole task del WP 3

Breve sintesi dei singoli Task del WP 3

Task 3.1: Antonella Chiariotti

Recupero di sottoprodotti agroindustriali per processi di valorizzazione energetica

Sono state effettuate analisi preliminari sulle caratteristiche chimico-fisiche standard dei substrati. E' stata iniziata una prova di produzione di biogas in semi-continuo dove, come substrati in codigestione, sono stati usati liquame e scotta (60:40% v/v) sia freschi che sterilizzati. Inoltre su metà delle tesi è stata aggiunta paglia per verificare le differenze nella capacità idrolitica dei consorzi microbici usati. Come inoculo è stato impiegato ruminante bovino, ruminante bufalino e liquame maturato per 4 settimane al 15% v/v. La dark fermentation è stata condotta in condizioni di mesofilia (39 °C).



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

La percentuale di H₂ prodotto si è aggirata al massimo intorno al 30% con inoculo liquame e rumine bufalino. Nelle tesi con paglia la produzione è stata più alta ed è durata più a lungo. L'inoculo di bovino ha dato percentuali di idrogeno più basse.

Task n. 3.2: Rosa Marchetti

Produzione d'inoculi per digestori anaerobici

Sono stati utilizzati inoculi prodotti presso la sede di Modena del CREA-ZA in impianto pilota, con metodo predefinito. L'attività ha riguardato: 1) Caratterizzazione delle popolazioni microbiche degli inoculi; 2) Confronto con inoculi di riferimento su substrati a diversa complessità; 3) Effetto della quantità d'inoculo sulle prestazioni dell'inoculo stesso; 4) Analisi preliminare di *scaling* per la produzione a livello industriale di starter per biogas.

Gli inoculi risultano costituiti in prevalenza da batteri anaerobici e, in piccola parte, da Archaea metanigeni. La qualità degli inoculi sperimentali è stata in genere pari o superiore a quella degli inoculi di riferimento, con differenze in relazione al substrato da digerire. Gli inoculi sperimentali sono adatti sia per la produzione di metano che per la produzione d'idrogeno, a seconda del tipo di substrato nel digestore e della carica microbica utilizzata per l'inoculo. L'analisi di *scaling* ha riguardato la pianificazione temporale della produzione e le dimensioni più appropriate dei reattori, in relazione all'uso dell'inoculo.

Task 3.3: Serafino Concetti

Nuovo prototipo di digestore a due stadi

La task prevede l'allestimento e la messa in funzione, attraverso la revisione e ricostruzione di un prototipo già realizzato nell'ambito del progetto SOSZOOT-MAREA finanziato dal MIPAAF, di un impianto prototipale ad elevato grado di automazione costituito da due reattori CSTR posti in serie, con ampia flessibilità dei parametri di processo, in grado di produrre sia biogas contenente H₂, sia biogas contenente CH₄, grazie alla co-digestione di una miscela di scarti caseari (scotta) e reflui zootecnici ed eventualmente di altre matrici. È stata condotta un'analisi critica del pre-esistente impianto MAREA e delle sue prestazioni al fine di realizzare un nuovo prototipo individuando le tecnologie, le apparecchiature, le componenti ed i materiali necessari. Il nuovo prototipo sarà 5-10 volte più grande e inoltre i reattori non opereranno in depressione, ma in minima sovrappressione, per consentire il deflusso dei biogas svolti. Esso funzionerà sia in modalità mono-stadio che bi-stadio, con alimentazione e scarico quasi continui. Il sistema di automazione sarà in grado di acquisire e registrare i dati di processo, e l'impianto sarà controllato anche in remoto tramite modulo GSM ed un'interfaccia web.

Task 3.4: Maria Luisa Manici

Impatto dei biodigestati sulle comunità microbiche sui suoli agrari



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Sono stati scelti 3 impianti di biogas in tre province della Pianura Padana (Cremona, Modena e Forlì-Cesena). La scelta si è basata sulla dimensione produttiva degli impianti di biogas e l'estensione relativa delle colture da energia nella zone di riferimento, oltre alla disponibilità di campi sperimentali adeguati in cui i digestati vengono periodicamente smaltiti. Sono stati svolti prelievi di suolo per le programmate prove di accrescimento in vaso. Per la linea di ricerca 2 è in corso il primo anno dell'attività che prevede una serie di test in vaso su suoli originali per la individuazione delle componenti microbiche responsabili del declino della fragola in val Martello. Lo scopo di questa fase è identificare i patogeni o le componenti biologiche coinvolte nel declino della fragola e orientare adeguatamente le prove di ammendamento con digestati in pieno campo che verranno allestite in 2 campi nel marzo 2018

Task 3.5: Anna Benedetti

Valutazione dell'efficacia agronomica dei digestati anaerobici e loro valorizzazione per l'uso agricolo

Il primo semestre è stato speso ad esaminare la letteratura scientifica per raccogliere dati utili alla valutazione dell'efficienza agronomica dei digestati e loro valorizzazione per l'uso agricolo. Sono stati inoltre individuati i digestati da caratterizzare e si è iniziata la loro analisi chimico-fisica.

Task 3.6: Simona Fabroni

Utilizzo del pastazzo di agrumi e di altre biomasse residuali tipiche mediterranee come matrici alternative per la produzione di biogas

L'attività svolta ha previsto la caratterizzazione di biomasse residuali, scarti e sottoprodotti delle principali filiere agricole e agroalimentari mediterranee da destinare alla produzione di biogas. In particolare sono state caratterizzate le seguenti matrici: insilato di sorgo, opuntia trinciata fresca, sansa a due fasi denocciolata, pollina e siero. Inoltre, 9 campioni di pastazzo di agrumi provenienti da altrettanti batch di trasformazione sono stati caratterizzati. In seguito al report elaborato, la società agricola AB Group con sede in Vittoria (RG) ha stabilito il mix da impiegare quale substrato per l'impianto in loro possesso per una prova di fermentazione anaerobica da cui è stato ottenuto il digestato da impiegare per le attività delle linee di ricerca 3 e 4. A causa dei ritardi nell'approvazione della richiesta di spostamento fondi all'interno della voce di costo 'spese per attività esterna', la convenzione con il Di3A dell'Università di Catania è stata siglata solo in data 07/06/2017. Conseguentemente, tale attività è ancora in fase di avviamento ma sono stati già stabiliti i primi contatti informali con il laboratorio del Centro Ricerche Produzioni Animali (C.R.P.A.) S.p.A. di Reggio Emilia presso il quale si intendono effettuare le prove di digestione anaerobica in continuo a partire dal mese di settembre c.a.

Si presenta, di seguito, il dettaglio delle attività svolte.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Task 3.1: Recupero di sottoprodotti agroindustriali per processi di valorizzazione energetica

Task leader: Antonella Chiariotti (CREA-ZA)

Abstract

Dopo aver aggiornato la bibliografia agli articoli più recenti riguardanti gli argomenti del progetto, si sono scelti e verificati alcuni protocolli operativi. Si è curato l'acquisto, l'installazione ed il collaudo delle apparecchiature finanziate e si è verificato il funzionamento di quelle esistenti.

Sono state effettuate analisi preliminari sulle caratteristiche chimico-fisiche standard dei substrati. E' stata iniziata una prova di produzione di biogas in semi-continuo dove, come substrati in codigestione, sono stati usati liquame e scotta (60:40% v/v) sia freschi che sterilizzati. Inoltre su metà delle tesi è stata aggiunta di paglia per verificare le differenze nella capacità idrolitica dei consorzi microbici usati. Come inoculo è stato impiegato rumine bovino, rumine bufalino e liquame maturato per 4 settimane al 15% v/v. Il pH mantenuto a 7 e 5. La dark fermentation è stata condotta in condizioni di mesofilia (39 °C).

La percentuale di H₂ prodotto si è aggirata al massimo intorno al 30% con inoculo liquame e rumine bufalino. Nelle tesi con paglia la produzione è stata più alta ed è durata più a lungo. L'inoculo di bovino ha dato percentuali di idrogeno più basse.

1. Attività svolta

Due attività hanno avuto, durante questo primo anno di attività, carattere generali e riguardano tutte le linee di ricerca previste: la prima prevede l'esame e della letteratura più recente sugli argomenti specifici oggetto del progetto; l'altra secondo l'elenco riportato successivamente. Si è, inoltre, verificato lo stato di buon funzionamento e taratura delle apparecchiature già presenti:

- Sistema **Daisy II** della ANKOM per l'analisi degradabilità in vitro della fibra all'interno dei campioni ottenuti durante le prove in batch e in continuo.
- **Liofilizzatore FREEZONE 2.5 litres freeze dry systems** della Labconco per la preparazione dei campioni
- Automatic Methane Potential Test System (**AMPTS**) II della Bioprocess Control, apparecchio per la misurazione del biogas prodotto durante le prove in batch, BMP (biometanazione potenziale) dei vari substrati e profilo di dinamica di degradazione potenziale dei substrati.
- **Autoclave vapour line ECO50** (VWR International) per sterilizzazione substrati e materiale di laboratorio
- **Fermentatore DOLLY system** della Belach Bioteknik, necessario per gli studi di digestione anaerobica in continuo

Delle 5 linee di cui si compone la task 3.1 sono iniziate le attività per la 1, 2 e 6.

Linea 1: Caratterizzazione chimico-fisica dei substrati e di alcuni parametri di processo



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Sono state effettuate analisi preliminari sulle caratteristiche (chimico-fisico standard) e su alcuni parametri fisico-chimici di processo (pH) dei vari substrati da utilizzare nelle prove in particolare: liquame, scotta e paglia.

Linea 2: Studio delle combinazioni diverse di substrati (i.e. liquame, sottoprodotti caseari, lignocelulosici) per ottimizzare l'efficienza energetica dell'intero processo e massimizzare le produzioni di gas. L'attività sarà concentrata nello studio di 3 singoli processi (idrolisi, idrogenogenesi e metanogenesi).

E' stata iniziata una prova in semi-batch dove come substrati in codigestione sono stati usati liquame e scotta tal quale (40%), o diluita del 10% con liquame chiarificato (centrifugato in supercentrifuga a 16000 g/min) o con acqua demineralizzata. Il pH è stato lasciato a 7 o corretto a 5 per verificare se la capacità tampone del liquame già rivelata da nostre precedenti prove. Come inoculo è stato impiegato rumine bovino, rumine bufalino e liquame maturato per 4 settimane al 15% v/v. I campioni di rumine sono stati prelevati da animali fistolati, mentre il liquame proveniva dalla fosse di accumulo delle deiezioni entrambi della nostra azienda sperimentale.

I substrati sono stati sterilizzati o usati freschi. A metà dei campioni a pH=7 è stata aggiunta paglia tritata (particelle <5mm in diametro).

Quando la produzione di biogas iniziava a diminuire si è proceduto alla sostituzione di 15 ml di substrato esausto con substrato fresco.

Tutte le tesi sono state mantenute in dark fermentation in mesofila (39 °C).

Durante lo svolgimento delle prove sono stati prelevati campioni per le analisi di il contenuto in acidi grassi volatili (AGV, acido lattico. Inoltre, sono stati prelevati campioni per l'analisi del DNA.

Linea 6: Caratterizzazione quali-quantitativa del biogas prodotto.

Durante lo svolgimento delle prove sono stati prelevati campioni per le analisi di: produzione volumetrica di metano (ml), composizione del biogas (CH₄, H₂, N₂, CO₂ %). La misura della qualità del biogas prodotto è stata effettuata tramite gascromatografia

2. Risultati e deliverable

Linea 1

I risultati delle analisi chimiche sono riportati in tabella 1

Tabella 1: analisi chimiche dei substrati

<i>liquame</i>	
ST (g/100ml)	2.24
SV (g/100ml)	1.51
N tot (g/100ml)	0.17
NDF (g/100ml)	0.2
ADFs (g/100ml)	0.09
ADL (g/100ml)	0.05
<i>scotta</i>	
ST (g/100ml)	3.83
SV (g/100ml)	3.01
N tot (g/100ml)	0.04
<i>paglia</i>	
ST (g/100g)	99.61
SV (g /100 ST)	92.16
NDF (g/100 ST)	80.3
ADFs (g/100 ST)	53.06
ADL (g/100 ST)	7.61

ST: solidi totali; SV: solidi volatili, ADL: lignina;
NDF: fibra neutro detersa. ADF: fibra acido detersa:

Linea 2 e Linea 6

Per quanto riguarda il processo di idrogenogenesi, la percentuale di H₂ prodotto al massimo si è aggirata intorno al 30% con inoculo liquame e rumine bufalino. Nelle tesi con paglia la produzione è stata più alta ed è durata più a lungo, al 13° giorno era ancora attorno al 30% con il rumine di bufalo. L'inoculo di bovino ha dato percentuali più basse (max 25%) e già dal 5° giorno diminuiscono sensibilmente.

Poiché il pH si abbassa attorno a 5.5-6 per effetto dell'acidificazione della scotta e rimane stabile attorno a quel valore, le percentuali di metano sono piuttosto basse (9.8 fino al 4 al giorno 13 con il bufalo ed il rumine bovino) e praticamente assenti con l'inoculo liquame. La produzione cumulata è molto bassa in tutte le tesi con una punta massima di 15,6 m/g SV con inoculo bovino. Dall'attività svolta si sono ottenute prime risposte per i deliverables: D.3.A.1.1 (Individuazione delle condizioni di coltura ottimali nelle fasi idrogeno e metano); D.3.A.1.4: Caratterizzazione del biogas sui processi fermentativi ottimizzati. D.3.A.1.6: report intermedio primo anno di attività; D.3.A.1.7: attività di divulgazione (lezione)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate
4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive
5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Lezione "Use of agricultural waste to produce biogas and green energy" tenuta al 3rd IBF TRAINING COURSE ON BUFFALO MANAGEMENT AND INDUSTRY, svoltosi a Roma dal 9 al 19 maggio 2017 presso la sede del CREA-ZA di Monterotondo.

6. Elenco pubblicazioni

Task n. 3.2: Produzione d'inoculi per digestori anaerobici

Task leader: Rosa Marchetti (CREA-ZA)

Linea di attività: Progettazione e realizzazione di un prototipo per la produzione di inoculi microbici misti utilizzabili in qualsivoglia impianto di biogas di tipo CSTR che lavori in mesofilia

Referente: Rosa Marchetti (CREA-ZA)

Abstract

Sono stati utilizzati inoculi prodotti presso la ns struttura in impianto pilota, con metodo predefinito. L'attività ha riguardato: 1) Caratterizzazione delle popolazioni microbiche degli inoculi; 2) Confronto con inoculi di riferimento su substrati a diversa complessità; 3) Effetto della quantità d'inoculo sulle prestazioni dell'inoculo stesso; 4) Analisi preliminare di *scaling* per la produzione a livello industriale di starter per biogas.

Gli inoculi risultano costituiti in prevalenza da batteri anaerobici e, in piccola parte, da Archaea metanigeni. La qualità dei nostri inoculi è stata in genere pari o superiore a quella degli inoculi di riferimento, con differenze in relazione al substrato da digerire. I nostri inoculi sono adatti sia per la produzione di metano, sia per la produzione d'idrogeno, a seconda del tipo di substrato nel digestore, e della carica microbica utilizzata per l'inoculo. L'analisi di *scaling* ha riguardato la pianificazione temporale della produzione e le dimensioni più appropriate dei reattori, in relazione all'uso dell'inoculo.

1. Attività svolta

Attività 3.2.1: Prove di ottimizzazione delle condizioni di processo in condizioni controllate

Nella valutazione degli inoculi sono stati utilizzati come substrati standard, se non diversamente specificato: acetato; glucosio e/o lattosio. L'acetato è substrato d'elezione per la verifica



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

dell'attività metanogenica (acetoclastica, quella cioè predominante nei reattori di digestione anaerobica). Gli zuccheri sono stati utilizzati per verificare la qualità degli inoculi in fermentazione al buio per la produzione di idrogeno. La produzione d'idrogeno infatti può integrare opportunamente quella del metano in impianti anaerobici a doppio stadio. Rappresenta un effetto collaterale della fermentazione, che ha come prodotti principali acidi organici diversi. Questi, ancor più dell'idrogeno, possono interessare come mattoncini da costruzione di reagenti chimici di elevato valore aggiunto, in ottica di bioraffineria. La qualità dell'inoculo è definita rispetto a questi substrati standard e a terreno d'idratazione senza fonte di carbonio.

Composizione microbica degli inoculi

La composizione microbica degli inoculi è stata determinata mediante estrazione del DNA, sequenziamento (next generation sequencing) di ampliconi 16S e analisi bioinformatica.

Comportamento su substrati a diversa complessità: confronto con inoculi di riferimento

Abbiamo confrontato le prestazioni dei nostri inoculi (velocità e rese di produzione di biogas: metano o idrogeno) con quelle di due inoculi di riferimento:

- un inoculo utilizzato di routine da un Centro che realizza test di biometanazione come servizio alle aziende del territorio con impianti di biogas. Si tratta di digestato da impianto che lavora effluenti bovini;
- un inoculo costituito da digestato proveniente da azienda vicina alla ns struttura, derivante da digestione di liquami bovini e suini.

Per il confronto sono stati utilizzati substrati monocomponente e, precisamente: monomeri/dimeri: acetato, lattosio; polimeri: cellulosa, amido; caseina; gelatina.

Effetto della quantità d'inoculo

I substrati di cui alla prova di confronto sono stati inoculati con I-sUI utilizzando due diverse densità d'inoculo: I) rapporto solidi volatili inoculo (SVI) /solidi volatili substrato (SVS) = 2/1: questa soluzione rappresenta la pratica corrente nella realizzazione dei test BMP; II) inoculo= 10 % (vol) del volume del substrato (corrispondente in questa prova a un rapporto SVI/SVS=0.5): con questo trattamento si volevano verificare le conseguenze dell'uso di una minor quantità d'inoculo, in proporzione costante rispetto al volume di substrato da digerire. L'uso di un rapporto definito SVI/SVS è peculiare dei test BMP, dove è stata ravvisata l'opportunità di fornire una carica microbica largamente eccedente la disponibilità di substrato da utilizzare: tuttavia normalmente, in tutte le altre applicazioni microbiologiche, si utilizza un volume di inoculo pari a una percentuale fissa del volume del substrato (di solito il 5%).

3.2.2: Progettazione del prototipo: stima del potenziale di produzione dell'impianto in versione commerciale

La procedura richiesta per la produzione dell'inoculo richiede tempi lunghi, per cui è necessario prevedere un sistema di produzione che consenta una disponibilità continuativa di inoculo pronto per l'uso. Il tempo minimo richiesto per la produzione di un inoculo di qualità deve essere definito



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

con criteri per quanto possibile oggettivi. D'altra parte il volume d'inoculo di cui il produttore necessita (per uso proprio o per commercializzazione) dipenderà anche dal potenziale d'attività dell'inoculo (legato alla sua carica microbica). Pertanto: il tempo di produzione sarà influenzato dal volume d'inoculo di cui è necessario disporre, a sua volta dipendente dal potenziale d'attività. Il volume d'inoculo necessario dipende da 1) uso che si fa dell'inoculo (avvio; soccorso; rinforzo); 2) carico organico dei reattori cui l'inoculo è destinato. In ogni caso le riserve in stoccaggio devono essere superiori al fabbisogno, che è molto diverso a seconda che l'inoculo venga prodotto per uso aziendale o per la vendita.

Definizione del tempo di produzione: è stato avviato a scala pilota un sistema di rilievo del tempo ottimale di produzione. Il sistema mette a confronto 6 storie temporali diverse di produzione e prevede rilievi sulle caratteristiche fisiche (granulometria), fisico-chimiche (pH, colore) e chimiche (solidi totali, solidi volatili) dell'inoculo, nonché la definizione della sua qualità finale.

Ipotesi sui volumi d'inoculo necessari in funzione dell'uso: in base alla casistica dei reattori in uso sul territorio (tipo di alimentazione e carico organico), stima dei volumi d'inoculo in funzione di uso e destinazione (su foglio xls).

2. Risultati e deliverable

D.3.2.1: Output dell'attività 3.2.1:

Composizione microbica degli inoculi. Gli OTUs dei batteri erano il 93.4% del totale (Batteri + Archaea). Nell'ambito degli Archaea sono risultate prevalenti le famiglie delle Methanosaetaceae (62%) e Methanosarcinaceae (18%). Nell'ambito dei batteri (134 famiglie), le famiglie più numerose sono Clostridiaceae 1 (49%); Peptostreptococcaceae (12%); Ruminococcaceae (6%), e Anaerolineaceae (6%), oltre ai non classificati (38.1% del totale delle letture per i batteri).

Comportamento su substrati a diversa complessità, per confronto con inoculo di riferimento. Nei test di metanogenesi in batch vengono sempre inseriti controlli, rappresentati da inoculi su terreno privo di fonte energetica. La ragione è che gli inoculi "si portano dietro" sostanza organica potenzialmente digeribile, presente nell'ambiente da cui gli inoculi derivano. Nel nostro caso il liquame tal quale, se usato come fonte d'inoculo, contiene quantità variabili di solidi volatili molto digeribili. Questi solidi volatili danno luogo a produzione di metano, che non deriva quindi dal substrato di digestione, bensì dal liquame usato come fonte d'inoculo ("metanogenesi endogena"). In conseguenza di questa produzione di metano endogena da parte degli inoculi per misurare correttamente il potenziale di produzione di metano (BMP) associato a un dato substrato bisogna detrarre il metano prodotto dai controlli dal metano complessivamente prodotto nel reattore di test. Se una quota elevata dei SV nel mezzo veicolante l'inoculo è facilmente digeribile, e i SV del substrato sono recalcitranti, la produzione di metano dal substrato rischia di diventare "un rumore di fondo" rispetto alla produzione di metano dovuta ai SV apportati con l'inoculo. Gli inoculi di riferimento, I-RIF e I-RIF1, in assenza di substrato (Ctrl) hanno prodotto un volume più



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

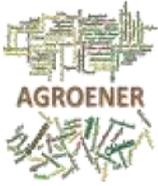
MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

che doppio di metano (I-RIF) o triplo (I-RIF1) rispetto agli inoculi SUI, nel tempo di prova (in cui peraltro non si è esaurita l'attività metanigena endogena). Il primo vantaggio dell'uso dei nostri inoculi risiede pertanto in questa limitata attività endogena, cui potranno conseguire minori interferenze nella digestione del substrato. La limitata attività endogena è collegabile al fatto che i SV dei nostri inoculi sono recalcitranti alla digestione, in assenza di fonti di carbonio (diversamente da quelli degli altri inoculi)

- a) *Monomeri/dimeri come substrato.* Con quantità di inoculo elevata, necessaria al rispetto del rapporto $SVI/SVS=2/1$, le prestazioni dei nostri inoculi (I-SUI) su fonti di energia semplici: acetato e lattosio, sono state migliori di quelle degli inoculi di riferimento (I-RIF e I-RIF1). Precisamente, dopo una settimana d'incubazione il volume di metano prodotto (al netto dei controlli) era più del triplo, su acetato, e più del doppio, su lattosio, rispetto a I-RIF. A fine digestione il metano prodotto con I-SUI era il 20% in più di I-RIF, su acetato, mentre non c'erano più differenze in funzione dell'inoculo, su lattosio. Le prestazioni di I-RIF1 sono state inferiori a quelle di I-RIF.
- b) *Polimeri come substrato.* I risultati fanno riferimento a un rapporto $SVI/SVS=2$ e ad una concentrazione di substrato nel reattore pari all'1%. I) Carboidrati: Con I-SUI le velocità di produzione sono state analoghe (su cellulosa) o più elevate (su amido) che con I-RIF e molto più elevate che con I-RIF1. Le rese a fine prova invece erano un po' inferiori con I-SUI, rispetto agli inoculi di riferimento. II) Proteine. La velocità di produzione di metano è stata sempre più elevata con I-SUI. La quantità massima di metano prodotta è stata maggiore con I-SUI che con gli altri inoculi, su caseina come substrato. Invece, su gelatina, la produzione più elevata di metano è stata ottenuta con I-RIF1, che tuttavia in tutti gli altri casi ha dato le prestazioni peggiori

In definitiva le prestazioni degli inoculi prodotti col ns metodo sono state quasi sempre o pari o superiori a quelle degli inoculi di riferimento, con la differenza che i ns inoculi sono stati prodotti specificamente come starter, laddove gli inoculi di riferimento sono digeriti forniti da aziende con impianto di biogas. E' da notare anche la differenza di prestazioni, nei due inoculi di riferimento: elevate in I-RIF ma relativamente modeste in I-RIF1.

Uso di quantità diverse di inoculo. La quantità d'inoculo influisce sul processo e sulle rese. Basse cariche microbiche favoriscono la produzione di idrogeno anziché di metano. Infatti: con inoculo al 10% il processo di digestione è stato più lento, soprattutto con amido come substrato. Si è ridotto anche il potenziale complessivo di metanazione, ma solo con i substrati a base di amido e cellulosa. Su gelatina addirittura è stata rilevata una maggiore produzione complessiva di metano con inoculo 10%. Le prestazioni inferiori dell'inoculo 10% sono certamente attribuibili al fatto che, a parità di concentrazione del substrato, la carica microbica è stata inferiore. Tuttavia, nel caso di amido come substrato, esiste anche un'altra ragione: una parte del substrato (che è altamente fermentescibile), è stata utilizzata all'inizio del periodo d'incubazione per la produzione d'idrogeno



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

(e di CO₂), anziché di metano, per cui il carbonio disponibile per la metanogenesi è calato. Lo shift dell'attività microbica verso la fermentazione al buio è stato particolarmente evidente con lattosio come substrato (ancor più fermentescibile dell'amido): 64 mL di idrogeno prodotti nei primi 3 gg con SUI-10%, contro i 4.8 mL di H₂ prodotti con SVI/SVS=2.

D.3.2.1: Output dell'attività 3.2.2:

L'attività è in corso e i risultati sono in elaborazione. Tuttavia è apparsa fin d'ora evidente la necessità di un'evoluzione, rispetto alle ipotesi precedenti di configurazione dell'impianto di produzione degli inoculi, così come emerso in una fase di ricerca preliminare all'avvio di AGROENER (Marchetti R., Vasmara C., Aleandri R., 2015, *Plant and method for the production of microorganisms for biogas*, Domanda di brevetto No. UB2015A000235). Infatti, a causa dei grandi volumi in gioco, è stato necessario rivedere radicalmente l'impostazione della struttura dell'impianto, da sostituire con due nuove configurazioni, a seconda che si producano inoculi per uso aziendale o per la commercializzazione.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Gli inoculi preparati nel nostro piccolo impianto pilota aziendale sono stati provati per ora solo in laboratorio. Prove a scala reale, l'uso cioè degli inoculi in digestori veri, non sono ancora realizzabili, perché richiederebbero quantitativi di inoculo ben superiori a quelli attualmente producibili, dell'ordine di grandezza di poche centinaia di litri. Tuttavia potrebbe essere utile verificare il comportamento dei ns inoculi nel prototipo a doppio stadio realizzato presso Tor Mancina. I quantitativi d'inoculo producibili col nostro sistema sono compatibili col volume dei reattori dell'impianto di Tor Mancina, e quindi si potrebbe provare, fatta salva una precisa definizione degli obiettivi (ad esempio: uso in avviamento, in soccorso o di rinforzo; in primo e/o in secondo stadio) e una stima preliminare accurata della quantità d'inoculo necessaria.

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Un riassunto dei risultati del task 3.2 è stato presentato (11/03/17) a Sora (FR) in occasione della presentazione del progetto Agroener nell'ambito della Fiera Agralia.

Il nostro lab ha partecipato a un ring test internazionale, promosso dal Prof. Holliger dell'EPFL (École Polytechnique Fédérale de Lausanne) con l'obiettivo della standardizzazione dei test di biometanazione. Al ring test sono stati invitati a partecipare 32 diversi laboratori tra enti pubblici di ricerca e università, nonché 5 società private operanti nel settore del biogas. I risultati sono attualmente in corso di elaborazione.

6. Elenco pubblicazioni



Task 3.3: Nuovo prototipo di digestore a due stadi

Task leader: Serafino Concetti (CREA-ZA)

Linea 1 di attività: realizzazione di un prototipo di digestore bi-stadio e bi-fase ad elevato grado di automazione nella regolazione dei parametri di processo

Referente: Serafino Concetti (CREA-ZA)

Linea 2 di attività: ottimizzazione del processo di digestione anaerobica, mediante verifica delle indicazioni provenienti dalle attività previste nella task 3.1 e valutazioni dei prodotti ottenibili dal funzionamento a regime dell'impianto

Referente: Serafino Concetti (CREA-ZA)

Abstract

La task prevede l'allestimento e la messa in funzione, attraverso la revisione e ricostruzione di un prototipo realizzato nel progetto SOSZOOT-MAREA, di un impianto prototipale ad elevato grado di automazione costituito da due reattori CSTR posti in serie, con ampia flessibilità dei parametri di processo, in grado di produrre sia biogas contenente H₂, sia biogas contenente CH₄, grazie alla co-digestione di una miscela di scarti caseari (scotta) e reflui zootecnici ed eventualmente di altre matrici.

Le due linee di attività previste nella task sono consequenziali, e le attività del primo anno sono inerenti solo alla prima linea di ricerca (3.3.1).

E' stata condotta un'analisi dell'impianto MAREA, al fine di realizzare un nuovo prototipo ed individuare le tecnologie, le apparecchiature, le componenti ed i materiali necessari. Il nuovo prototipo sarà 5-10 volte più grande di quello attuale, inoltre i reattori non opereranno in depressione, ma in minima sovrappressione per consentire il deflusso dei biogas svolti, funzionerà sia in modalità singolo stadio che bi-stadio con alimentazione e scarico continui. Il sistema di automazione sarà in grado di acquisire e registrare i dati di processo, e l'impianto sarà controllato anche in remoto tramite modulo GSM ed un'interfaccia web.

1. Attività svolta

La task prevede l'allestimento e la messa in funzione, attraverso la revisione e ricostruzione di un prototipo esistente, realizzato nel progetto SOSZOOT-MAREA, di un impianto prototipale ad elevato grado di automazione costituito da due reattori continui a serbatoio agitato (CSTR ovvero Continuous-flow Stirred-Tank Reactor) posti in serie, con ampia flessibilità dei parametri di processo, quali tempo di ritenzione idrica (HRT), tasso di carico organico (OLR), temperatura, in grado di produrre sia biogas contenente H₂, sia biogas contenente CH₄, grazie alla co-



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

digestione di una miscela di scarti caseari (scotta) e reflui zootecnici ed eventualmente di altre matrici.

Le due linee di attività previste nella task sono consequenziali, pertanto le attività del primo anno sono inerenti solo alla prima linea di ricerca (3.3.1)

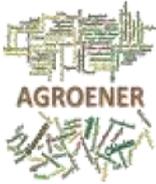
Nel corso dei primi trimestri è stata condotta un'attenta analisi dell'impianto MAREA, durante la quale sono state messe in luce sia le sue criticità, sia gli aspetti più innovativi e caratterizzanti, al fine di:

- definire le modifiche da apportare per realizzare un nuovo prototipo più preciso nelle misurazioni e più flessibile nella gestione,
- individuare le tecnologie, le apparecchiature, le componenti ed i materiali da impiegare, per la sua realizzazione.

Si è quindi giunti alla conclusione che le dimensioni del nuovo prototipo debbano essere più grandi di quello attuale, dell'ordine di 5-10 volte (passare dagli attuali 3000 litri a 20-30.000 litri), i maggiori volumi dei reattori consentiranno l'impiego di valvole e condutture e meccanismi di pompaggio e misura del tutto simili a quelli riscontrabili in impianti reali e alla possibilità di impiego di una più vasta platea di substrati, con densità e contenuto di Solidi Volatili nettamente superiore a quelli utilizzabili dall'impianto MAREA (liquame filtrato e diluito); le maggiori dimensioni dell'impianto metteranno a disposizione delle task con le quali è prevista la collaborazione quantità di materiali (digestato e biogas) più adeguate alle esigenze sperimentali.

Una delle caratteristiche innovative del prototipo realizzato nel progetto MAREA è stata la possibilità di mantenere il digestore dove si produce H_2 a pressione inferiore a quella atmosferica allo scopo di mantenere bassi livelli di pressione parziale dell'idrogeno, che altrimenti potrebbe inibire la sua produzione; tuttavia tale effetto non era stato poi riscontrato durante il funzionamento del prototipo. Alla luce quindi di quanto riscontrato, considerato l'elevato costo e la complessità tecnologica delle soluzioni per mantenere il reattore in depressione, visto in bibliografia che per la riduzione della pressione parziale di gas inibenti in piccoli impianti di laboratorio e prototipali vengono usate altre tecniche, quali lo "sparging" di gas inerti, si è deciso che nel nuovo impianto i reattori non opereranno in depressione, ma in minima sovrappressione per consentire il deflusso dei biogas svolti.

Il Nuovo impianto, per cui è previsto il funzionamento sia in modalità singolo stadio che bi-stadio con alimentazione e scarico continui, sarà dotato di una tramoggia per lo stoccaggio, la miscelazione ed il caricamento delle matrici in ingresso, un serbatoio per lo stoccaggio del digestato, i gruppi di pompaggio per il carico e lo scarico dei reattori, i gruppi per l'agitazione dei substrati all'interno dei reattori, la strumentazione necessaria al monitoraggio e la gestione automatizzata (misura, registrazione e regolazione) dell'intero processo, i dispositivi necessari alla termostatazione dell'impianto ed alla messa in sicurezza degli output (biogas e digestato); gli analizzatori in continuo della composizione del biogas che rilevano la concentrazione di CH_4 , H_2 , CO_2 , O_2 e H_2S (fissi o portatili) saranno montati a bordo dell'impianto, con sensori



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

posizionati nei due reattori. Il biogas prodotto da ciascun reattore sarà inviato ad una torcia al fine di evitare immissioni in atmosfera, ovvero inviato attraverso apposite canalizzazioni a punti di prelievo e campionamento posti in serie rispetto al reattore che li ha prodotti.

Il sistema di automazione gestirà:

- La sensoristica dedicata al rilevamento dei principali parametri di processo (Temperatura, pH, pressione, livello) delle portate degli input (substrati) e degli output (digestato e biogas)
- La termostatazione, miscelazione, regolazione pH, regolazione delle portate del materiale in ingresso ed in uscita
- L'acquisizione ed il datalogging sui dati di processo
- Le analisi in continuo della composizione del biogas che rileva la concentrazione di CH₄, H₂, CO₂, O₂ e H₂S (preservando la possibilità del campionamento in apposite sacche del biogas prodotto da ogni singolo reattore)
- Il telemonitoraggio e la gestione remota anche da mobil device tramite modulo GSM ed un'interfaccia web.

La progettazione di massima con la definizione delle componenti sarà completata grazie alla consulenza di ditte specializzate, come previsto nel testo del progetto approvato nel Decreto 0026329 del 01-04-2016, al cui affidamenti si sta provvedendo in questi giorni.

2. Risultati e deliverable

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Allo stato attuale non si intendono presentare proposte che richiedano varianti tecnico-scientifiche

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

6. Elenco pubblicazioni

Task 3.4: Impatto dei biodigestati sulle comunità microbiche sui suoli agrari

Task leader: Luisa Maria Manici (CREA-AA)

Linea 1 di attività: Valutazione dell'impatto di digestati da impianti di biogas alimentati con colture da energia, su suoli agrari a colture estensive in 2 diversi agro-ambienti del nord Italia.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Linea 2 di attività: Valutazione dell'impatto di digestati da impianto di residui urbani nell'ambito di un programma di rilancio della produzione locale di fragola nella provincia di Bolzano

Linea 3 di attività: Potenziamento dell'impiego dei digestati da biomasse vegetali come ammendanti in conversione e gestione a biologico.

Referente di tutte le linee Task 3.4 : Luisa Maria Manici (CREA-AA)

Abstract

L'attività della task 3.4 è di fatto iniziata nel settembre 2016.

La linea 1 è stata ri-organizzata rispetto allo schema originale. Sono stati scelti 3 impianti di biogas in tre province della Pianura Padana (Cremona, Modena e Forli-Cesena). La nuova scelta si è basata sulla dimensione produttiva degli impianti di biogas e l'estensione relativa delle colture da energia nella zone di riferimento, oltre alla disponibilità di campi sperimentali adeguati in cui i digestati vengono periodicamente smaltiti. Sono stati svolti i prelievi di suolo per le prove di accrescimento in vaso programmate presso il centro CREA-AA di Bologna.

La linea di ricerca 2 è iniziata attivamente nella primavera 2017, è in corso il primo anno della attività che prevede una serie di test in vaso su suoli originali per la individuazione delle componenti microbiche responsabili del declino della fragola in val Martello. Lo scopo di questa fase è identificare i patogeni o le componenti biologiche coinvolte nel declino della fragola e orientare adeguatamente le prove di ammendamento con digestati in pieno campo che verranno allestite in 2 campi nel marzo 2018

1. Attività svolta

Linea 1: L'attività della linea 1 è di fatto partita nel settembre 2016. La linea prevedeva originalmente 2 attività separate in riferimento a 2 diversi agro-ambienti (Piemonte, provincia di Alessandria, e Emilia Romagna, Provincia di Bologna). Dopo aver valutato l'importanza relativa in termini di produzione di biogas e di continuità della produzione dei biodigestori di riferimento scelti in origine, gli impianti di riferimento della l'attività 1 sono stati modificati. Sono stati scelti 3 impianti di biogas in tre siti della Pianura Padana rappresentativi per quantità di biogas prodotta nell'area e tipo di fonti di energia prevalentemente usata nei digestori della zona di riferimento. Tali siti sono situati Provincia di Cremona (impianto Biogas da Impianto alimentato prevalentemente con residui zootecnici), Provincia di Modena (impianto alimentato con materiali misti di origine vegetale, nel caso specifico prevalentemente con farine di mais altamente contaminate da micotossine) e Provincia di Cesena (Gruppo Bagioni, Impianto alimentato prevalentemente con colture da energia, prevalentemente cereali).



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

In ogni sito è stata individuata una copia di appezzamenti, uno con storia nota di ammendamento con residui finali da produzione di biogas e uno limitrofo appezzamento non ammendato come controllo. IN tutti i casi gli appezzamenti avevano la coltura di mais in atto.

Il *setting* sperimentale di questa prova è di tipo comparativo:

- 3 campi complessivi in 3 siti della pianura Padana riferiti a 3 digestori.
- 1 copie di appezzamento per sito (ammendato e non ammendato)

I campioni di suolo opportunamente raccolti e miscelati per renderli più rappresentativi, sono stati utilizzati per una prova di accrescimento in vaso presso il CREA - AA di Bologna

Su tale schema sperimentale verranno svolte le prove di accrescimento in vaso utilizzando (mais come coltura Target) e le analisi microbiologiche di rizosfera e apparato radicale.

La prova è stata allestita presso Il crea AA di Bologna secondo il seguente schema sperimentale :

- 3 repliche di 3 vasi per ciascuna delle 3 coppie di suoli (ammendato e non ammendato sono digestato negli ultimi 4-6 anni). Per un totale di 54 vasi
- Pianta target per le prove in vaso: Mais.

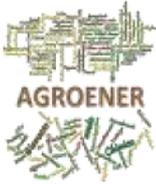
Alla fine di Maggio 2017 sono stati prelevati campioni di suolo (30 kg/campo circa)

Prima decade di Giugno 2017. Lavorazione campioni suolo e allestimento prova in vaso per valutare da risposta di crescita e l'impatto dei digestati sulla composizione della comunità microbica della rizosfera. La valutazione dei parametri di crescita del test di accrescimento è prevista a metà-fine luglio.

Seguiranno la analisi delle comunità microbiche associate alla rizospfera

Linea 2: L'attività della linea 2 è partita nel febbraio 2017. La convenzione con il Centro Sperimentale di Laimburg è stata stipulata nell'Aprile 2017. La sperimentazione è stata svolta secondo il seguente *iter*:

- **Inizio di Aprile 2017, Individuazione campi sperimentali.** La sono stati identificati 4 campi in Val Martello per la successiva scelta dei 2 campi in cui verranno allestite le prove di ammendamento nella primavera 2018. Gli appezzamento sono stati scelti per storia pregressa di coltivazione (in generale fragola viene ripetuta da circa 30 anni con poche interruzioni in questo sistema produttivo), comparsa di declino produttivo e qualitativo e collapsi osservati nell'ultimo ciclo produttivo. Sono stati **prelevati campioni di suolo** nei 4 appezzamenti individuati.
- **Fine Aprile 2017. Test sanità suoli** in ambiente controllato. Presso il Centro Sperimentale di Laimburg è stata allestita una prova di accrescimento in vaso con fragola sui suoli prelevati



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPIAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

dei quattro appezzamenti a confronto con gli stessi suoli trattati a termo-trattati a vapore (80° per 12 ore con apposita strumentazione) tali da avere dei controlli di suolo “sani” .

- **Fine agosto 2017.** Saranno disponibili i parametri vegetativi e produttivi sufficienti a valutare la risposta produttiva di fragola nei 4 suoli valutati in confronto con il controllo “sano”. Seguiranno la valutazione delle componenti microbiche responsabili del declino produttivo e qualitativo della coltura che verranno messe in correlazione con i dati di risposta di accrescimento (buona parte di questa attività entra nella linea 3).
- **Novembre 2017.** Scelta finale dei 2 campi per iniziare le prove sperimentali di ammendamento che svolgeranno nel biennio 2018-2020. I trattamenti di ammendamento saranno due: bio-digestato fiale da residui urbani del comune di Lana (verificati per l'uso in biologico), residui finali da bio-digestore alimentato con scarti zootecnici.

Linea 3. L'attività della linea 3 e conseguente a quella delle linee 1 e 2, non è quindi ancora stata svolta.

2. Risultati e deliverable

D.3.4.1: Output dell'attività sulla linea 1: Report alla fine del primo anno di progetto su: “Setting e disegno sperimentale applicato ai sistemi colturali estensivi individuati” Vedi descrizione Task 3.4 linea di attività 1 e 2 primo anno di attività in questo documento.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Scostamenti con quanto pianificato:

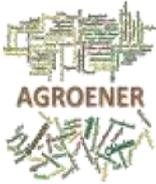
Linea 1. I Digestori e le aree di riferimento sono state modificate rispetto alla proposta originale. Si si è passati da 2 siti in due diverse regioni del progetto originale, a 3 in siti della pianura padana dove la produzione di biogas è particolarmente estesa.

Linea 2. Su proposta del Centro di Laimburg, a parità di fondi disponibili, la prova con digestati residui da bio-digestori residui urbani è stata integrata con un secondo trattamento con digestati da biogas derivanti da produzione zootecnica.

Difficoltà incontrate

Linea 1. Nella pianificazione della linea 1 è risultato evidente la necessità di operare in aree dove la produzione di biogas non fosse marginale e che garantissero quindi campi di riferimento con una “storia di ammendamento” sufficientemente lunga e alimentato con materiali indicativamente costante

Altri scostamenti rispetto al la proposta originale.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

La d.ssa Maria Ludovica Saccà, ricercatore area disciplinare AG 16 del CREA-AA sede di Bologna dal 1 febbraio 2017, è subentrata nella task 3.4 di AGROENER alla d.ssa Nicoletti inserita nella scheda originale come precaria.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Attività integrative della linea 2 sono descritte sopra

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Attività di formazione: Un tesista è stato inserito sulla attività della task 3.4, linea 2 di AGROENER per un tesi di laurea magistrale. Relatore Prof. Monti, del Dipartimento Scienze e Tecnologie Agrarie dell'Università di Bologna. La tesi dovrebbe essere discussa nel 2018, massimo 2019. Il tesista risiede in nella provincia di Bolzano e sta svolgendo la tesi in parte all'Istituto di sperimentazione e ricerca in agricoltura di Laimburg e in parte presso il CREA- AA di Bologna.

6. Elenco pubblicazioni

Task 3.5: Valutazione dell'efficacia agronomica dei digestati anaerobici e loro valorizzazione per l'uso agricolo

Task leader: Anna Benedetti (CREA-AA)

Abstract

Il Crea- AA (sede di Roma, ex Crea-RPS), nel corso del primo semestre si è impegnato a raccogliere le informazioni presenti in letteratura rivolta a raccogliere dati utili alla valutazione dell'efficienza agronomica dei digestati e loro valorizzazione per l'uso agricolo. Sono state individuati i digestati da caratterizzare.

1. Attività svolta

Il Crea- AA (sede di Roma, ex Crea-RPS), nel corso del primo anno si è impegnato a raccogliere le informazioni presenti in letteratura rivolta a raccogliere dati utili alla valutazione dell'efficienza agronomica dei digestati e loro valorizzazione per l'uso agricolo. Uno degli obiettivi è, infatti, la caratterizzazione sia in laboratorio che in campo dell'effettiva innocuità ed efficacia dei digestati che dovrebbero sostituire i concimi di sintesi chimica.

Utilizzare prodotti a basso impatto ambientale produce vantaggi sociali nei confronti del miglioramento della qualità dell'aria, dell'acqua e del suolo con un miglioramento generalizzato della qualità della vita. Recuperare biomasse organiche di rifiuto a di scarto per produrre energia, fertilizzanti, prodotti fitosanitari, molecole polifunzionali per l'alimentazione dell'uomo, degli



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

animali e delle piante riduce il problema dell'inquinamento ambientale generato dai rifiuti e consente un ingente risparmio sia in opere di recupero che di produzione della stessa. Nel settore dei fertilizzanti è questo il caso anche dei nuovi prodotti definiti biodigestati.

Mancano, a tutt'oggi studi e dati esaustivi sul loro comportamento in campo e il migliorato contenimento delle perdite per lisciviazione dei nitrati. Poiché la dinamica dell'azoto risulta completamente diversa in funzione della tipologia del suolo e della tipologia di fertilizzante utilizzata, sono stati selezionati e raccolti in letteratura pubblicazioni inerenti: la dinamica dell'azoto in funzione di nuove tipologie di fertilizzanti, nuovi prodotti fertilizzanti, approcci metodologici per la valutazione dell'efficienza agronomica, effetto sulla diversità microbica del suolo di nuovi prodotti fertilizzanti.

Linea 3.5.1: Individuazione dei campioni e caratterizzazione chimico-fisica

Il Crea-AA ha successivamente individuato i seguenti digestati, ed ha avviato la caratterizzazione chimico-fisica:

Si è deciso di scegliere le seguenti tipologie di digestato:

- 1) Digestato agricolo suino + Energy crops tal quale
- 2) Digestato agricolo suino + Energy crops separato solido
- 3) Digestato agricolo bovino + Energy crops tal quale
- 4) Digestato agricolo suino essiccato
- 5) Digestato da FORSU tal quale
- 6) Digestato da FORSU essiccato

Metodi di analisi utilizzati

Sono state utilizzate le seguenti metodiche di saggio:

- "Mineralizzazione potenziale dell'azoto" con il metodo biochimico di Stanford & Smith modificato da Benedetti et al. (1993): a 50g di suolo miscelato con sabbia di quarzo in rapporto 1:1 è stata addizionata una quantità di N provenienti dalle diverse matrici pari a 250 mg/kg. A tempi prestabiliti sono state effettuati dilavamenti 1 -2 - 4- 8 -12 settimane. Le forme minerali di azoto nella soluzione lisciviata sono state determinate mediante analizzatore automatico a flusso continuo secondo Wall et al. (1985) per l'ammonio, e secondo Kamshake et al. (1967) per i nitrati e nitriti.

I valori di azoto totale percolato, % nitrificazione, % ammonizzazione sono espressi come percentuale di azoto eluito rispetto all'azoto totale aggiunto.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

- determinazione del grado di reazione (pH) in acqua (rapporto 1:2,5), come da Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo DM del 13/09/1999 e pubblicato in G.U. suppl. ordin. N° 2498 del 21/10/1999.
- determinazione dell'azoto totale con analizzatore elementare, come da Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo DM del 13/09/1999 e pubblicato in G.U. suppl. ordin. N° 2498 del 21/10/1999, tramite Nitrogen Leco FP-528.
- determinazione del carbonio organico con analizzatore elementare, come da Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo DM del 13/09/1999 e pubblicato in G.U. suppl. ordin. N° 2498 del 21/10/1999, tramite Leco RC-612.

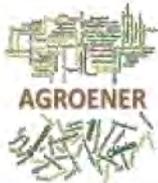
Il materiale vegetale epigeo relativo ai 5 diversi sfalci, è stato pesato da fresco per la misura della produzione fresca, successivamente seccato a 65°C per 72 ore per determinare la produzione secca.

È stata inoltre utilizzata la tecnica analitica per la determinazione dell'abbondanza dei microrganismi coinvolti nel ciclo dell'azoto (geni funzionali amoA di batteri e archaea ammonio-ossidanti) presenti nel suolo. Sono stati a tal fine adottati metodi molecolari basati sull'estrazione del DNA e sull'amplificazione quali-quantitativa dei specifici geni target (qPCR) sopra menzionati. La tecnologia relativa alla real time PCR (nota anche come qPCR) è largamente impiegata nella quantificazione del DNA poiché l'amplificazione della sequenza target permette una maggior sensibilità di rilevazione rispetto ad altre metodiche consentendo la quantificazione in tempo reale del numero di copie del gene di interesse. In una reazione ottimizzata, la quantità target arriva quasi a raddoppiare nel corso di ciascun ciclo di amplificazione. Nella qPCR, la quantità di prodotto amplificato è proporzionalmente correlata all'intensità della fluorescenza tramite l'utilizzo di una molecola fluorescente reporter. Il punto in cui è rilevato il segnale fluorescente al fine di calcolare la quantità iniziale di template, può essere rilevato sia alla fine della reazione (qPCR ad endpoint), che nel corso dell'amplificazione (qPCR in real time). La qPCR è una tecnica estremamente sensibile e riproducibile e consente di rilevare la fluorescenza nel corso dell'amplificazione per ciascun ciclo. Ciò permette una quantificazione del template basata sul segnale di fluorescenza durante la fase di amplificazione esponenziale. La rilevazione dell'amplificato è effettuata prima che la riduzione dei reagenti, l'accumulo degli inibitori e l'inattivazione della polimerasi abbiano iniziato ad avere effetto sull'efficienza dell'amplificazione.

Analisi statistica dei dati

Tutti i dati ottenuti dalle diverse determinazioni analitiche sono stati sottoposti a test statistici, in particolare:

- Test di Shapiro, per testare la normalità o non, della distribuzione dei dati
- Test di Levene, per testare l'omogeneità o non, della varianza



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

- Test non parametrico Kruskall Wallis (vista l'esiguità delle repliche biologiche e per la non normalità della distribuzione dei dati e/o non omogeneità delle varianze) seguito da post hoc Mann-Whitney. Essendo caratteristica intrinseca dei test non parametrici, una minore sensibilità rispetto al parametrico (come ANOVA), sono state considerate significative le differenze con $p = 0,01$ per il test Kruskall Wallis e $p = 0,05$ per il test post hoc Mann-Whitney.

2. Risultati e deliverable

Caratterizzazione chimico-fisica dei digestati

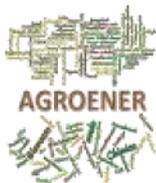
I digestati pervenuti sono stati sottoposti a caratterizzazione chimico-fisica determinando i seguenti parametri: Solidi totali, Solidi volatili, Carbonio organico totale, Azoto totale, Azoto organico, Fosforo totale, Potassio totale, Metalli pesanti, pH.

Tabella1: Legenda delle sigle adottata per i prodotti analizzati

descrizione tesi	Sigla
Digestato suino + Energy crops tal quale	SE
Digestato suino + Energy crops separato solido	SES
Digestato bovino + Energy crops tal quale	BE
Forsu tal quale	F
Forsu essiccato	FE
Forsu essiccato + Compost	FEC

Tabella 2: Risultati analisi chimico- fisica dei 6 digestati

parametro	SE	SES	BE	F	FE	FEC	
Umidità %	95,5	71,9	92,9	72,7	16,3	36,8	
pH	8,3	8,6	7,8	8,5	8,4	8,0	
Solidi tot. %	97,4	76,4	94,9	82,4	47,9	67,3	
Solidi volatili %		2,6	23,6	5,1	17,6	52,1	32,7



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Azoto tot. % ss	8,2	2,2	5,6	4,3	3,9	2,2	
Azoto organico % s.s.	2,2	1,2	2,4	3,0	3,1	2,1	
Fosforo tot. P2O5 % s.s.	7,1	4,3	2,6	3,6	3,4	0,7	
Potassio tot. K2O % s.s.	7,0	1,0	6,2	0,7	0,8	1,3	
Carbonio organico % s.s.	24,7	41,8	37,5	33,8	23,3	48,6	
Rame mg *kg-1 s.s.	101	29	67	93	102	56	
Zinco mg *kg-1 s.s.	812	206	326	310	344	182	
Piombo mg *kg-1 s.s.	2	0,5	3	35	45	25	
Cromo mg *kg-1 s.s.	12	9	5	32	41	27	
Cadmio mg *kg-1 s.s.	0,4	0,1	0,1	0,5	0,7	0,2	
Nichel mg *kg-1 s.s.	8	5	7	11	11	13	
Mercurio mg *kg-1 s.s.		<0,05	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	<0,05
Cromo VI mg *kg-1 s.s.		<0,02	<0,1	<0,02	<0,2	<0,2	<0,2

L'esame comparativo dei parametri analizzati denota che il contenuto in N% totale varia da 2,2 % in ss a 8,2 % , il C organico totale in % da 23.3 a 48,6%, pH alcalino.

Il parametro più variabile risulta l'umidità con un range che va da 95,5 a 16,3.

Il fosforo, espresso in P2O5, presenta un range che va da 0,7% ss a 7,1%.

Sono stati determinati, altresì, i metalli pesanti ed ad accezione dello Zn sono risultati molto inferiori ai limiti imposti dalla legge per gli ammendanti.

Bibliografia raccolta

Benedetti A., Florio A., Delicato M. A. 2015. La ricerca italiana guarda Avanti. Terra è vita n. 1 pag. 37-39.

Florio, A., Maienza, A., Dell'Abate, M.T. et al. J Soils Sediments (2016). Changes in the activity and abundance of the soil microbial community in response to the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP). doi:10.1007/s11368-016-1471-9

Benedetti A., Canfora L., Felici B., Microbial-based biostimulants: role, efficacy and risk analysis. Poster n. 16, Abstract n. 102, In: Book of abstracts, 2nd World Congress on Biostimulants in Agriculture, 16-16-19 November, 2015 Florence Congress Center, Florence, Italy, New Ag International.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Canfora L*, Malusà E., Salvati L., Renzi G., Petrarulo M., Benedetti A. Short-term impact of two liquid organic fertilizers on *Solanum lycopersicum* L. rhizosphere Eubacteria and Archaea diversity. *Applied Soil Ecology* 2015, 88: 50-59. doi: 10.1016/j.apsoil.2014.11.017.

Paszt L.S., Malusà E., Sumorok B., Canfora L., Derkowska E., Głuszek S.. The Influence of Bioproducts on Mycorrhizal Occurrence and Diversity in the Rhizosphere of Strawberry Plants under Controlled Conditions. *Advances in Microbiology* 2015, 5:40-53.

Canfora L*, Malusà E., Tkaczuk C., Tartanus M., Łabanowska B., Pinzari F. Development of a method for detection and quantification of *B. brongniartii* and *B. bassiana* in soil. *Scientific Reports* 2016, 6:22933; doi: 10.1038/srep22933.

Malusà E., Pinzari F. and Canfora L. Efficacy of biofertilizers: challenges to improve crop production. *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity*, Springer book 2016, Vol- II- Functional Applications, pp- 17-40, doi:10.1007/978-81-322-2644-4_2. ISBN 978-81-322-2642-0.

Canfora L., Renzi G., Malusà E., Benedetti A. Effect of organic fertilizers on *Lycopersicum hirsutum* rhizosphere biodiversity and soil C/N ratio. *Ogólnopolska Naukowa Konferencja Ekologiczna pt. "Perspektywy rozwoju ekologicznej produkcji ogrodniczej"*. Skierniewice, 6 - 7 October 2011.

Canfora L., Renzi G., Malusà E., Benedetti A. The effect of organic fertilizers obtained from wastes on rhizospheric and endophytic bacteria populations. *Ogólnopolska Naukowa Konferencja Ekologiczna pt. "Perspektywy rozwoju ekologicznej produkcji ogrodniczej"*. Skierniewice, September 2012.

Malusa E., Tartanus M., Łabanowska B.H., Canfora L., Pinzari F., Tkaczuk C. A holistic approach for the biological control of white grubs (*Melolontha melolontha*) in organic strawberry plantations [Poster]. p. 30. In: *Proceedings of the ISHS International Symposium INNOHORT 2015, Innovation in Integrated & Organic Horticulture*, Avignon University, France June 8-12 2015.

Canfora L., Łabanowska B.H., Pinzari F., Tartanus M., Tkaczuk C., Malusà E. Integrated approach to improve the biological quality of soil and the control of soil-borne fruit plant pests [Poster], *Atti del 40° Congresso Nazionale della Società Italiana della Scienza del Suolo, SISS. Società Geografica Italiana, Palazzetto, Mattei in Villa Celimontana, Roma, 2-4 Dicembre 2015.*

Canfora L., Pinzari F., Felici B., Dell'Abate M.T., Benedetti A. High-throughput methods for Biostimulants Analysis: Direct and Indirect approach [Poster]. Poster n. 164, Abstract n. 101, In: *Book of abstracts pp 227/242, 2nd World Congress on Biostimulants in Agriculture, 16-16-19 November, 2015 Florence Congress Center, Florence, Italy, New Ag International*

Malusà E., Canfora L., Pinzari F., and Benedetti A. Microbial-based fertilizers and pesticides: production, use and regulatory needs to assure crop production. *5TH International Symposium on Agricultural Sciences*, 29-3 Marzo 2016, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina.

Canfora L., Malusà E., Tkaczuk C., Tartanus M., Łabanowska B., Benedetti A., Pinzari F. Co-inoculums in soil of *Beauveria brongniartii* and *B. bassiana*: methods in the evaluation of their synergic effects in the control of *Melolontha melolontha* pest. *XIV Meeting of the IOBC-WPRS Working Group Biological Control of Fungal*



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

and Bacterial Plant Pathogens – Biocontrol and Microbial Ecology, 12-15 September 2016 in Berlin. Poster presentation and publication on IOBC Bulletin.

Canfora L., Malusà E., Tkaczuk C., Tartanus M., Łabanowska B., Benedetti A., Pinzari F. Carbon sources can affect the success of a consortium of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *B. brongniartii*. SFAM Summer Conference 2016. Edinburgh, 4-7 July.

Malusà E and Sas Paszt L (2009) The development of innovative technologies and products for organic fruit production. An integrated project. Proceedings Int. Plant Nutrition Coll. XVI. Sacramento (USA). Paper 1359. <http://repositories.cdlib.org/ipnc/xvi/1359>, p 1-4

Malusà E, Sala G, Chitarra W, Bardi L (2013) Improvement of response to low water availability in maize plants inoculated with selected rhizospheric microbial consortia under different irrigation regimes. *EQA – Environ quality* 12:13-2

Malusà E, Sas-Paszt L, Trzcinski P, Górka A (2012) Influences of different organic fertilizers and amendments on nematode trophic groups and soil microbial communities during strawberry growth. *Acta Hort (ISHS)* 933:253-260

Malusà E, Sas-Paszt L, Zurawicz E, Popinska W (2007) The effect of a mycorrhiza-bacteria substrate and foliar fertilization on growth response and rhizosphere pH of three strawberry cultivars. *Intern J Fruit Science* 6:25-41

Malusà E, Vassilev N (2014) A contribution to set a legal framework for biofertilizers. *Appl Microbiol and Biotechnol* 98:6599-6607

Florio A., Ian M. C., Penny R. H., Deveraj J., Benedetti A. "Effects of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) on abundance and activity of ammonia oxidisers in soil". *Biol Fertil Soils* (2014) 50: 795. doi:10.1007/s00374-014-0897-8

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Non sono stati riscontrati ostacoli.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

6. Elenco pubblicazioni

Task 3.6: Utilizzo del pastazzo di agrumi e di altre biomasse residuali tipiche mediterranee come matrici alternative per la produzione di biogas

Task leader: Simona Fabroni (CREA-OFA)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Linea 1 di attività: sviluppo dei mix in *feed* all'impianto; analisi in laboratorio delle materie prime in ingresso al processo di fermentazione anaerobica e delle varie frazioni del digestato prodotto.

Referente: Simona Fabroni (CREA-OFA)

Linea 2 di attività: prove di fermentazione anaerobica di diverse miscele di biomasse residuali tipiche mediterranee (pastazzo, sansa, cladodi di *Opuntia*, reflui zootecnici, residui vegetali o secondi raccolti e semidigestati fungenti da inoculo); prove di distribuzione meccanica in agrumeti del digestato

Referente: Simona Fabroni (CREA-OFA)

Linea 3 di attività: prove, prima in laboratorio, poi su un impianto pilota, per la formulazione di concimi organo-minerali con microelementi a partire dalla frazione fluida del digestato.

Referente: Giancarlo Rocuzzo (CREA-OFA)

Linea 4 di attività: prove agronomiche per la valutazione delle proprietà fertilizzanti e dell'eventuale fitotossicità del digestato in contenitore su piante di agrumi ornamentali o su portinnesto.

Referente: Giancarlo Rocuzzo (CREA-OFA)

Linea 5 di attività: analisi preliminare delle normative vigenti, nazionali e regionali sull'impiego del digestato come ammendante in agricoltura; valutazione economica relativa alla disponibilità a pagare per impiegare, in sostituzione degli ammendanti convenzionali, quello derivante dal processo di digestione anaerobica.

Referente: Simona Fabroni (CREA-OFA)

Abstract

L'attività svolta nell'ambito di questo task ha previsto la caratterizzazione di biomasse residuali, scarti e sottoprodotti delle principali filiere agricole e agroalimentari mediterranee da destinare alla produzione di biogas. In particolare sono state caratterizzate le seguenti matrici: insilato di sorgo, opuntia trinciata fresca, sansa a due fasi denocciolata, pollina e siero. Inoltre, 9 campioni di pastazzo di agrumi provenienti da altrettanti batch di trasformazione sono stati caratterizzati. In seguito al report elaborato, la società agricola AB Group con sede in Vittoria (RG) ha stabilito il mix da impiegare quale *feed* dell'impianto in loro possesso per una prova di fermentazione anaerobica da cui è stato ottenuto il digestato da impiegare per le attività delle linee di ricerca 3 e 4. A causa dei ritardi nell'approvazione della richiesta di spostamento fondi all'interno della voce di costo 'spese per attività esterna' da 'Consulenze ed incarichi professionali' a 'Convenzioni' inoltrata al MIPAAF in data 18/10/2016 (prot. CREA 0048417) ed in seguito approvata dal MIPAAF (prot. CREA



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

0011948 del 23/03/2017), la convenzione con il Di3A dell'Università di Catania è stata siglata in data 07/06/2017. Conseguentemente, tale attività è ancora in fase di avviamento ma sono stati già stabiliti i primi contatti informali con il laboratorio del Centro Ricerche Produzioni Animali (C.R.P.A.) S.p.A. di Reggio Emilia presso il quale si intende effettuare le prove di digestione anaerobica in continuo a partire dal mese di Settembre c.a.

1. Attività svolta

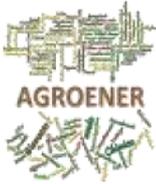
Linea 1

Il punto di forza del processo di digestione anaerobica è rappresentato dalla possibilità di combinare diversi mix di biomasse in ingresso nell'impianto in funzione delle disponibilità locali delle aree rurali in cui sorgono gli impianti. In ambiente mediterraneo, la possibilità di impiegare scarti e sottoprodotti delle principali filiere agricole e agroalimentari (es. pastazzo, sansa, siero ed altro) in codigestione con colture in secondo raccolto rispetto agli ordinamenti colturali principali e tipici (es. sulla in rotazione al grano duro) e con colture praticabili su aree marginali (es. *Opuntia spp*) rappresenta un vantaggio. In particolare, tali sottoprodotti verrebbero in tal modo valorizzati e sottratti alla filiera dei rifiuti e la loro gestione non determinerebbe costi per i produttori. L'attività svolta nell'ambito di questa linea di ricerca ha previsto la caratterizzazione di biomasse residuali fornite dalla società agricola AB Group di Vittoria (RG) cui conferiscono scarti e sottoprodotti delle principali filiere agroalimentari siciliane da destinare alla produzione di biogas. Nello specifico le materie prime caratterizzate sono state: insilato di sorgo, opuntia trinciata fresca, sansa a 2 fasi denocciolata, pollina e siero. Inoltre, 9 campioni di pastazzo di agrumi provenienti da altrettanti batch di trasformazione sono stati prelevati presso l'azienda Agrumigel di Barcellona Pozzo di Gotto (ME), preventivamente lavati, pressati e triturati ed infine caratterizzati. In seguito al report elaborato, la società agricola AB Group ha stabilito il mix da impiegare quale *feed* dell'impianto in loro possesso per una prova di fermentazione anaerobica da cui è stato ottenuto il digestato da impiegare per le attività delle linee di ricerca 3 e 4.

Linea 2 (Convenzione Di3A):

L'attività relativa a questa linea di ricerca mira a determinare il potere metanigeno BMP di miscele di biomasse tipiche mediterranee per le quali non si riescono a trovare dei riscontri in letteratura scientifica, proprio perché si tratta di un mix tipico dell'ambiente mediterraneo in cui si registra un grave ritardo tecnologico per l'intero settore della digestione anaerobica. Infatti in Sicilia sono stati censiti ad oggi solo 5 impianti di digestione anaerobica che impiegano matrici mediterranee, contro gli oltre 1.400 impianti del centro-nord Italia alimentati prevalentemente a Mais.

A causa dei ritardi nell'approvazione della richiesta di spostamento fondi all'interno della voce di costo 'spese per attività esterna' da 'Consulenze ed incarichi professionali' a 'Convenzioni' inoltrata al MIPAAF in data 18/10/2016 (prot. CREA 0048417) ed in seguito approvata dal MIPAAF (prot. CREA 0011948 del 23/03/2017), la convenzione con il Di3A dell'Università di Catania è stata siglata in data 07/06/2017. Conseguentemente, tale attività è ancora in fase di avviamento ma sono stati già stabiliti i primi contatti informali con il laboratorio del Centro Ricerche Produzioni Animali (C.R.P.A.) S.p.A. di Reggio Emilia presso il quale si intende effettuare le prove di digestione anaerobica in continuo a partire dal mese di Settembre del corrente anno, impiegando una dieta



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

comprendente un mix di pastazzo, sansa, cladodi di *Opuntia*, insilato di sulla, siero e pollina di broiler o ovaiole, in percentuali ancora da stabilire.

Considerato che da tale prova di metanazione in continuo non si otterrà una cospicua quantità di digestato da impiegare per le prove agronomiche (linee 3 e 4), ci si è rivolti all'impianto di digestione anaerobica realizzato presso la società agricola AB Group a responsabilità limitata con sede in agro di Vittoria (RG) per le forniture di digestato ottenuto a partire da sansa, pastazzo, cladodi di *Opuntia*, insilato ed altri scarti e sottoprodotti delle principali filiere mediterranee.

Linea 3

L'attività è ancora in corso a causa dei ritardi registrati in fase di stipula della convenzione di ricerca con il Di3A dell'università di Catania. Nel corso del mese di giugno c.a. presso la società agricola AB Group di Vittoria (RG) sono stati campionati kg 25 di digestato di entrambe le frazioni (fluida e solida). Riguardo alla formulazione di concimi organo-minerali si prevede di effettuare, in laboratorio, delle prove preliminari di miscelazione della frazione fluida del digestato con i fertilizzanti a base di microelementi normalmente impiegati in fertirrigazione, al fine di escludere la presenza di precipitati e valutare la possibilità d'impiego dei nuovi formulati per la fertirrigazione delle colture arboree.

Linea 4

La filiera del biogas rappresenta un ottimo esempio di economia circolare, ovvero di un sistema a ciclo chiuso in cui tutti i prodotti sono risorse e non rifiuti. Fondamentale per la chiusura del ciclo, è il corretto impiego agronomico del digestato che ha un ruolo chiave sia in un'ottica di miglioramento della compatibilità ambientale dell'impianto di digestione anaerobica con l'ambiente rurale sia in termini di riduzione dei costi e della dipendenza dell'azienda agricola dai concimi di sintesi. L'attività è ancora in corso a causa dei ritardi registrati in fase di stipula della convenzione di ricerca con il Di3A dell'università di Catania. Nel corso del mese di giugno c.a. presso la società agricola AB Group di Vittoria (RG) sono stati campionati kg 25 di digestato di entrambe le frazioni (fluida e solida). Per la valutazione dell'efficacia e dell'eventuale fitotossicità delle varie frazioni del digestato saranno predisposte delle prove agronomiche per la valutazione delle proprietà fertilizzanti del digestato in contenitore su piante di agrumi ornamentali.

Linea 5 (Convenzione Di3A):

L'impiego agronomico del digestato, sia tal quale che separato, è disciplinato da specifiche norme europee, nazionali e regionali. In particolare, l'emanazione del Decreto Interministeriale n. 5046 del 25/02/2016 regola inequivocabilmente le procedure per l'impiego del digestato per l'utilizzazione agronomica, al fine di consentire alle sostanze nutritive ed ammendanti in esso contenute di svolgere un ruolo utile al suolo agricolo, realizzando un effetto concimante, ammendante, irriguo, fertirriguo o correttivo sul terreno oggetto di utilizzazione agronomica, in conformità ai fabbisogni quantitativi e temporali delle colture. Tale impiego agronomico deve rispettare dosi, tempi e modalità di spandimento descritte nel decreto sopra citato.

Per quanto attiene la valutazione economica relativa alla disponibilità a pagare il digestato, in sostituzione degli ammendanti convenzionali, l'attività sarà avviata quando sarà definito il protocollo da seguire ed il disegno dell'indagine sperimentale da condurre. Tale attività verrà

comunque svolta solo successivamente rispetto alle prove di metanazione poiché si dovranno definire i parametri qualitativi del digestato per il quale si richiederà la disponibilità a pagare.

2. Risultati e deliverable

Linea 1 di attività - D.3.6.1:

I risultati della caratterizzazione chimico-fisica dei campioni di pastazzo è di seguito riportata:

Campione	pH	Umidità (%)	Solidi totali (%)	Solidi volatili (%)	Solidi fissi (%)	Resa in olio (ml olio/100 g)	N tot (%)
1	3,81 ± 0,013	83,35 ± 0,03	16,65 ± 0,03	91,38 ± 0,63	8,62 ± 0,09	0,78 ± 0,11	1,43 ± 0,28
2	3,85 ± 0,028	83,05 ± 0,14	16,95 ± 0,14	92,42 ± 0,14	7,58 ± 0,07	0,39 ± 0,04	1,95 ± 0,17
3	3,95 ± 0,004	96,44 ± 0,90	3,56 ± 0,90	70,88 ± 1,71	29,12 ± 0,12	0,07 ± 0,01	1,23 ± 0,08
4	3,60 ± 0,002	97,59 ± 0,09	2,41 ± 0,09	89,32 ± 1,33	10,68 ± 0,08	0,11 ± 0,01	1,53 ± 0,08
5	4,12 ± 0,020	82,36 ± 0,25	17,64 ± 0,25	96,60 ± 0,35	3,4 ± 0,08	0,65 ± 0,07	1,28 ± 0,12
6	3,57 ± 0,019	82,83 ± 0,45	17,17 ± 0,45	96,97 ± 3,19	3,03 ± 0,02	0,25 ± 0,07	1,47 ± 0,34
7	2,40 ± 0,031	83,08 ± 0,95	16,92 ± 0,95	98,70 ± 0,50	1,30 ± 0,02	0,06 ± 0,01	1,17 ± 0,18
8	3,77 ± 0,004	83,07 ± 0,29	16,93 ± 0,29	95,42 ± 2,91	4,58 ± 0,21	0,34 ± 0,02	1,57 ± 0,23
9	3,75 ± 0,017	86,05 ± 0,18	13,95 ± 0,18	95,21 ± 2,59	4,79 ± 0,05	0,34 ± 0,02	1,21 ± 0,15

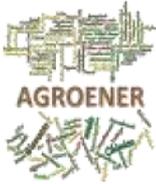
I risultati della caratterizzazione delle biomasse da destinare alla produzione di biogas fornite dalla società agricola AB Group di Vittoria (RG) sono di seguito riportati:

Campione	pH	Umidità (%)	Solidi totali (%)	Solidi volatili (%)	Solidi fissi (%)	N tot (%/‰)
Sansa 2 fasi denocciolata	5,4 ± 0,013	21,29 ± 0,28	78,71 ± 0,28	95,94 ± 0,26	4,06 ± 0,26	10,4 ‰
siero	2,9 ± 0,028	95,67 ± 0,04	4,33 ± 0,04	78,49 ± 0,45	21,51 ± 0,45	1,7 ‰
pollina	7,3 ± 0,004	37,48 ± 0,39	62,52 ± 0,39	72,61 ± 0,18	27,39 ± 0,18	32,2 ‰
Insilato di sorgo	3,8 ± 0,002	65,64 ± 5,32	34,36 ± 5,32	92,87 ± 1,44	7,13 ± 1,44	2,7 ‰
Cladodi di opuntia	4,29 ± 0,00	89,76 ± 0,05	10,24 ± 0,05	76,86 ± 0,30	23,14 ± 0,30	0,1 ‰

La dieta cioè il mix da impiegare quale *feed* dell'impianto è stata di conseguenza formulata come segue (% in peso t.q.):

- 6% insilato di sorgo
- 1 % opuntia trinciata fresca
- 15 % sansa 2 fasi
- 15 % pastazzo
- 15 % pollina
- 25 % siero
- 23 % digestato ricircolato

Linea 2 di attività (Convenzione Di3A, non ancora conclusa):



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

L'attività è ancora in corso a causa dei ritardi registrati in fase di assegnazione dell'incarico di collaborazione alla ricerca (convenzione di ricerca).

Linea 3 di attività (non ancora conclusa):

L'attività è ancora in corso a causa dei ritardi registrati in fase di assegnazione dell'incarico di collaborazione alla ricerca (convenzione di ricerca).

Linea 4 di attività (non ancora conclusa):

L'attività è ancora in corso a causa dei ritardi registrati in fase di assegnazione dell'incarico di collaborazione alla ricerca (convenzione di ricerca).

Linea 5 di attività (Convenzione Di3A, non ancora conclusa):

L'attività è ancora in corso a causa dei ritardi registrati in fase di assegnazione dell'incarico di collaborazione alla ricerca (convenzione di ricerca).

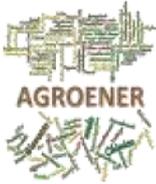
3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

A causa dei ritardi nell'approvazione della richiesta di spostamento fondi all'interno della voce di costo 'spese per attività esterna' da '*Consulenze ed incarichi professionali*' a '*Convenzioni*' inoltrata al MIPAAF in data 18/10/2016 (prot. CREA 0048417) ed in seguito approvata dal MIPAAF (prot. CREA 0011948 del 23/03/2017), la convenzione con il Di3A dell'Università di Catania è stata siglata in data 07/06/2017. Conseguentemente, tale attività è ancora in fase di avviamento. Nelle more dell'attesa dell'approvazione della richiesta da parte del MIPAAF sono state già programmate le prove di digestione anaerobica in continuo che saranno effettuate a partire dal mese di settembre c.a. presso il laboratorio del Centro Ricerche Produzioni Animali (C.R.P.A.) S.p.A. di Reggio Emilia. Contestualmente, al fine di dare inizio alle attività previste, come da articolazione temporale del progetto, sono state reperite le materie prime e le frazioni di digestato presso un impianto di digestione anaerobica operante in Sicilia.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

6. Elenco pubblicazioni



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

WP4: Bioraffinerie integrate in cicli produttivi agroalimentari

WP leader: Daniele Pochi (CREA-IT)

L'obiettivo del WP4 è studiare, sperimentare e sviluppare soluzioni di processo originali ed innovative (smart-technologies) per la produzione e valutazione di prodotti di origine vegetale o, comunque biologica a ridotto impatto ambientale, da impiegare nei processi produttivi dell'agro-industria, anche in funzione del miglioramento qualitativo dei prodotti.

Il WP è articolato in quattro task che affrontano aspetti diversi della produzione di formulati a base vegetale.

Le task 4.1 e 4.2 fanno riferimento alla messa a punto di processi per la produzione di *Single Cell Oils* (SCO) a partire rispettivamente da substrati ligno-cellulosici e da scarti dell'industria agro-alimentare. Si tratta di attività altamente innovative, basate su una successione di delicate fasi per la messa a punto del processo ottimale di produzione di olio la cui fase finale, in entrambe le task è rappresentata da un processo fermentativo ad opera di ceppi batterici selezionati alla produzione di oli con caratteristiche idonee per l'impiego come base per bio-lubrificanti o bio-combustibili. Il lavoro svolto in queste due task a livello di laboratorio. I processi ottimali di trasformazione individuati in laboratorio costituiranno la base per affrontare la fase successiva (realizzazione di un impianto pilota).

La task 4.3 è finalizzata alla produzione, a partire da colture oleaginose, olio con caratteristiche idonee ad utilizzi industriali (biocombustibili e biolubrificanti), ma anche alla valorizzazione dei pannelli residui dall'estrazione dell'olio dai semi utilizzati per la produzione di idrolizzati proteici fertilizzanti/biostimolanti. Al termine del primo ciclo produttivo, è in corso la preparazione del primo quantitativo di olio da provare come lubrificante.

In prospettiva, gli oli prodotti nei processi studiati dalle tre task saranno caratterizzati dal punto di vista chimico-fisico. In base ai risultati osservati dovranno essere modificati tramite aggiunta di opportuni additivi, per essere in grado di resistere a sollecitazioni meccaniche, chimiche (ossidazione) e termiche tipiche delle macchine agricole.

La task 4.4 si occupa della valutazione dell'idoneità degli oli prodotti dalle precedenti task ad essere utilizzati per il funzionamento di macchinari (agricoli e non). La valutazione avverrà tramite un banco prova appositamente realizzato per applicare all'olio carichi di lavoro controllati e verificando l'evoluzione delle caratteristiche chimico-fisiche nel corso del test di fatica.

Ad un anno dall'avvio del progetto, nonostante alcune difficoltà iniziali, dovute a fattori esterni al progetto, ma che ne hanno condizionato l'attività, questa procede ora a pieno regime: alcuni importanti risultati sono stati conseguiti e sono esposti nei paragrafi che seguono.



Task 4.1: Idrolizzati enzimatici a basso tenore di azoto e di inibitori da biomassa lignocellulosica per la filiera del biodiesel di II generazione

Task leader: Stefania Galletti (CREA-AA)

Linea 1 di attività: Pretrattamenti di biomasse lignocellulosiche

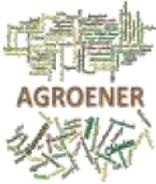
Referente: Stefania Galletti (CREA-AA)

Abstract

Lo sfruttamento della lignocellulosa per la produzione di biodiesel di II generazione necessita dello studio di protocolli di pre-trattamento e idrolisi enzimatica specifici al fine di ottenere substrati zuccherini adatti alla fermentazione da parte di microrganismi oleaginosi, pertanto poveri di N e a basso contenuto di inibitori. Nel gennaio 2017 è stato prelevato un campione di biomassa epigea di *Arundo donax* (al termine della traslocazione dell'azoto nei rizomi) che è stato macinato, setacciato (<0.25 mm), analizzato per la fibra (41.4% cellulosa, 28.6 % emicellulosa, 8.2 % lignina) e contenuto di C e N (C = 46.1%, N = 0.44%, C/N = 105). Una slurry acquosa al 10% è stata pre-trattata con soda (120°C, 20 min), a concentrazioni crescenti (0-18% w/w sulla biomassa) e caratterizzata poi per le diverse componenti (frazione solida insolubile, estrattivi da acqua, estrattivi da NaOH). L'analisi spettrofotometrica della frazione liquida ha rivelato la presenza di composti aromatici, associabili alla lignina solubilizzata dalla soda. La presenza di eventuali inibitori è stata valutata tramite biosaggio *in vitro* nei confronti della crescita di colonie fungine. L'effetto inibitorio, talora letale, osservato su diverse specie fungine, se confermato anche sui microrganismi oleaginosi, suggerisce di valutare l'opportunità di scartare la frazione liquida ottenuta dopo pre-trattamento alcalino e avviare a idrolisi enzimatica la sola frazione solida.

1. Attività svolta

Lo sfruttamento di substrati lignocellulosici per produrre oli microbici (Single Cell Oil, SCO) al fine di ottenere biodiesel di II generazione necessita di un pre-trattamento per distruggere la struttura della parete cellulare ed esporre l'olocellulosa agli enzimi idrolitici, per l'ottenimento di un substrato zuccherino idoneo alla fermentazione con microrganismi. Un pre-trattamento ideale dovrebbe minimizzare gli input chimici ed enzimatici per ridurre i costi ma anche il contenuto di azoto. E' desiderabile infatti un alto rapporto C/N per favorire l'accumulo di lipidi da parte dei microrganismi oleaginosi. Si è scelto quindi di lavorare con *Arundo donax*, in quanto la biomassa epigea raccolta in inverno, dopo che la traslocazione dell'azoto verso il rizoma è completata, dovrebbe presentare un elevato rapporto C/N idoneo alla produzione di SCO. Inoltre ci si è orientati verso un pre-trattamento alcalino per ridurre la produzione di inibitori, tipica dei pre-trattamenti acidi, e per mantenere la componente emicellulosica assieme alla cellulosa che



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

viceversa verrebbe allontanata in caso di pre-trattamenti acidi, migliorando potenzialmente le rese finali in SCO.

Nel corso del primo anno di progetto, nel gennaio 2017 è stato raccolto un campione rappresentativo di *A. donax* da un canneto sperimentale di due anni di età realizzato in ambito AGROENER (Task 2.2 - Ceotto) ad Anzola Emilia (BO). Il campione è stato essiccato in stufa a 50°C, macinato e setacciato a < 0.25 mm.

Il materiale è stato quindi caratterizzato come segue:

La composizione della fibra è stata determinata secondo il metodo Van Soest.

Il rapporto C/N della biomassa macinata è stato determinato tramite un analizzatore degli elementi C, H e N (Leco, CHN Truspec). Inoltre è stato determinato il C/N di un enzima cellulolitico commerciale (C2730, Sigma) al fine di determinare il rapporto C/N ottenibile in un idrolizzato enzimatico di arundo in funzione della dose di enzima.

Il materiale è stato sottoposto a pre-trattamento alcalino. Uno studio preliminare di pre-trattamento e idrolisi condotto su *A. donax* in confronto ad altre specie lignocellulosiche ha suggerito l'opportunità di pre-trattare a dosi >10% di NaOH (w/w), per la presenza di acetato nella biomassa di arundo, che in parte neutralizza gli alcali.

Quindi, un grammo di arundo, essiccato, macinato e setacciato come descritto sopra, è stato trattato per 20 min a 120°C con una soluzione di NaOH a diverse concentrazioni al fine di ottenere rapporti NaOH/biomassa di 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18% (w/w) in un volume finale di 10 ml (slurry 10%). I campioni sono stati poi centrifugati e i surnatanti opportunamente diluiti sono stati analizzati allo spettrofotometro in micropiastre (280-1000 nm) per valutarne la capacità di pre-trattamento della lignocellulosa. E' stato inoltre effettuato un bilancio di massa delle diverse frazioni ottenute dopo il pre-trattamento (frazione solida insolubile, estrattivi da acqua e estrattivi da soda) per valutare l'efficacia delignificante del pre-trattamento.

La frazione liquida ottenuta in seguito al pre-trattamento con soda al 12% (w/w) è stata valutata per la presenza di inibitori, dopo neutralizzazione, in confronto ad un pre-trattamento con acqua. E' stato quindi effettuato un biosaggio *in vitro* per determinare l'inibizione della crescita delle colonie di alcune specie fungine disponibili in laboratorio, in attesa di potersi procurare microrganismi oleaginosi specifici. L'estratto è stato saggiato a diverse concentrazioni (dal 10 all' 80%) in piastre Petri contenenti Potato Dextrose Agar (PDA).

2. Risultati e deliverable

La composizione della fibra della biomassa epigea di *A. donax* raccolta in gennaio è risultata 41.4% cellulosa, 28.6 % emicellulosa, 8.2 % lignina (ADL), sui solidi totali.

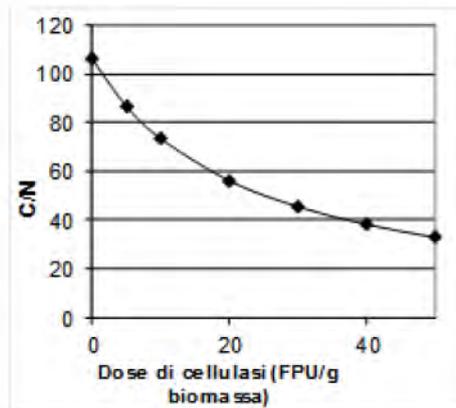


Figura 1: C/N del mix biomassa di arundo e cellulasi C2730 in funzione della dose di enzima (FPU/g di biomassa)

Il rapporto C/N del campione allo studio è risultato 105 (C = 46.1%, N = 0.44%). La Fig. 1 riporta il valore di C/N di un mix di biomassa e cellulasi C2730 in funzione della dose di enzima, mostrando come il C/N del mix diminuisca all'aumentare della dose di cellulasi.

La frazione liquida ottenuta dopo il pre-trattamento alcalino ha mostrato valori di assorbanza crescenti all'aumentare della concentrazione di NaOH nella regione del visibile e nel near-UV. È stato osservato inoltre un aumento sigmoidale dell'assorbanza fino ad un plateau, corrispondente al 14-16% di NaOH, mentre metà del massimo è stato osservato intorno a 8-10% di NaOH. Lo spettro near-UV ha mostrato due picchi sovrapposti a 300-330 nm, associabili a composti aromatici, come la lignina, solubilizzata dagli alcali (Fig. 2).

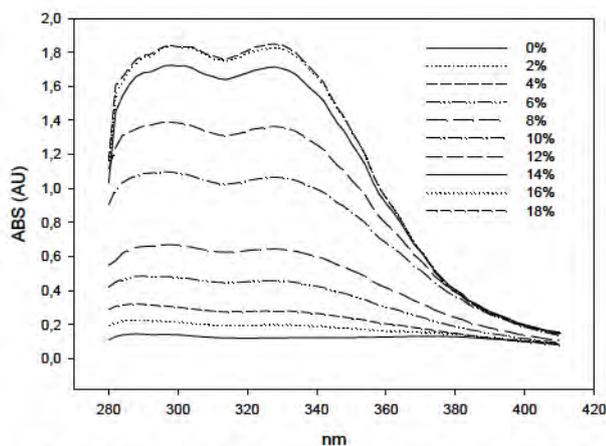


Figura 2: Assorbanza di campioni pretrattati di *A. donax* (surnatanti) con concentrazioni crescenti di NaOH

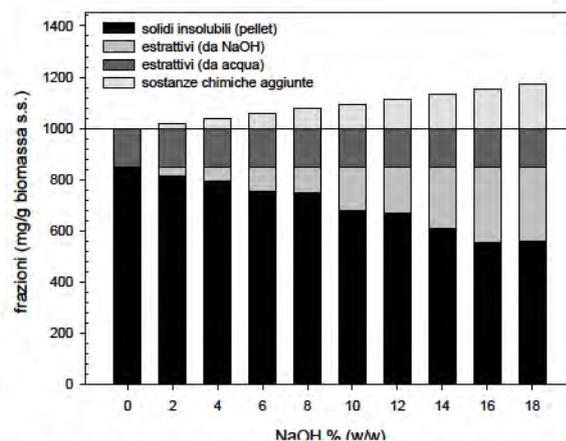
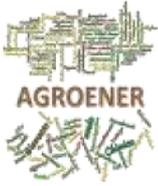


Figura 3: Bilanci di massa di *A. donax* pre-trattata con concentrazioni crescenti di NaOH

Il bilancio di massa realizzato sul materiale pre-trattato (pellet e surnatanti) essiccato e riportato in fig. 3 ha mostrato che la frazione insolubile variava dal 56 all'85%, mentre gli estrattivi variavano dal 15 al 44% in relazione alla concentrazione di soda usata per il pre-trattamento (Fig. 3).



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Nell'insieme i risultati ottenuti indicano che le concentrazioni di soda del 10-16% sono sufficientemente efficaci nel rimuovere la lignina alle condizioni utilizzate. La prova di valutazione della presenza di inibitori nella frazione liquida è stata effettuata relativamente al pre-trattamento che aveva mostrato una buona efficacia (12% NaOH), in confronto ad un pre-trattamento con acqua (0% NaOH). L'estratto acquoso non ha inibito la crescita delle colonie fungine e in qualche caso è risultato stimolante. La frazione liquida derivante dal pre-trattamento con soda ha invece mostrato una certa attività inibitoria. In particolare, la massima concentrazione dell'estratto (80%) è risultata inibire moderatamente (20-30%) la crescita delle colonie di alcuni dei microrganismi saggiati (*Fusarium verticillioides*, *Alternaria alternata* e *Phoma betae*), mentre per altri microrganismi ha prodotto effetti di inibizione della crescita >90% (*Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea*, *Trichoderma harzianum* e *T. gamsii*). Per alcuni è stata sufficiente una dose del 50% per osservare un'inibizione di crescita >95% (*Phytophthora cactorum* e *Penicillium digitatum*), per altri è stata sufficiente una dose del 30% (*Sclerotium rolfsii*, *Phanerochaete chrysosporium* e *Trametes versicolor*). La dose massima è risultata inoltre letale per *T. versicolor* e *P. cactorum*, mentre la dose del 70% ha avuto effetto fungicida su *S. rolfsii*. Questi risultati indicano la presenza di inibitori nella frazione liquida ottenuta dopo il pre-trattamento alcalino al 12% di soda e sono pertanto da verificare con i microrganismi oleaginosi, per valutare l'opportunità di avviare all'idrolisi eventualmente solo la frazione solida insolubile (pellet). L'attività finora svolta ha consentito di individuare un protocollo preliminare di pretrattamento di *A. donax*, raccolta a fine ciclo di traslocazione dell'azoto nel rizoma (gennaio) e quindi con elevato C/N, riassumibile come segue:

- 1) Essiccazione a 50°C e macinazione a <0.25 mm
- 2) Diluizione della biomassa in acqua al 10% (w/w)
- 3) Aggiunta di NaOH all' 1- 1.6% (w/w) corrispondenti al 10-16% in peso della biomassa.
- 4) Riscaldamento a 120°C per 20 min
- 5) Separazione della frazione solida così pre-trattata da avviare a idrolisi enzimatica

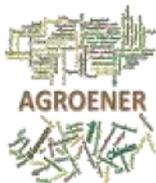
3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Il pretrattamento alcalino è stato condotto con soda anziché con calce, come inizialmente previsto, considerando la bassa solubilità di quest'ultima alla temperatura di 120°C, scelta per i test preliminari.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Assegno di ricerca biennale (vincitore Dr. Stefano Cianchetta, decorrenza 30 dicembre 2016):
"Valutazione dell'idoneità delle biomasse lignocellulosiche per la filiera del biodiesel di II generazione". (Bando CIN del 18/10/2016 - AGROENER.2)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Tirocinio formativo 10 CFU - 250 ore (3 aprile 2017- 2 agosto 2017) della studentessa Monica Nota, presso la sede di Bologna del CREA-AA, per il conseguimento della laurea triennale in Chimica Industriale. Tutor CREA Dr.ssa Stefania Galletti e Dr. Stefano Cianchetta, Tutor accademico Prof. Alejandro Hockoepler, Anno Accademico 2016-2017, Università di Bologna.

6. Elenco pubblicazioni

Cianchetta S, Bregoli, L., Galletti, S. (2017). Microplate-Based Evaluation of the Sugar Yield from Giant Reed, Giant Miscanthus and Switchgrass after Mild Chemical Pre-Treatments and Hydrolysis with Tailored Trichoderma Enzymatic Blends. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, doi:10.1007/s12010-017-2470-z, in stampa.

Task 4.2: SCO (Single Cell Oils) da scarti agroalimentari per biodiesel e biolubrificanti

Task leader: Laura Bardi (CREA-IT)

Abstract

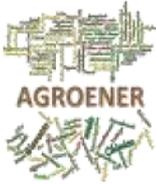
1. Attività svolta
2. Risultati e deliverable
3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate
4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive
5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione
6. Elenco pubblicazioni

Bardi L., 2017 Production of biooils from microbial biomasses. In: *Fungal Nanobiotechnology: Applications in Agriculture, Industry and Medicine*. Ed.: Ram Prasad, Springer Nature, In press.

Task 4.3: Valutazione di colture oleaginose non alimentari per l'autoproduzione di biocarburanti e/o lubrificanti nei trattori ed in altri utilizzi agricoli

Task leader: Luca Lazzeri (CREA-AA)

Linea 1 di attività: Ottenimento di olio ad alto erucico e alto oleico rispettivamente da *Crambe abyssinica* e *Carthamus tinctorium* L. e miglioramento della stabilità ossidativa e delle performance degli oli come biocarburanti e biolubrificanti



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPIAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Referente: Luca Lazzeri (CREA-AA), Bondioli (consulente Innovub)

Linea 2 di attività: valorizzazione del pannello proteico residuo di estrazione

Referente: Luca Lazzeri (CREA-AA)

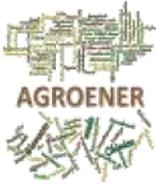
Abstract

Le attività di questa prima fase del progetto sono state dedicate al reperimento e riproduzione in campo di granella di *Crambe abyssinica* H e *Carthamus tinctorium* L., e alla programmazione delle attività analitiche previste in collaborazione con Innovub– SSI – Divisione SSOG, Milano: estrazione dell'olio dalla; raffinazione/modificazioni chimiche degli olii ottenuti; caratterizzazione degli olii modificati e non, prima e dopo le prove di utilizzo da parte di CREA-ING.

1. Attività svolta

Linea 1

- 1.1. Coltivazione di *Crambe abyssinica* e *Carthamus tinctorium* L., in essere presso l'azienda sperimentale di Budrio (BO) utilizzando le tecniche di coltivazione messe a punto presso il CREA CI di Bologna con raccolta prevista nel mese di giugno.
- 1.2. E' stato effettuato un Incontro nel mese di Maggio un incontro con il consulente Dr.Paolo Bondioli di Innovub – SSI – Divisione SSOG, Milano, per la definizione delle attività previste nell'ambito del progetto. Tali azioni sono riportate nei seguenti punti 1 - 4
 1. Valutazione dei costi di estrazione dell'olio con impianto a pressione da parte della ditta MIGche ha fornito un preventivo di 500 euro per 100 chili di seme. Un secondo preventivo è stato chiesto alla Ditta strizzasemi, senza ancora aver ricevuto alcun documento di risposta. Sarà valutato nel mese di giugno se procedere con la Ditta MIG o operare con altro impianto, valutando anche la possibilità di operare in due impianti diversi in considerazione della diversa durezza tra le due colture oggetto della sperimentazione (Crambe e Cartamo).
 2. Una volta ottenuto l'olio grezzo questo sarà caratterizzato per la viscosità (a 10 e 40 °C); l'irrancidimento dell'olio e la stabilità ossidativa mediante metodica Rancimat; residuo carbonioso Corazo; composizione qualitativa e quantitativa degli acidi grassi polinsaturi; acidità dell'olio.
 3. Un campione di 20 kg olio dei due oli sarà parzialmente raffinato con processi di filtrazione a carta, degommaggio rimozione del fosforo e neutralizzazione mediante distillazione molecolare per l'eliminazione di fosfolipidi e dell'acidità organica libera
 4. Al termine della sperimentazione dei due oli in prova è previsto a cura di Innovhub lo svolgimento delle analisi di cui al punto 2 e dell'acidità per la valutazione del livello di degradazione dell'olio



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

1.3. Forniture di materiali. In seguito alla caratterizzazione tribologica, gli oli così preparati prevista verranno consegnati a CREA-ING nei mesi di Settembre/Ottobre per la valutazione delle prestazioni in prove di banco in diversi settori quali fluidi idraulici e gli oli per la trasmissione. Come da richiesta del D. Pochi di CREA ING, sarà consegnata la fornitura di circa 20 kg dei seguenti campioni sperimentali di olio.

- a) 20 Kg di olio di crambe di estrazione dopo filtrazione a carta
- b) 20 Kg di olio di crambe filtrato su carta e parzialmente rettificato come di cui al punto 3
- c) 20 Kg di olio di cartamo di estrazione dopo filtrazione a carta
- d) 20 Kg di olio di cartamo filtrato su carta e parzialmente rettificato come di cui al punto 3

1.4. Attività di idrogenazione selettiva degli oli in prova. Parallelamente alle prove di banco su ogni batch di olio (di cui al punto a-e) saranno inoltre eseguite, su scala di laboratorio, prove di idrogenazione selettiva (metodica brevettata) al fine di valutare un eventuale innalzamento della resistenza ai processi ossidativi durante la fase di utilizzo. Tali esperimenti saranno valutati da Innovhub con le metodiche di cui al punto 2 e 4

Linea 2

Le attività programmate per questa linea di ricerca prevedono uno studio per la valorizzazione dei pannelli residui dall'estrazione dell'olio dai semi di *Crambe abyssinica* e *Carthamus tinctorium L.*, per la produzione di idrolizzati proteici fertilizzanti/biostimolanti e sono pertanto in attesa del termine della fase di coltivazione/estrazione prevista nella linea 1 di ricerca.

2. Risultati e deliverable

I risultati relativi alla produzione di seme saranno disponibili dal mese di luglio.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Non si sono registrati scostamenti significativi dalle attività proposte.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

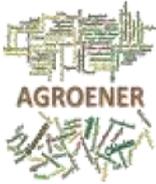
Al momento non sono richieste attività integrative

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

6. Elenco pubblicazioni

Task 4.4: Centro dimostrativo per la produzione aziendale di biogas e biometano e l'utilizzo in motorizzazioni sperimentali (gruppi elettrogeni, trattrici)

Task leader: Daniele Pochi



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

1. Attività svolta

L'obiettivo della task consiste nella realizzazione di un sistema di prova composito che consenta di effettuare una valutazione oggettiva oli a base vegetale per le applicazioni descritte in precedenza. L'attività sarà articolata secondo le linee di seguito descritte.

Linea 1: Realizzazione di un banco-prova per la verifica delle prestazioni degli oli a base vegetale impiegati come lubrificanti di trasmissioni e per l'azionamento di impianti idraulici.

Caratteristica fondamentale del banco prova è che deve consentire di impostare le condizioni di prova e ripeterle indefinitamente in modo da poter sottoporre diversi prodotti alle stesse sollecitazioni ed avere quindi la possibilità di effettuare valutazioni comparative sulle funzioni dell'olio: 1. Azione lubrificante, 2. Azione oleodinamica 3. Funzione combinata.

Una parte del banco prova è stata realizzata nell'ambito del progetto BIT3G e ciò consentirà di passare rapidamente alla fase operativa (linee 4 e 5). Nel primo anno di progetto sono state apportate le seguenti modifiche al banco prova per consentire la il migliore controllo delle condizioni di prova.

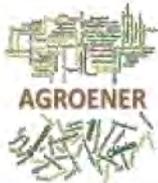
1. Il sistema raffreddamento dell'olio è stato dotato di un sistema modulabile di ricircolo dell'acqua di raffreddamento che consente il perfetto controllo della temperatura dell'olio nel serbatoio a salvaguardia delle componenti dell'impianto
2. È stato installato un sistema di riscaldamento controllato dell'olio (fino ad oltre 100°C) in modo da aumentare lo stress termico e le condizioni generali di stress dell'olio, riducendone la durata di vita.
3. Sono stati inseriti nel circuito del banco prova alcuni sensori in grado di monitorare alcuni parametri indicativi della qualità dell'olio (viscosità, densità, costante dielettrica, ecc.) nel corso del lavoro

E' stato infine realizzato un secondo banco prova semplificato per il test specifico dei sensori in condizioni controllate (test di contaminazione con metalli, acqua, miscele variabili di olio nuovo e vecchio)

Linea 2: sono state messe a punto le metodologie di utilizzo del banco prova, definendo le condizioni di prova, e i protocolli di utilizzo dell'impianto nelle varie fasi: durata del test e condizioni di lavoro e procedure di campionamento; operazioni di pulizia dell'impianto fra un test; aspetti di sicurezza legati all'utilizzo dell'impianto.

Linea 3: Attività non ancora avviata.

Linea 4: Sono stati effettuati test comparativi fra quattro oli di tipo UTTO di origine vegetale, di sintesi e minerali. Nel corso dei test sono stati prelevati campioni di olio da analizzare per valutare le modifiche delle proprietà e verificare la correttezza delle misure effettuate dai sensori.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Linea 5: Prova di prodotti UTTO a base vegetale su trattori nel normale utilizzo aziendale per un periodo di almeno un anno. Tale attività avverrà successivamente.

2. Risultati e deliverable

- Banco Prova - Manuale di descrizione tecnica
- Banco Prova - Protocollo per la verifica delle caratteristiche funzionali di fluidi oleodinamici ed UTTO di origine biologica e tradizionali
- Banco Prova - Protocollo di sicurezza
- Rapporto 1° UTTO: BIT3G-UTTO-C-1 (Panolin) (49 ore)
- Rapporto 2° UTTO: BIT3G-UTTO-2-NOVAMONT (30 ore)
- Rapporto 2° UTTO: BIT3G-UTTO-2-NOVAMONT (153 ore)
- Rapporto 3° UTTO: BIT3G-UTTO-2-NOVAMONT (167 ore)
- Rapporto 2° UTTO: BIT3G-UTTO-C-1 (Panolin) (49 ore)

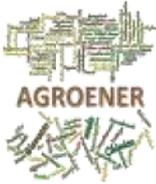
3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Sarà fondamentale la risoluzione dei problemi di tipo amministrativo dell'ente che hanno, di fatto, impedito lo svolgimento dell'attività dalla fine del 2016 ad oggi

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

6. Elenco pubblicazioni



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

WP 5: Realizzazione impianti sperimentali, dimostrazioni e divulgazione

WP leader: Francesco Gallucci (CREA-IT)

Task 5.1: Dimostrazione e divulgazione sull'uso della biomassa da piantagioni dedicate e da formazioni forestali di prossimità territoriale. Task leader: Giulio Sperandio (CREA-IT)

Attività svolta: Costituzione di piantagioni energetiche sperimentali-dimostrative con cloni di pioppo e elaborazione statistica dei dati. Caratterizzazione dendrometrica delle piantagioni. Implementazione di un sistema informativo-territoriale su base GIS.

Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate: riduzione, della superficie da investire a colture forestali energetiche programmate inizialmente per una superficie di 10 ettari.

Attività di formazione, divulgazione e disseminazione – Pubblicazioni: Poster informativo dal titolo "Una microfiliera di produzione di cippato e pellet per autoconsumo energetico" presso la Fiera Agralia, Sora (FR) in data 12/03/2017. Poster al XI Congresso Nazionale SISEF: "La foresta che cambia, Ricerca, qualità della vita e opportunità in un paese in transizione" che si terrà a Roma il 10-13 ottobre 2017.

Task 5.2: Produzione dimostrativa di pellet su piccola scala per la valorizzazione della biomassa di diversa origine. Task leader: Vincenzo Civitarese (CREA-IT)

Attività svolta: Ricerca sulle tecnologie da impiegare nel trattamento termico della biomassa (essiccatori). Analisi del processo di pellettizzazione e realizzazione di una piccola linea per la pellettizzazione.

Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate: L'approvvigionamento della biomassa prevista nel 3° quadrimestre (09/02/2017 - 09/06/2017), è stata posticipata alla fine del IV. L'attività di individuazione di metodologie e tecnologie esistenti sul mercato per il trattamento termico delle biomasse, prevista nel 4° quadrimestre (09/10/2016 - 09/02/2017), è stata anticipata al 3° quadrimestre.

Attività di formazione, divulgazione e disseminazione – Pubblicazioni: Poster informativo dal titolo "Una microfiliera di produzione di cippato e pellet per autoconsumo energetico" esposto presso la Fiera Agralia, Sora (FR) in data 12/03/2017.

Task 5.3: Verifica della fattibilità del recupero di biomasse erbacee per impianti dimostrativi a biogas. Task leader: Luigi Pari (CREA-IT)

Attività svolta: Ricerca e analisi di diversi sistemi meccanici, che consentono di recuperare e valorizzazione le diverse frazioni dei residui di trebbiatura e vegetazione fluviale. Studio e valutazione della diffusione degli elementi contaminanti, preparazione di talee di canna, allevamento in serra in immersione, trapianto in terra e contaminazione. Identificazione di 10 genotipi in grado di produrre variazioni del colore della buccia a seguito di accumulo di specifiche sostanze funzionali.

Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate: Slittamento delle attività di almeno 2-3 mesi a causa di problemi amministrativi dovuti alla possibilità di effettuare acquisti.

Attività di formazione, divulgazione e disseminazione – Pubblicazioni: -

Task 5.4: Sistema innovativo per la valorizzazione agricola del digestato. Task leader: Luigi Pari (CREA-IT)

Attività svolta: Sopralluoghi e riunioni in aziende interessate all'attività.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate: -

Attività di formazione, divulgazione e disseminazione – Pubblicazioni: -

Task 5.5: Innovazione, dimostrazione e divulgazione della qualità del pellet. Task leader: Corrado Costa (CREA-IT)

Attività svolta: In collaborazione con ENAMA sono stati collezionati e caratterizzati circa 30 campioni di pellet al fine di ottenere metodi indiretti di stima delle proprietà chimico-fisiche.

Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate: -

Attività di formazione, divulgazione e disseminazione – Pubblicazioni: 3 lavori su riviste internazionali; poster al XXXVII CIOSTA & CIGR Section V Conference - Research and Innovation for the Sustainable and Safe Management of Agricultural and Forestry Systems - 13-15 June, Palermo, Italy (<http://www.aidic.it/ciosta2017/>); Partecipazione al Maker Faire 2016 (<http://www.makerfairerome.eu/it/>) per presentare il progetto Agroener ed un prototipo di qualificazione rapida del pellet. Pubblicazioni:

- Costa C, Taiti C, Zanetti M, Proto A, D'Andrea S, Greco R, Demattè L, Mancuso S, Cavalli R, SUBMITTED. Assessing VOC emission by wood pellets using the PTR-ToF-MS technology. SUBMITTED TO CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS ISSN: 1974-9791 submitted on 15/03/2017.
- Zanetti M, Greco R, Costa C, Cavall R, SUBMITTED. Changes of particle size classification of wood chips according to the new standard rules for domestic use. SUBMITTED TO BIOMASS AND BIOENERGY (IF2015=3.249, Q1) submitted on 19/04/2017.

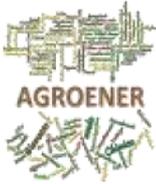
Task 5.6: Centro dimostrativo CREA-ING: Filiera energetica biomasse biogas/biometano: Utilizzo della biomassa e qualità delle emissioni dei sistemi di combustione nell'utilizzo del biogas/biometano, syngas e della biomassa. Task leader: Francesco Gallucci (CREA-IT)

Attività svolta: Prove di digestione anaerobica, analisi di biogas e biometano a partire da reflui zootecnici e FORSU in seguito al processo di upgrading del biogas mediante zeoliti naturali. Prove di combustione in caldaia, di gassificazione con sistema downdraft e di pirolisi con reattore updraft. Caratterizzazione chimico-fisica della biomassa lignocellulosica, determinazione del contenuto di PCDD, PCDF, IPA e PCB, la determinazione dei TOC e VOC, SO_x, CO, CO₂, NO_x e O₂. Caratterizzazione del syngas grezzo e purificato mediante zeoliti naturali, composizione chimica del gas (CO, H₂, CH₄, O₂, N₂, CO₂) e contenuto di TAR. Produzione di biochar e prove di fitotossicità.

Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate: Questioni di carattere amministrativo legate agli acquisti e stipula di convenzioni necessarie per lo svolgimento delle attività.

Attività di formazione, divulgazione e disseminazione – Pubblicazioni: poster alla European Biomass Conference and Exhibition (EUBCE), Stoccolma 12-15 giugno 2017. E' stato anche presentato un lavoro all'11th AIAA 2017 Conference, Bari 5-8 luglio 2017. Pubblicazioni:

- F. Gallucci, L. Longo, L. Pari, M. Salerno, M. Carnevale, V. Paolini, A. Colantoni. *Assessment of syngas produced by gasification with air of vine prunings through a downdraft reactor*. EUBCE, 2017.
- F. Gallucci, M.Salerno, E.Guerriero, M.Amalfi, F.Palmieri. *Research facility assessment for biomass combustion in moving grate furnaces*. EUBCE, 2017.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

- F. Petracchini, F. Liotta, V. Paolini, M. Perilli, D. Cerioni, F. Gallucci, M. Carnevale, A. Bencini. *Multi-stage semi-dry anaerobic digestion of msw and cattle manure improved by natural zeolites*. EUBCE, 2017.
- M. Amalfi, F. Palmieri, F. Gallucci, E. Guerriero. *Mimo modelling of a moving grate furnace by finite impulse response filters*. EUBCE, 2017.
- M. Amalfi, F. Palmieri, F. Gallucci, E. Guerriero. *Indirect analysis of a moving grate furnace: flue gas moisture sensing and faulty condition on packed bed*. EUBCE, 2017.
- A. Colantoni, L. Longo, F. Gallucci, D. Monarca. *Pyro-gasification of hazelnut pruning using a downdraft gasifier for concurrent production of syngas and biochar*. Contemporary Engineering Sciences, Vol. 9, 2016, no. 27, 1339 – 1348.
- V. Paolini, F. Petracchini, C. Lo Piano, L. Longo, A. Colantoni, M. Carnevale, F. Gallucci. *Tar removal from syngas with natural zeolites from tuffs: wet scrubbing and catalytic cracking*. EUBCE, 2017.
- A. Colantoni, F. Gallucci, D. Monarca, M. Cecchini, A.R. Proto, L. Longo. *Characterization of biochar obtained from pyro-gasification of Jatropha Curcas residues through an updraft reactor*. AIIA Conference, 2017.

Task n. 5.7: Sistemi dimostrativi per la produzione di biogas da prodotti derivati contaminati da micotossine Task leader: Claudio Fabbri (CRPA)

Attività svolta: Campionamenti di digestato in impianti di biogas per valutare la sedimentazione e della flottazione del digestato. Analisi delle micotossine DON, tossine T2+H2 e alternariolo. Test BMP per la misura del potenziale metanigeno.

Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate: La fase di organizzazione e messa a regime dell'attività ha richiesto più tempo del previsto.

Attività di formazione, divulgazione e disseminazione – Pubblicazioni: Presentazione orale dal titolo: "Uso energetico di substrati a base di frumento contaminato da micotossine" presso la sede di Confcooperative di Bologna durante l'evento "MAIS: LA COOPERAZIONE INCONTRA LA RICERCA. UNA GIORNATA DI APPROFONDIMENTO E CONFRONTO", Bologna 15 marzo 2017.

Task n. 5.8: Centro dimostrativo per la produzione aziendale di biogas e biometano e l'utilizzo in motorizzazioni sperimentali (gruppi elettrogeni, trattrici). Task leader: Daniele Pochi (CREA-IT)

Attività svolta: Realizzazione di un sistema per l'utilizzo di una miscela di bio-metano e bio-idrogeno come combustibile per la produzione di energia elettrica e termica.

Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate: Problemi di tipo amministrativo.

Attività di formazione, divulgazione e disseminazione – Pubblicazioni: -

Si presenta, di seguito, il dettaglio delle attività svolte.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Task 5.1: Dimostrazione e divulgazione sull'uso della biomassa da piantagioni dedicate e da formazioni forestali di prossimità territoriale

Task leader: Giulio Sperandio (CREA-IT)

Linea 1 di attività: Valutazione delle potenzialità di autoapprovvigionamento di biomassa.

Referente: Giulio Sperandio (CREA-IT)

Linea 2 di attività: Implementazione di un sistema informativo-territoriale su base GIS.

Referente: Vincenzo Civitarese (CREA-IT)

Linea 3 di attività: Valutazione della sostenibilità economica ed energetica.

Referente: Giulio Sperandio (CREA-IT)

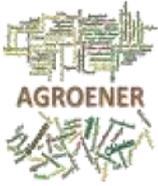
Abstract

Per l'attività della linea 1, si è proceduto alla costituzione, su piccola superficie, di piantagioni energetiche sperimentali-dimostrative con diversi cloni di pioppo al fine di individuare quelli con maggiore produttività ed utilizzarli, nei prossimi anni, su più ampia superficie. Sono stati elaborati in termini statistici i dati relativi agli attecchimenti dei diversi cloni, evidenziando già differenze significative fra di essi. È stata avviata la caratterizzazione dendrometrica delle piantagioni energetiche di pioppo già presenti in azienda. È stata effettuata una prima stima della biomassa attualmente presente e potenzialmente utilizzabile per fini energetici interni. Nella Linea di attività 2, è iniziata l'implementazione di un sistema informativo-territoriale su base GIS, sia per quanto riguarda l'area delle piantagioni energetiche che per un'area esterna al CREA-IT dell'estensione di 100 km². In questo caso l'obiettivo è di stimare la presenza di biomassa forestale potenzialmente utilizzabile a fini energetici. Per la Linea 3, è iniziata l'attività di rilievo e monitoraggio delle operazioni colturali relative alla costituzione e gestione delle nuove piantagioni. I dati tecnico-economici registrati saranno inseriti in un archivio che costituirà la base per lo sviluppo di un'analisi della sostenibilità economica ed energetica della microfiliera di autoconsumo basata sull'impiego di biomassa locale.

1. Attività svolta

Le attività svolte nel corso del primo anno del progetto sono sinteticamente riportate di seguito:

Linea 1. L'attività sviluppata in questa prima fase, ha riguardato, relativamente al punto (a), la costituzione di una preliminare superficie dimostrativa-sperimentale di piantagioni energetiche, sia presso l'azienda del CREA-IT di Monterotondo, sia presso l'azienda del CREA-FL di Roma-Casalotti. La nuova piantagione del CREA-IT ha interessato una superficie di circa 3.900 m², distinta



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

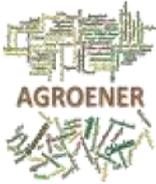
in due parcelle di 2.400 e 1.500 m². Sono stati impiegati 5 diversi cloni di pioppo, l'AF12, l'AF18, l'AF24, l'Orion e il Baldo, appositamente selezionati (gli ultimi 2 sono provenienti da selezioni del CREA-FL di Casale Monferrato) per la produzione di biomassa a scopi energetici. Il sesto d'impianto adottato è più ampio rispetto a quelli realizzati in questi ultimi anni, con distanze di 3 m tra le file e 1 m tra le piante, ottenendo una densità d'impianto pari a 3.333 piante/ha. È stato applicato un disegno sperimentale che ha previsto 8 e 4 ripetizioni per clone, rispettivamente nella parcella 1 (2.400 m²) e 2 (1.500 m²), con 20 talee per singolo clone in ogni ripetizione. Presso l'azienda del CREA-FL di Casalotti, è stato realizzato un impianto classico di pioppo con impiego di astoni di un anno, su una superficie di 9.000 m², adottando un sesto in quadro con interdistanza di 6 m.

L'attività di cui al punto (b), ha riguardato in questa prima fase l'avvio di un monitoraggio delle piantagioni energetiche attualmente presenti presso il CREA-IT, per la rilevazione delle caratteristiche dendrometriche, distinte per ciascuno dei tre cloni di pioppo già presenti (AF2, AF6 e Monviso), con la finalità di stimare la biomassa presente e quella potenzialmente impiegabile come combustibile nella centrale a biomassa del CREA-IT.

Linea 2. Nell'ambito dell'attività prevista di implementazione di un Sistema Informativo Territoriale su Base GIS riguardante l'approvvigionamento e la fornitura di biomassa alla centrale termica presente presso la sede del CREA IT di Monterotondo, sono state svolte le seguenti attività:

- elaborazione di una scheda tecnica compilativa per il monitoraggio delle superfici di interesse, contenente parte delle informazioni che verranno inserite in un "geodatabase". La scheda è stata strutturata in modo tale da poter essere compilata agevolmente in campo;
- implementazione della piattaforma GIS tramite una fase iniziale che ha previsto l'analisi e la progettazione del "Sistema", procedendo alla rappresentazione cartografica di base della sede del CREA IT di Monterotondo e della relativa area prossimale di 100 km². Una serie di layer informativi, sia raster che vettoriali, sono stati appositamente selezionati e/o realizzati in ambiente GIS mentre ulteriori strati informativi verranno implementati nel corso del progetto in funzione delle attività previste.
- costruzione del geodatabase strutturato in modo tale da contenere tutte le principali informazioni relative alle piantagioni o formazioni naturali in essere, da realizzare o da individuare nel corso del progetto e contemplare sia i campi contenuti nella scheda tecnica, sia le informazioni derivate da specifiche elaborazioni ed analisi in ambiente GIS.
- inquadramento territoriale dell'areale studio, elaborato sulla base delle informazioni contenute nel geodatabase e piattaforma GIS implementata.

Linea 3. È stato avviato il monitoraggio delle operazioni meccanizzate e manuali eseguite per la realizzazione dei nuovi impianti energetici con specie a rapida crescita (*Short Rotation Forestry* – SRF e *Medium Rotation Forestry* – MRF), con la predisposizione di un archivio di tipo tecnico-economico, dei consumi energetici delle macchine ed attrezzature impiegate e dei tempi di lavoro per singole operazioni. In una fase successiva i dati presenti nell'archivio serviranno, per sviluppare



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

una valutazione economica e dei consumi energetici delle singole operazioni, delle singole piantagioni ed a livello di microfiliera. Le operazioni monitorate sono state quelle di preparazione preliminare del terreno (rippatura e aratura superficiale), fertilizzazione, impianto, diserbo e irrigazione di soccorso, con rilievo dei tempi di lavoro e predisposizione di modelli di calcolo dei costi operativi.

2. Risultati e deliverable

Linea 1.

D.5.1.1. Monitoraggio e caratterizzazione dendrometrica delle piantagioni energetiche e delle altre formazioni forestali. 1° quadrimestre (9/06/2016 - 9/10/2016) e 3° quadrimestre (9/02/2017 - 9/06/2017)

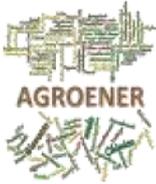
È stato impostato un archivio ordinato dei dati relativi ai rilievi dendrometrici sulle piantagioni energetiche di pioppo esistenti in azienda. I dati sono stati ordinati e distinti in relazione alla diversa età dei polloni presenti sulle ceppaie, a seguito dei vari tagli effettuati su diverse parcelle della piantagione. I parametri dendrometrici rilevati sono stati il diametro, a 1,30 m da terra, con cavalletto dendrometrico, e l'altezza delle singole piante, utilizzando un distanziometro laser. I dati sono distinti in funzione delle diverse tipologie di età dei polloni ed hanno riguardato piantagioni caratterizzate come R12F12 (radice di 12 anni, fusto di 12 anni), R12F11, R12F9, R12F6, R12F3 e R11F11. Per le diverse tipologie riscontrate sono state elaborate le curve relative ipsometriche e le relative relazioni esprimenti il peso del pollone in funzione del proprio diametro, ciò al fine di stimare la biomassa presente nelle parcelle e complessivamente nella piantagione.

Relativamente ai nuovi impianti sperimentali di SRF di pioppo (punto a), sono stati effettuati i primi rilievi sulle giovani piantine ed è stata sviluppata una prima elaborazione statistica sui dati relativi agli attecchimenti delle talee a circa 3 mesi dall'impianto. Tramite test statistico Kruskal Wallis è stato possibile evidenziare l'esistenza di differenze statisticamente significative tra i diversi cloni ($p < 0,05$), con attecchimenti più alti per Orion ($100\% \pm 0$) e Baldo ($97,2\% \pm 9,46\%$), e più bassi per l'AF24 ($95,5\% \pm 8,35\%$), l'AF28 ($93,9\% \pm 10,51\%$) e l'AF18 ($91,2\% \pm 7,34\%$). Il post hoc test di Mann Whitney non evidenzia differenze statisticamente significative tra i cloni Orion, Baldo e AF24 e tra i cloni AF18, AF24 e AF28. Orion e Baldo differiscono invece da AF18 e AF28.

D.5.1.1 - Caratterizzazione fisica della biomassa forestale. 1° quadrimestre (09/06/2016 - 09/10/2016).

È stato predisposto un archivio relativo ai dati ottenuti dalla caratterizzazione fisica di alcuni campioni di cippato prodotti tramite sminuzzatura effettuata con la cippatrice forestale FARM Forest CH260 di piante intere provenienti dalla SRF aziendale. I campioni ottenuti, sono stati caratterizzati in termini di granulometria, umidità e massa volumica apparente, secondo la normativa vigente (UNI EN 15103:2009; UNI EN 14774-2:2009; CET/TS 15149-1:2006).

D.5.1.1 - Analisi del diverso livello di meccanizzazione e di tecnologia da impiegare. 2° quadrimestre (09/10/2016 - 09/02/2017)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

È stato impostato un archivio ordinato dei dati tecnici e dei consumi energetici relativi alle operazioni colturali realizzate per la costituzione dei nuovi impianti di pioppo ed eucalipto, con analisi dei tempi di lavoro e delle macchine e attrezzature impiegate. L'archivio è in fase di integrazione con altre informazioni desunte da esperienze pregresse e da fonte bibliografica, inerenti tutte le operazioni necessarie per l'impianto meccanizzato (rippatura, aratura superficiale, erpicatura, concimazione di fondo, diserbo chimico), per la gestione ordinaria annuale (diserbo meccanico, concimazione di copertura), raccolta, stoccaggio e utilizzazione finale della biomassa.

Linea 2.

D.5.1.2 - Implementazione del sistema informativo territoriale su base GIS. 2° quadrimestre (09/10/2016 - 09/02/2017).

Allo stato attuale la piattaforma GIS comprende una CTR 1:5000, limiti amministrativi, immagine satellitare, modello digitale del terreno, network stradale, quadrante area studio, curve di livello, uso del suolo, griglia reticolare, mappa delle pendenze e mappa dei rilievi. Il geodatabase è strutturato in modo da contenere i seguenti campi: numerazione progressiva del sito rilevato, coordinata del centroide, località, distanza dalla centrale, tipologia di soprassuolo, tipologia di popolamento e sua localizzazione, età, anno di impianto, specie principale e accessoria, caratteristiche dendrometriche, viabilità prossimale di servizio, accessibilità cantieri di raccolta, superficie, pendenza, accidentalità, tipologia di intervento, livello di meccanizzazione adottabile. Al fine di individuare in maniera univoca ogni singolo appezzamento e le sue caratteristiche predominanti, garantendo in tal modo la corretta informatizzazione del dato, è stato sviluppato un codice identificativo per la catalogazione delle singole formazioni (naturali o artificiali). Tale codice si compone di cinque numeri, generati da una sequenza di sottocodici assegnati rispettivamente al numero progressivo di rilevamento, alla tipologia di soprassuolo (codici da 1 a 6), alla tipologia di popolamento (codici da 1 a 3), alla localizzazione (codici 1 e 2) e proprietà (codici 1 e 2).

Il territorio oggetto di indagine si sviluppa su una superficie di circa 10.000 ha localizzati all'interno di un quadrilatero di 10x10 km, interessando i comuni di S. Angelo Romano, Capena, Fiano Romano, Moricone, Mentana, Montelibretti, Palombara Sabina e Monterotondo. L'analisi GIS evidenzia un andamento altimetrico piuttosto contenuto, compreso tra i 20 e i 180 m s.l.m. L'intero territorio rientra nella I classe di pendenza (0-20%), ad eccezione di piccole aree non rappresentative situate alle quote più elevate dove la pendenza risulta superiore al 20%. L'elaborazione grafica della mappa "Corine Land Cover" evidenzia la distribuzione delle superfici agricole investite a frutteti (362 ha), vigneti (118 ha), uliveti (3455 ha) e delle superfici boscate. Relativamente a quest'ultimo layer informativo si delinea la forte prevalenza di cerrete collinari e boschi igrofili. La sede del CREA IT di Monterotondo dispone di una centrale termica a biomassa da 350 kWt e di diverse piantagioni arboree. La loro posizione ed estensione è stata ricostruita graficamente in ambiente GIS.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Linea 3.

D.5.1.3 – Valutazione tecnica ed economica dei processi di filiera della produzione di biomassa. 3° quadrimestre (9/02/2017 – 9/06/2017)

È stato impostato un modello informatico di valutazione dei costi delle macchine e delle attrezzature impiegate nelle diverse operazioni che riguardano la gestione e la raccolta sia delle piantagioni energetiche a rapida crescita appositamente costituite per utilizzi energetici, sia delle formazioni forestali vere e proprie per le quali si sta procedendo a predisporre, in collaborazione con la Task 2.4, un database relativo a cantieri di utilizzazione in merito alle operazioni di abbattimento, esbosco, sezionatura e cippatura delle ramaglie e dei cimali. La casistica è distinta in relazione alla tipologia di bosco e alla specie forestale predominante, con particolare riguardo ai boschi cedui e alle piantagioni specializzate di eucalipto.

D.5.1.3 – Valutazione di bilanci energetici dei processi di filiera della produzione delle biomasse. 3° quadrimestre (9/02/2017 – 9/06/2017)

Unitamente alla raccolta dati sulle operazioni meccanizzate effettuate sui nuovi impianti, è stato impostato ed è in fase di aggiornamento un archivio di informazioni tecniche inerenti i consumi energetici (consumi di gasolio) rilevati per le diverse operazioni meccanizzate eseguite sulle nuove piantagioni SRF. L'archivio è finalizzato a costituire una base significativa di dati da utilizzare negli anni successivi per sviluppare un'analisi energetica dei singoli processi produttivi e di filiera.

4. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Sono prevedibili ostacoli per la futura realizzazione, su terreni aziendali, delle nuove piantagioni energetiche, programmate inizialmente per una superficie complessiva di 10 ettari. La costituzione del centro CREA-IT, infatti, ha fatto emergere nuove esigenze che hanno ridotto la disponibilità ad impegnare i terreni aziendali alla costituzione delle suddette piantagioni.

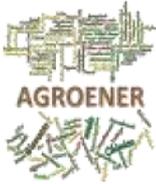
Una possibile soluzione è rappresentata dalla riduzione, rispetto a quanto programmato, della superficie da investire a colture forestali energetiche.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Al momento non si prevedono attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Nel corso del primo anno del progetto è stato preparato un poster informativo dal titolo "Una microfiliera di produzione di cippato e pellet per autoconsumo energetico" esposto presso la Fiera Agraria tenutasi a Sora (FR) in data 12/03/2017. In concomitanza di tale evento si è provveduto a distribuire ai visitatori copia in formato A4 del medesimo poster.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

È stato presentato e accettato un Poster al XI Congresso Nazionale SISEF: “La foresta che cambia, Ricerca, qualità della vita e opportunità in un paese in transizione” che si terrà a Roma il 10-13 ottobre 2017. Il titolo del lavoro è: “Valorizzazione delle biomasse forestali residuali: primi risultati del progetto Agroener”, di Verani S., Pignatti G. e Sperandio G.

6. Elenco pubblicazioni

Come indicato nel piano di attività non sono previste pubblicazioni nel corso del primo anno del progetto.

Task 5.2: Produzione dimostrativa di pellet su piccola scala per la valorizzazione della biomassa di diversa origine.

Task leader: Vincenzo Civitarese (CREA-IT)

Linea 1 di attività: Individuazione dei sistemi ottimali di pretrattamento termico.

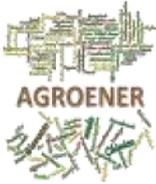
Referente: Vincenzo Civitarese (CREA-IT)

Linea 2 di attività: Pellettizzazione delle biomasse di diversa origine.

Referente: Vincenzo Civitarese (CREA-IT)

Abstract

Le attività svolte nel corso del primo anno del progetto hanno interessato la linea 1 “Individuazione dei sistemi ottimali di pretrattamento termico” e la linea 2 “Pellettizzazione delle biomasse di diversa origine”. L’indagine condotta sul processo di essiccazione ha permesso di individuare le tipologie di essiccatori esistenti sul mercato, le relative caratteristiche tecniche e funzionali e i componenti principali. Complessivamente sono stati identificate tre tipologie di essiccatori e 19 ditte produttrici/fornitrici, localizzate principalmente nel nord Italia. Per quanto concerne il processo di pellettizzazione si è provveduto ad acquisire e installare una piccola linea presso la sede del Crea IT di Monterotondo (RM). La linea risulta costituita dai seguenti componenti: biotrituratore raffinatoro BL-100 da 3 kW, con tramoggia di carico e griglie di raffinazione di diversa ampiezza, in grado di operare sia su materiale cippato che prodotto grezzo avente diametro massimo di 70 mm; pellettatrice Master 380C da 4 Kw, con tramoggia di carico, coclea per il dosaggio e agitatore di prodotto, della capacità di lavoro teorica di 40/50 kg ora; sistema di raffreddamento con regolatore di flusso; sistema di depolverizzazione a vibro vaglio.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

1. Attività svolta

Le attività svolte nel corso del primo anno del progetto hanno interessato la linea 1 "Individuazione dei sistemi ottimali di pretrattamento termico" e la linea 2 "Pellettizzazione delle biomasse di diversa origine".

Per quanto concerne la linea 1 è stata condotta una dettagliata ricerca sulle tecnologie che possono essere impiegate nel trattamento termico della biomassa. Nello specifico sono state esaminate le seguenti voci:

- finalità del processo;
- caratteristiche funzionali;
- elementi tecnici;
- processamento;
- tipologie di essiccatori;
- tecnologie esistenti sul mercato.

Relativamente alla linea di ricerca 2 sono state svolte le seguenti attività:

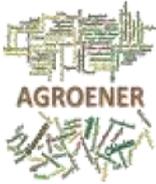
- individuazione degli elementi necessari per la realizzazione di una linea di pellettizzazione semplificata,
- analisi del processo di pellettizzazione,
- acquisto dei componenti base necessari,
- installazione degli elementi funzionali,
- implementazione della filiera di autoproduzione di pellet su piccola scala,
- valutazione e descrizione delle caratteristiche tecniche dei vari componenti,
- individuazione delle principali fonti di approvvigionamento di biomassa per la produzione di pellet.

2. Risultati e deliverable

D.5.2.2 - Definizione ed individuazione degli elementi necessari per implementare la filiera di autoproduzione di pellet. Installazione degli elementi funzionali per avviare il sistema di pellettizzazione su piccola scala. 1° quadrimestre (09/06/2016 - 09/10/2016).

Una linea completa per la produzione del pellet risulta strutturata con diversi componenti in grado di garantire l'automazione delle varie fasi operative, dall'essiccamento all'alimentazione, fino alla pesatura e insacchettamento finale. I quantitativi di biomassa da valorizzare e le finalità del progetto non richiedono la realizzazione di linee complete e, pertanto, si è proceduto all'implementazione dei soli componenti ritenuti indispensabili per la corretta gestione delle attività. La linea di pellettizzazione acquistata nell'ambito del progetto risulta costituita dai seguenti componenti:

- Biotrituratore raffinatoro BL-100 con tramoggia di carico e griglie di raffinazione di diversa ampiezza. La macchina è alimentata da un motore elettrico da 3 kW e la raffinazione avviene



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

tramite un rotore a singola lama e 8 martelli dentati flottanti in acciaio temprato. Il biotrituratore è in grado di operare sia su materiale cippato che prodotto grezzo avente diametro massimo di 70 mm.

- Pellettatrice Master 380C con tramoggia di carico, coclea per il dosaggio e agitatore di prodotto. La macchina, azionata da un propulsore elettrico da 4 Kw, è una pressa a matrice con trafila in acciaio del diametro di 120 mm (90 fori da 6 mm ciascuno) e due rulli superiori zigrinati del diametro di 75 mm. La capacità di lavoro teorica della macchina è di 40/50 kg ora.
- Sistema di raffreddamento con ventola posizionata frontalmente rispetto allo scivolo di espulsione del pellet e regolatore di flusso per uniformare il getto d'aria alle reali necessità di raffreddamento del prodotto.
- Sistema di depolverizzazione composto da un vibro vaglio con fori da 5 mm di diametro, posizionato a fine scivolo, dotato di un raccordo per l'accumulo e lo scarico delle polveri. La vibrazione viene prodotta da un motovibratore elettrico da 50 Hz.

I componenti sono stati installati presso la sede del Crea IT (Monterotondo - RM), all'interno di uno specifico locale sotto tettoia di 28 m².

D.5.2.2 - Individuazione delle principali fonti di approvvigionamento di biomassa per la produzione di pellet. 2° quadrimestre (09/10/2016 - 09/02/2017).

La qualità del pellet dipende dalla specie legnosa utilizzata e dal relativo contenuto di lignina e cellulosa. Il processo produttivo non prevede l'utilizzo di collanti o additivi chimici proprio perché la pressione generata durante la fase di estrusione del pellet fonde parzialmente la lignina, facendo da collante per le fibre di cellulosa. Per realizzare un buon pellet il materiale di partenza deve essere raffinato, al fine di ottenere una pezzatura omogenea ed ottimale, aumentando in tal modo la superficie esposta delle particelle e favorendo la rottura della lignina. Le prove di pellettizzazione previste nel progetto riguarderanno le seguenti tipologie di biomassa: pioppo allevato a ciclo breve (3 anni), pioppo allevato a ciclo medio (5-7 anni), pioppo allevato a ciclo medio lungo (9 anni), biomassa di origine forestale (da definire), residui di potature di nocciolo a conduzione biologica, residui di potatura di nocciolo a conduzione tradizionale, residui della manutenzione del verde urbano, miscele di biomasse.

D.5.2.1 - Individuazione delle metodologie e delle tecnologie esistenti sul mercato più idonee al trattamento termico delle biomasse. Tale attività è stata anticipata dal 4° quadrimestre (09/06/2017 - 09/10/2017) al 3° quadrimestre (09/02/2017 - 09/06/2017).

Il pretrattamento termico della biomassa è un processo finalizzato all'estrazione di tutta o parte dell'acqua contenuta nel prodotto da trattare e richiede un impegno economico ed energetico rilevante. Gli essiccatori, in linea di principio, dovrebbero garantire un basso consumo energetico,



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

una ridotta manutenzione, una buona automaticità e una ridotta produzione di polveri, aspetto, quest'ultimo, strettamente correlato con la tecnologia impiegata, velocità di processamento e granulometria del prodotto in entrata. I sistemi più utilizzati sono quelli rotativi a tamburo oppure a tappeto (o nastro). Le dimensioni di tali dispositivi variano in funzione della capacità operativa che si vuole raggiungere e in certi contesti possono richiedere superfici importanti. Un essiccatore si compone di una serie di dispositivi che garantiscono l'automazione e il corretto funzionamento di tutte le fasi del processo. I componenti principali sono il generatore di calore, i dispositivi di alimentazione e scarico, l'essiccatore e il sistema di abbattimento delle polveri. Le caratteristiche tecniche e funzionali di un essiccatore dipendono dalla tecnologia impiegata. Gli essiccatori a tamburo consistono in un cilindro investito da una corrente d'aria calda prodotta dal generatore termico. Gli essiccatori a tappeto si compongono di tappeti mobili, composti da una serie di piastre in acciaio forato che permettono il passaggio di aria calda, collocati all'interno di container chiusi. Negli essiccatori ad infrarosso, infine, il calore viene trasmesso per irraggiamento di onde elettromagnetiche, aventi frequenze comprese tra quelle della luce visibile e quelle delle microonde. Complessivamente sono state individuate 19 ditte produttrici/fornitrici localizzate prevalentemente nel nord Italia.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

A distanza di 12 mesi dall'inizio del progetto non sono state individuate criticità tali da ostacolare il regolare svolgimento. Si segnalano, al momento, due variazioni temporali delle attività programmate:

- 1) L'attività inerente la "Classificazione delle fonti di approvvigionamento in funzione delle principali caratteristiche morfologiche e fisiche della biomassa di partenza", prevista nel 3° quadrimestre (09/02/2017 - 09/06/2017), è stata posticipata alla fine del IV anno in quanto risulta più agevole provvedere alla caratterizzazione morfologica e fisica del prodotto di partenza in concomitanza con le operazioni di recupero, trinciatura e stoccaggio delle diverse tipologie di biomassa, come da specifica programmazione:
 - (II anno): recupero e stoccaggio della biomassa trinciata proveniente da piantagioni di pioppo a ciclo breve (3 anni) e medio (5-7 anni);
 - (III anno): recupero e stoccaggio della biomassa trinciata di origine forestale e da piantagioni di pioppo di 9 anni;
 - (IV anno): recupero e stoccaggio della biomassa trinciata da potature di nocciolo e manutenzione verde urbano.
- 2) L'attività inerente "l'individuazione delle metodologie e delle tecnologie esistenti sul mercato più idonee al trattamento termico delle biomasse", prevista nel 4° quadrimestre (09/10/2016 - 09/02/2017), è stata anticipata al 3° quadrimestre al fine di compensare quanto riferito al punto precedente.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPIAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

A distanza di 12 mesi dall'inizio del progetto non si ravvisa la necessità di attività integrative.

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Nel corso del primo anno del progetto è stato preparato un poster informativo dal titolo "Una microfiliera di produzione di cippato e pellet per autoconsumo energetico" esposto presso la Fiera Agralia tenutasi a Sora (FR) in data 12/03/2017. In concomitanza di tale evento si è provveduto a distribuire ai visitatori copia in formato A4 del medesimo poster.

6. Elenco pubblicazioni

Come indicato nel piano di attività non sono state previste pubblicazioni nel corso del I anno del progetto

Task 5.3: Verifica della fattibilità del recupero di biomasse erbacee per impianti dimostrativi a biogas

Task leader: Luigi Pari (CREA-IT)

Linea 1 di attività: Sviluppo di sistemi per la raccolta dei sottoprodotti della trebbiatura

Referente: Luigi Pari (CREA-IT)

Linea 2 di attività: Sviluppo di sistemi per la raccolta delle biomasse fluviali

Referente: Luigi Pari (CREA-IT)

Linea 3 di attività: Verifica dell'utilizzabilità della biomassa di *Arundo* allevato in terreni con presenza di contaminanti

Referente: Enrico Santangelo (CREA-IT)

Linea 4 di attività: Analisi di molecole funzionali presenti in bucce di pomodoro di linee/varietà in possesso di particolari caratteristiche relativamente alla colorazione/composizione della buccia

Referente: Enrico Santangelo (CREA-IT)

Abstract

La Task 5.3 è basata sulla valorizzazione delle biomasse agricole di scarto che attualmente non sono utilizzate, allo scopo di incrementare la disponibilità di biomasse fermentescibili e la riduzione di superfici coltivate per l'alimentazione di impianti a biogas. La Task è articolata in fasi successive, identificate da 4 linee di ricerca, in cui è previsto lo sviluppo di sistemi per la raccolta dei sottoprodotti della trebbiatura (Linea1), lo sviluppo di sistemi per la raccolta delle biomasse fluviali (Linea 2), la verifica dell'utilizzabilità della biomassa di *Arundo* allevato in terreni con presenza di contaminanti (Linea 3) e l'analisi di molecole funzionali presenti in bucce di pomodoro di linee/varietà in possesso di particolari caratteristiche relativamente alla colorazione/composizione della buccia (Linea 4). In merito alle linee di attività 1 e 2 al momento è stata condotta un'analisi a livello europeo inerente alle principali tecnologie disponibili sul mercato. Per quanto riguarda invece le linee 3 e 4 sono state attivate e sono in svolgimento.

1. Attività svolta

Per quanto riguarda le attività della linea 1 "*Sviluppo di sistemi per la raccolta dei sottoprodotti della trebbiatura*" e della linea 2 "*Sviluppo di sistemi per la raccolta delle biomasse fluviali*", in questa fase del progetto era prevista un'analisi dei sistemi/linee di meccanizzazione disponibili sul mercato a livello europeo oggetto di deliverable conclusi (i cui risultati sono esposti in maniera sintetica al punto 2).

Le attività della linea 3 hanno avuto inizio con una valutazione della diffusione degli elementi contaminanti (metalli pesanti in particolare) in Italia. In tale ambito è stato attivato un canale con l'ARPA Lazio al fine di avere alcuni esempi di reale contaminazione nella regione. All'inizio di ottobre si è proceduto alla preparazione delle talee di canna a partire da fusti secondari presenti su fusti piante di due anni. Le piante sono state allevate in serra in immersione un cassone in plastica dotato di una struttura di tubi per l'isolamento delle singole talee (fig. 1).



Figura 1: Struttura utilizzata per la produzione di talee di canna.

Le piante sono state lasciate in immersione per tutto l'inverno. Intorno alla metà di maggio circa quasi tutte le talee in radicazione (104) presentavano un apparato radicale abbastanza sviluppato da permettere il trapianto in terra (fig. 2) per la successiva contaminazione. Contemporaneamente si sta procedendo all'allestimento delle strutture (mesocosmi) che dovranno ospitare l'allevamento delle talee rimanenti in condizioni di semi-idroponica.



Figura 2: Talea radicata e allestimento della prova in terra.

Per quanto riguarda, infine, la linea 4 (Analisi di molecole funzionali presenti in bucce di pomodoro di linee/varietà in possesso di particolari caratteristiche relativamente alla colorazione/composizione della buccia) l'attività è in pieno svolgimento. Come previsto dal programma sono state identificati 10 genotipi (8 linee di backcross e due varietà di controllo) con background San Marzano ed in possesso di geni in grado di produrre variazioni del colore della buccia a seguito di accumulo di specifiche sostanze funzionali (tab. 1).

Tabella 1: Elenco dei genotipi allevati

Genotipo (allele mutato)	Probabile classe funzionale interessata
Linea segregante normale	
San Marzano	
Yellow flesh (<i>r</i>)	Carotenoidi
High Beta (<i>B MoB</i>)	Carotenoidi
Tangerine (<i>t</i>)	Carotenoidi
Pigment diluter (<i>pd</i>)	Polifenoli
Colorless epidermis (<i>y</i>)	Polifenoli
Sun Black (<i>Aft atv</i>)	Polifenoli
High pigment-2 (<i>hp-2</i>)	Tutte
Green flesh- high pigment (<i>gf, hp-2</i>)	Clorofille

I genotipi selezionati sono stati seminati ad inizio febbraio e dopo circa un mese (6 marzo) sono state trapiantate in tunnel freddo 15 piante per ogni genotipo. A metà maggio alcune linee iniziavano a fiorire (fig. 3). La raccolta delle bacche e l'estrazione delle bucce per le valutazioni successive è prevista per il mese di luglio.



Figura 3: Allevamento dei genotipi di pomodoro inseriti nella prova.

2. Risultati e deliverable

L'analisi dei sistemi disponibili sul mercato a livello europeo prevista nella Linea 1, ha portato ad individuare 3 diversi sistemi meccanici che consentono di recuperare le diverse frazioni dei residui di trebbiatura (pula, tutoli di mais ecc.) separatamente (fig. 4).

Sistemi a turbina: il sistema è alloggiato posteriormente alla mietitrebbia, dove i residui di trebbiatura sono convogliati all'interno di una tramoggia in cui è sistemata una coclea la quale trasporta il prodotto verso una turbina. Il prodotto viene espulso attraverso un tubo all'interno di un cassone a seguito oppure sopra l'andana della paglia per essere recuperato successivamente da un'imbaltatrice.

Sistemi andanatori: sono sistemi che scaricano i residui a terra disponendoli in andana, differenziando la paglia dalla pula collocando quest'ultima sopra la paglia in modo tale che può essere raccolta successivamente da un'imbaltatrice.

Sistemi per il recupero della pula e dei tutoli di mais: il sistema che prevede l'alloggiamento di un serbatoio dietro la mietitrebbia per la raccolta dei residui di trebbiatura. Successivamente i residui vengono scaricati a bordo campo in andana per essere raccolti in un secondo momento. Il sistema si applica alle mietitrebbie delle diverse case costruttrici.



Figura 4: Sistemi per il recupero dei residui di trebbiatura, a turbina (sinistra) andanatori (centro) sistema per il recupero di pula e tutoli di mais (destra).

L'analisi condotta in questa prima fase del progetto, ha permesso di individuare altri sistemi innovativi in fase di sviluppo al fine di valorizzare i residui di trebbiatura. In particolare sono stati individuati 2 sistemi innovativi non commerciali, uno per la raccolta e sminuzzamento del tutolo di mais mentre il secondo per la raccolta combinata di seme, fibra e residui di trebbiatura.



Figura 5: Sistemi innovativi per il recupero e lo sminuzzamento del tutolo di mais (sinistra), sistema per la raccolta combinata (destra).

Anche per la linea 2 è stata condotta un'analisi delle principali soluzioni tecnologiche adottate per la gestione della vegetazione fluviale. Le linee di meccanizzazione perseguibili per un'ottimale gestione dei corsi d'acqua, sono stabilite in funzione delle diverse modalità d'intervento che si prevede di attuare (fig. 6).

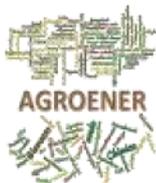
Gestione della vegetazione di sponda o arginale: si utilizza il trinciasarmenti. Le diverse situazioni in cui tali macchine operano hanno portato allo sviluppo di varie combinazioni al fine di realizzare lo sfalcio su tutte le tipologie di alveo o canalizzazioni minori.

Manutenzione della vegetazione di fondo: effettuata comunemente con motobarche dotate di barra falciante oppure di benne falcianti montate su trattore o escavatore. Le motobarche permettono di effettuare lo sfalcio all'interno dell'alveo, le ceste falcianti possono essere impiegate anche per sfalciare e raccogliere la vegetazione delle sponde.

Manutenzione con mezzi d'opera specifici e anfibi: rappresentano una nuova categoria di mezzi che ha suscitato un crescente successo. Si tratta di macchine in grado di operare indipendentemente dalla sezione dell'alveo e dall'eventuale presenza di ostacoli sulle sponde e sugli argini effettuando allo stesso tempo la pulizia degli argini, delle sponde e del fondo.



Figura 6: Sistemi per la gestione della vegetazione fluviale, di sponda (sinistra), di fondo (centro) e mezzi d'opera specifici (destra).



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPIAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Per le Linee 1, 2 e 4 al momento non si prevedono scostamenti rispetto a quanto proposto nella Task.

Per la Linea 3 invece è possibile uno slittamento delle attività previste di almeno due-tre mesi rispetto a quanto preventivato. Il motivo principale è legato ai problemi amministrativi sorti ad inizio anno relativamente alla sospensione della possibilità di effettuare acquisti. Ciò ha causato un ritardo nell'acquisizione dei materiali necessari per l'allestimento della prova.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

6. Elenco pubblicazioni

Task 5.4: Sistema innovativo per la valorizzazione agricola del digestato

Task leader: Luigi Pari (CREA-IT)

Linea 1 di attività: Valutazione dei di separazione solido liquido in commercio

Referente: Claudio Fabbri (CRPA)

Linea 2 di attività: Studio delle caratteristiche fisiche dei liquami e dei digestati

Referente: Massimo Brambilla (CREA-IT)

Linea 3 di attività: Sviluppo di serbatoi removibili collegati a manichette di nuova generazione

Referente: Luigi Pari (CREA-IT)

Abstract

La Task 5.4 è incentrata sulla caratterizzazione del digestato prodotto da impianti di biogas al fine di individuare (sulla base della suddetta caratterizzazione) soluzioni tecniche in grado di migliorarne la distribuzione in pieno campo. La Task è stata quindi concepita in step successivi, identificati da 3 linee di ricerca, in cui sono previste la valutazione dei sistemi di separazione solido liquido in commercio (Linea1), lo studio delle caratteristiche fisiche dei liquami e dei digestati (Linea 2) e lo sviluppo di manichette di nuova generazione (Linea 3). Lo svolgimento della task abbraccerà l'intero arco temporale della durata del progetto con l'acquisizione dei primi risultati prevista entro la fine dell'anno. Al momento sono state effettuati dei sopralluoghi in aziende interessate



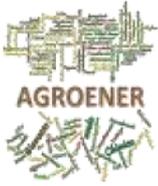
Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

all'attività e alle possibili applicazioni della tecnologia, si è proceduto all'organizzazione delle riunioni di programmazione dell'attività ed è stata avviata la fase sperimentale relativa alla linea 1.

1. Attività svolta

Nell'ambito della Task 5.4, agli inizi di maggio si è tenuto un incontro presso il CRPA di Reggio Emilia con i referenti delle 3 linee di ricerca. Lo scopo di tale incontro è stato quello di valutare lo stato di avanzamento del progetto e di definire i ruoli e le attività future della Task, in accordo con quanto stabilito in fase di progettazione. Durante la riunione sono state inoltre definite la modalità di campionamento, il numero di campioni da prelevare, le analisi da eseguire e la strumentazione ed i protocolli scientifici da utilizzare. Per quanto riguarda la linea 1, è stato stabilito di valutare campioni derivanti da impianti di biogas presenti in diverse aziende del nord. Gli impianti vengono alimentati con diete diverse, utilizzano differenti sistemi di separazione della frazione liquido-solido ed a valle della separazione presentano un passaggio di microfiltrazione. Lo scopo dello studio sarà quello di caratterizzare e categorizzare il flusso in ingresso ed i flussi in uscita dai separatori in base ai parametri fisici e reologici. I dati ottenuti dalla linea 1 verranno utilizzati dalla linea 2 per definire, limitatamente alla casistica oggetto di studio, una standardizzazione della frazione liquida dei digestati al fine di renderla idonea alla successiva distribuzione in campo. L'ulteriore caratterizzazione del digestato chiarificato (dopo microfiltrazione) verrà effettuata prendendo in considerazione tre diverse diluizioni digestato: acqua (1:10, 1:15, 1:20). A valle del processo di caratterizzazione si procederà al completamento della linea 3. Relativamente a quest'ultima, nella seconda metà di aprile è stata effettuata una visita presso un'azienda agricola in provincia di Perugia (azienda IRACI). Tale azienda è stata segnalata dal CRPA in quanto aderente al Consorzio Italiano Biogas (CIB) e ritenuta un valido modello di azienda all'avanguardia per la produzione di biogas e di digestato. In particolare, per il trattamento del digestato l'azienda possiede un sistema di separazione liquido/solido che utilizza un filtro con maglie di 0.05 mm. In questo modo si ha separazione e microfiltrazione con produzione di un digestato con caratteristiche reologiche migliori: il sistema processa $3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ di prodotto determinando una riduzione del contenuto di sostanza secca che passa dal 4.7 al 3% dopo microfiltrazione. Conseguentemente a quanto osservato durante la visita ed in considerazione della disponibilità a collaborare nell'ambito di Agroener mostrata dai proprietari, nella suddetta riunione si è ritenuto opportuno individuare tale azienda come riferimento per l'esecuzione dell'attività prevista nella linea 3. Le ali gocciolanti per la fertirrigazione delle colture agrarie verrà effettuata utilizzando il digestato liquido microfiltrato prodotto nell'azienda. Sulla base degli obiettivi specifici della linea, particolare attenzione sarà posta sull'individuazione di ugelli con forma, dimensione e funzionalità idonee alla distribuzione del digestato. In tale ottica, sono state individuate 3 aziende produttrici di manichette e ugelli per la fertirrigazione. A breve sarà organizzato un incontro con una delle aziende al fine di conoscere le tecnologie disponibili ed eventualmente stabilire le attività di



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

sviluppo degli ugelli. Obiettivo finale sarà quello di testare definire con l'azienda le caratteristiche degli ugelli innovativi da testare nelle future prove sperimentale di fertirrigazione con digestato.

2. Risultati e deliverable

Al momento in questa fase, da progetto, non c'erano risultati da esporre mentre per settembre 2017 è previsto la redazione di un deliverable inerente la Linea 1 "valutazione dei sistemi di separazione solido liquido in commercio.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Al momento non si prevedono scostamenti rispetto a quanto proposto per nessuna delle tre linee descritte.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

6. Elenco pubblicazioni

Task 5.5: Innovazione, dimostrazione e divulgazione della qualità del pellet

Task leader: Corrado Costa (CREA-IT)

Linea 1 di attività: Sviluppo e/o valutazione di metodi indiretti di stima delle proprietà chimico-fisiche delle materie prime e pellet da esse derivati

Referente:

Linea 2 di attività: Sviluppo e/o valutazione di modelli e tecniche per la qualificazione e la provenienza delle materie prime

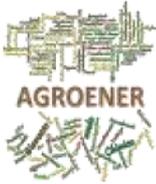
Referente: Corrado Costa (CREA-IT)

Linea 3 di attività: Valutazione economica sull'introduzione di tecnologie di tracciabilità elettronica (RFID) nella filiera del pellet ed in relazione alla certificazione

Referente: Corrado Costa (CREA-IT)

Linea 4 di attività: Azioni di dimostrazione e di divulgazione dei risultati

Referente: Corrado Costa (CREA-IT)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Abstract

L'obiettivo generale della Task, in collaborazione con ENAMA, è la caratterizzazione multi-sensore di materie prime e pellet da esse derivati per una valutazione qualitativa del processo di produzione e dei prodotti finiti. A tal fine sono in corso di sviluppo tecniche ed analisi distruttive e non delle materie prime di differente origine (materiali / provenienze) e del pellet da esse derivati per qualificare e tracciare il prodotto. In particolare sono stati, ad oggi collezionati circa 30 campioni di pellet con caratteristiche di origine, produzione e specie (commerciali e non). I campioni sono stati sottoposti a analisi chimico-fisiche standard e ad analisi distruttive (firmness) e non distruttive (colore, spettro e VOCs). Le attività sono state coadiuvate con ENAMA in conformità ed a supporto di quanto previsto dal paragrafo 1.2 del progetto esecutivo "ENERGIA dall'Agricoltura - ENAGRI". Le analisi sono state condotte in collaborazione con le Università di Padova e di Firenze. Sono stati inviati già 3 lavori su riviste internazionali.

1. Attività svolta

Linea 1 di attività: Sviluppo e/o valutazione di metodi indiretti di stima delle proprietà chimico-fisiche delle materie prime e pellet da esse derivati

In collaborazione con ENAMA sono stati collezionati circa 30 campioni di pellet con caratteristiche di origine, produzione e specie (commerciali e non). I campioni sono stati sottoposti a analisi chimico-fisiche standard e ad analisi distruttive (firmness) e non distruttive (colore, spettro e VOCs). I dataset prodotti da tali attività verranno arrangiati con la finalità di ottenere dei modelli multivariati con comportamento lineare o non-lineare per ottenere dei metodi indiretti di stima delle proprietà chimico-fisiche delle materie prime e pellet da esse derivati.

Linea 2 di attività: Sviluppo e/o valutazione di modelli e tecniche per la qualificazione e la provenienza delle materie prime

I campioni collezionati per la linea 1 di attività e le rispettive matrici di dati sono state in parte analizzate al fine di valutarne la qualità e la provenienza. I modelli per tali finalità sono in corso di validazione.

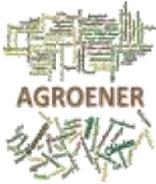
Linea 3 di attività: Valutazione economica sull'introduzione di tecnologie di tracciabilità elettronica (RFID) nella filiera del pellet ed in relazione alla certificazione

Questa linea di attività non è stata ancora stata sviluppata

Linea 4 di attività: Azioni di dimostrazione e di divulgazione dei risultati

Sono stati inviati 3 lavori su riviste internazionali. Una partecipazione come poster al XXXVII CIOSTA & CIGR Section V Conference - Research and Innovation for the Sustainable and Safe Management of Agricultural and Forestry Systems - 13-15 June, Palermo, Italy

(<http://www.aidic.it/ciosta2017/>). E' stata condotta una visita presso gli impianti di produzione di



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

pellet in Calabria. Partecipazione al Maker Faire 2016 (<http://www.makerfairerome.eu/it/>) per presentare il progetto Agroener ed un prototipo di qualificazione rapida del pellet.

2. Risultati e deliverable

D.5.5.1 Output dell'attività sulla linea 1:

Sono state selezionate le tecniche ed i sistemi per la stima indiretta delle proprietà chimico-fisiche delle materie prime e pellet da esse derivati; in particolare, il colore (ottenuto mediante un prototipo di qualificazione rapida sviluppato dal CREA-IT), lo spettro NIR, la firmness (mediante dinamometro digitale) e i VOCs (mediante il PTR-TOF-MS dell'Università di Firenze). È in corso la selezione di modelli statistici per la stima indiretta delle proprietà chimico-fisiche delle materie prime e pellet da esse derivati.

D.5.5.2 Output dell'attività sulla linea 2:

Così come per la linea 1, sono state selezionate le tecniche ed i sistemi per la qualificazione e la provenienza delle materie prime mediante gli stessi strumenti analitici. Sono in corso di selezione i modelli statistici per la qualificazione delle materie prime, per la stima delle provenienze e per la valutazione dei processi produttivi.

D.5.5.3 Output dell'attività sulla linea 3:

Questa linea di attività non è stata ancora stata sviluppata e non ha prodotto deliverables.

D.5.5.4 Output dell'attività sulla linea 4:

Sono stati inviati 3 lavori su riviste internazionali.

Partecipazione come poster al XXXVII CIOSTA & CIGR Section V Conference - Research and Innovation for the Sustainable and Safe Management of Agricultural and Forestry Systems - 13-15 June, Palermo, Italy (<http://www.aidic.it/ciosta2017/>).

Visita presso gli impianti di produzione di pellet in Calabria.

Partecipazione al Maker Faire 2016 (<http://www.makerfairerome.eu/it/>) per presentare il progetto Agroener insieme ad un prototipo di qualificazione rapida del pellet.

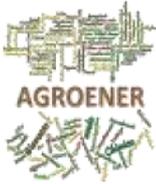
3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Ad oggi non sono stati riscontrati o previsti ostacoli per il pieno svolgimento delle attività

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Ad oggi non si propongono attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Sono stati inviati 3 lavori su riviste internazionali. Una partecipazione come poster al XXXVII CIOSTA & CIGR Section V Conference - Research and Innovation for the Sustainable and Safe Management of Agricultural and Forestry Systems - 13-15 June, Palermo, Italy (<http://www.aidic.it/ciosta2017/>). E' stata condotta una visita presso gli impianti di produzione di pellet in Calabria. Partecipazione al Maker Faire 2016 (<http://www.makerfairerome.eu/it/>) per presentare il progetto Agroener ed un prototipo di qualificazione rapida del pellet.

6. Elenco pubblicazioni

Costa C, Taiti C, Zanetti M, Proto A, D'Andrea S, Greco R, Demattè L, Mancuso S, Cavalli R, SUBMITTED. Assessing VOC emission by wood pellets using the PTR-ToF-MS technology. SUBMITTED TO CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS ISSN: 1974-9791 submitted on 15/03/2017

Zanetti M, Greco R, Costa C, Cavall R, SUBMITTED. Changes of particle size classification of wood chips according to the new standard rules for domestic use. SUBMITTED TO BIOMASS AND BIOENERGY (IF2015=3.249, Q1) submitted on 19/04/2017

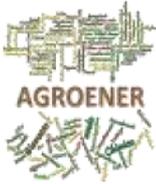
Zanetti M, Costa C, Greco R, Grigolato S, Ottaviani G, Cavall R, SUBMITTED. How wood fuels's quality relates to the standards: a class-modelling approach. SUBMITTED TO APPLIED ENERGY (IF2015=5.746, Q1) submitted on 16/03/2017

Task 5.6: Centro dimostrativo CREA-ING: Filiera energetica biomasse biogas/biometano: Utilizzo della biomassa e qualità delle emissioni dei sistemi di combustione nell'utilizzo del biogas/biometano, syngas e della biomassa

Task leader: Francesco Gallucci (CREA-IT)

Abstract

La Task si articola sulle due filiere principali inerenti la bioenergia: filiera energetica basata sui processi biochimici della biomassa (biogas/biometano) e filiera energetica basata sui processi termochimici delle biomasse (combustione, gassificazione, pirolisi) e prevede l'analisi tecnico economica degli impianti di produzione e dei sistemi di upgrading del biometano anche alla luce del DM 5 dicembre 2013. In particolare le attività previste nella Task riguardano: l'analisi e lo studio delle emissioni allo scarico degli impianti a biogas/biometano e delle caldaie a biomasse in abbinamento alle caratteristiche chimico/fisiche delle matrici in ingresso (*linea 1*), la valutazione di diverse tecnologie per l'upgrading del biometano mediante la swot analysis (*linea 2*), lo sviluppo di un software, Biogas Monitoring System – BMS, che consentirà il monitoraggio degli impianti a



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPIAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

biogas/biometano e che permetterà di effettuare un'analisi predittiva delle possibili problematiche dei suddetti impianti (*linea 3*), lo studio e la gestione dei residui delle lavorazioni agroforestali in termini di sostenibilità ambientale ed economica (*linea 4*), la messa a punto di modelli e metodi per il calcolo del rendimento degli impianti di combustione della biomassa e di produzione del biogas/biometano, il monitoraggio delle emissioni al camino delle caldaie a biomassa e allo scarico cogeneratori alimentati a biogas/biometano e l'analisi statistica dei risultati (*linea 5*), la divulgazione dei risultati l'organizzazione di giornate dimostrative, workshop e incontri tematici (*linea 6*).

1. Attività svolta

Le attività della Task previste per il primo anno, ovvero i primi 3 quadrimestri, sono la linea 1 e la linea 5.

Linea 1

L'attività svolta durante il primo anno relativamente alla filiera "biogas/biometano" si è incentrata sull'analisi delle caratteristiche del biogas e biometano prodotti, successivamente saranno analizzate le caratteristiche degli effluenti gassosi prodotti dalla combustione in cogeneratori. In particolare in questa fase è stata caratterizzata la composizione del biogas grezzo, ottenuto da un substrato costituito da reflui zootecnici e FORSU, e del biometano prodotto a valle del processo di upgrading attuato mediante zeoliti naturali. Il biogas e biometano sono stati caratterizzati presso il laboratorio LAS-ER-B del CREA-IT mediante l'impiego di un gascromatografo Inficon 3000 GC. Nell'ambito dello studio dei sistemi di upgrading del biogas è stata anche effettuata una visita all'impianto di produzione di biogas, alimentato con il FORSU, sito ad Este (PD) e della società S.E.S.A.

Linea 5

L'attività svolta durante il primo anno relativamente alla filiera "combustione biomasse" si è incentrata sullo studio di fattibilità inerente un banco prova caldaie fino a 30 kW_{th} e sullo studio delle emissioni al camino della caldaia a biomasse.

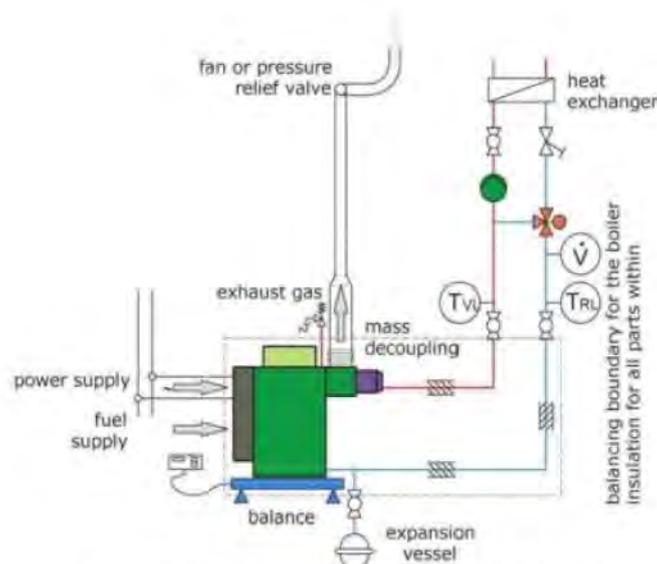


Figura 1: Schema del banco prova caldaie

La realizzazione del banco prova sarà attuata a seguito dell'individuazione di un area adeguata al suo collocamento all'interno del CREA-IT ed una volta che saranno acquistate le strumentazioni ed i materiali necessari alla sua realizzazione come ad esempio le celle di carico.

L'attività di valutazione delle emissioni al camino della caldaia a biomasse ha riguardato test di combustione eseguiti condotti sul pioppo ed olmo. Prima dell'esecuzione delle prove di combustione le biomasse sono state caratterizzate presso il laboratorio LAS-ER-B del CREA-IT al fine di ottenerne la composizione elementare (C,H,N,S,O), il potere calorifico, il contenuto in ceneri e l'umidità. Durante l'esecuzione dei test di combustione sono state monitorate le condizioni termodinamiche di processo quali temperatura, in particolare nella camera di combustione e sulla linea fumi, e pressione nella camera di combustione e nel generatore di vapore. Relativamente alle condizioni operative, sono state monitorate la frequenza e durata della movimentazione della griglia ovvero l'avanzamento del letto di biomassa all'interno della camera di combustione, la frequenza di alimentazione della biomassa eseguita mediante un sistema a doppia coclea (Duplo System), la frequenza dei ventilatori per l'immissione dell'aria primaria, in camera di combustione al di sotto della griglia, e di diluizione.



Figura 2: da sinistra a destra sistema di alimentazione della biomassa, forno a griglia mobile, filtro a maniche e camino.

Durante i test sono stati effettuati prelievi al camino dell'effluente gassoso mediante un campionatore isocinetico Isostack Basic della Tecora, per la determinazione del contenuto di particolato e per il prelievo su filtri di campioni da analizzare successivamente in laboratorio mediante GC/MS per la determinazione di PCDD, PCDF, IPA e PCB. Il campionamento dell'effluente gassoso è stato eseguito anche mediante un analizzatore Ratfisch FID, per la determinazione dei TOC e VOC, e un analizzatore di gas Horiba per la determinazione degli SO_x , CO e CO_2 mediante NDIR, di NO_x mediante CLD e di O_2 mediante tecnica paramagnetica.



Figura 3: da sinistra a destra campionatore isocinetico, analizzatore Ratfisch e analizzatore Horiba.

L'attività inerente allo studio della gassificazione della biomassa è stata svolta impiegando come matrice in ingresso principalmente residui provenienti dalle operazioni di potature di colture agricole quali il nocciolo e la vite. Il reattore impiegato è di tipo downdraft e lo studio ha riguardato la valutazione della composizione del syngas in relazione a differenti condizioni di processo. In aggiunta a ciò è stata analizzata anche la possibilità di produrre biochar mediante il processo della gassificazione. La fase successiva riguarderà, oltre allo studio di ulteriori possibili biomasse da impiegare, anche lo sviluppo ed implementazione di un sistema di pulizia del syngas al fine di renderlo compatibile con un suo impiego in motori a combustione interna. In tal senso sono già state effettuate delle prove di rimozione del TAR contenuto nel syngas mediante l'impiego di zeoliti. Saranno anche testate le proprietà ammendanti del biochar.

L'attività relativa alla pirolisi della biomassa è stata condotta impiegando un reattore di tipo updraft, la finalità è stata quella di valutare le caratteristiche del biochar ottenibile a partire da biomasse vegetali di scarto quali il residuo proveniente dalla pressatura meccanica dei semi di

Jatropha per la produzione di olio. La fase successiva consisterà nella valutazione delle proprietà ammendanti del biochar.

2. Risultati e deliverable

I risultati delle attività svolte durante il primo anno saranno esposti nella loro completezza nei rispettivi deliverable al termine del quarto quadrimestre ovvero settembre 2017, come indicato nel progetto relativamente all'articolazione temporale delle attività e dei deliverable previsti nella task (punto 5.6.6). In particolare

Linea 1 (D 5.6.1 Valutazione della qualità delle emissioni al camino di caldaie a biomasse e allo scarico di cogeneratori a biogas/biometano)

I risultati preliminari relativamente all'attività di studio del biogas e dell'upgrading in biometano mostrano che mediante l'uso di zeoliti naturali si ottiene un incremento della percentuale di CH₄ inoltre le zeoliti esauste possono essere impiegate, assieme al digestato, come ammendante.

Linea 5 (D 5.6.5 Messa a punto di procedimenti per lo studio degli impianti alimentati a biomasse e per impianti a biogas/biometano in termini di rendimento termico e rilievo e studio delle emissioni gassose allo scarico).

I risultati preliminari relativamente all'attività di caratterizzazione delle emissioni prodotte dalla combustione di biomassa in caldaia con forno a griglia mobile riguardano test di combustione eseguiti su cippato di pioppo ed olmo. Dal monitoraggio delle condizioni di processo è stato possibile osservare che nel caso del pioppo sono state raggiunte in camera di combustione temperature del letto e di post combustione pari a 467°C e 793°C mentre per l'olmo pari a 457°C e 746°C, le maggiori raggiunte nel caso del pioppo è attribuibile al maggiore quantitativo di aria impiegato nel caso della combustione dell'olmo che implica una riduzione della temperatura in camera di combustione. Di seguito sono riportati gli andamenti della temperatura di post combustione (Tpc), della percentuale di modulazione del forno (%MOD) e del contenuto di CO normalizzati rispetto al massimo valore.

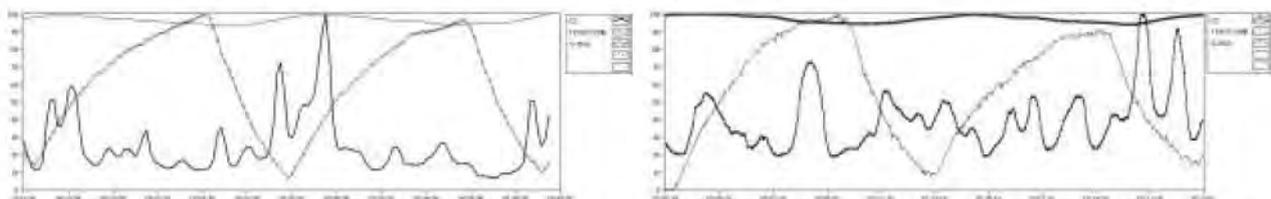


Figura 4: andamento di Tpc, % MOD e CO durante le prove di combustione del pioppo (a sinistra) e dell'olmo (a destra).

Le emissioni di CO risultano avere un andamento influenzato dall'avanzamento della griglia mobile e quindi dalla conseguente movimentazione della biomassa, sono infatti riscontrabili dei picchi di emissione in corrispondenza dell'avanzamento della griglia come evidenziato nei seguenti grafici

relativi all'andamento del segnale lambda, del contenuto di CO e alla frequenza di movimentazione della griglia (GM Run).

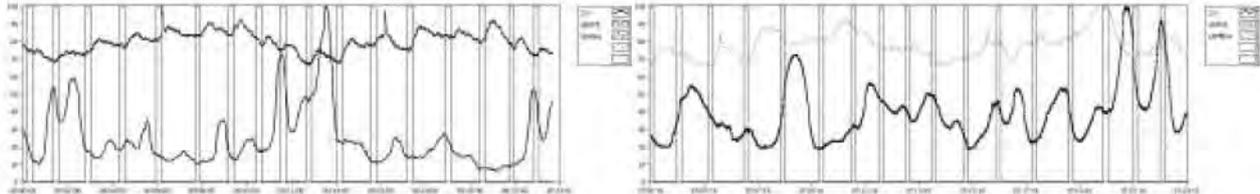


Figura 4: andamento di lambda, CO e GM Run durante le prove di combustione del pioppo (a sinistra) e dell'olmo (a destra).

Di seguito sono riportati i contenuti di NO_x, SO_x, CO, CO₂, O₂ rilevate negli effluenti gassosi.

Biomassa	NO _x (mg/Nm ³)	SO ₂ (mg/Nm ³)	CO (mg/Nm ³)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
Pioppo	152	18,3	11,5	6,9	12,9
Olmo	256	25,4	182	5,9	14,4

Tabella 1: contenuto di NO_x, SO_x, CO, CO₂, O₂.

Le analisi sul contenuto di particolato evidenziano che i valori di PM 10 e 2,5 sono maggiori nel caso dell'olmo. In particolare poiché nel caso dei PM10 le condizioni della prova risultano essere simili è possibile affermare che la differenza è attribuibile al comportamento della biomassa durante il processo di combustione.

Particolato	Biomassa	T effluente gassoso (°C)	Concentrazione (mg/Nm ³)
PM10	Pioppo	156	87,84
	Olmo	142	113,01
PM2,5	Pioppo	133	106,17
	Olmo	109	123,22

Tabella 2: contenuto di particolato.

I risultati relativi alle prove di gassificazione della biomassa residuale ottenuta dalla potatura del nocciolo e della vite mostrano la possibilità di ottenere un syngas caratterizzato da un contenuto in volume di CO e H₂ pari a 17,0% e 16,7% nel caso del nocciolo e di 12,0% e 14,7% nel caso della vite. Il potere calorifico del syngas ottenuto risulta quindi pari quasi 4,5 MJ/Nm³ nel caso del nocciolo e pari a 4,1 MJ/Nm³ nel caso della vite. Le prove di rimozione del TAR contenuto nel syngas ottenuto dalle potature di nocciolo hanno evidenziato che l'impiego di zeoliti naturali permette una efficienza di rimozione del benzene pari al 90%, in generale l'efficienza di rimozione osservata per i vari composti del TAR varia dall'82% per il naftalene si arriva sino a oltre il 95% per lo stirene.

I risultati relativi alle prove di pirolisi del residuo pellettizzato proveniente dalla pressatura meccanica dei semi di Jatropha mostrano la possibilità di ottenere un biochar con elevato contenuto di carbonio, pari a 66% in peso ed un contenuto di ceneri di poco inferiore al 19%. Il potere calorifico risulta pari a 24,5 MJ/kg.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Le problematiche riscontrate nello svolgimento delle attività consistono per lo più nello slittamento delle stesse attività per cause imputabili a questioni di carattere amministrativo quali la sospensione della possibilità di effettuare acquisti durante i primi mesi dell'anno e di procedere con la stipula di convenzioni necessarie per lo svolgimento delle attività.

In particolare i risultati della linea 1 (D.5.6.1) sono previsti, come da crono programma, per il quarto e settimo quadrimestre ed eventuali slittamenti dell'attività, verificatisi nei primi mesi dell'anno, saranno quindi riassorbiti nei prossimi quadrimestri.

I risultati della linea 5 (D.5.6.5) riportati nel crono programma sono previsti per il quarto quadrimestre. In tal senso è riscontrabile uno slittamento relativo alla realizzazione del banco prova caldaie, come già esposto in precedenza, e che sarà comunque recuperato nei prossimi quadrimestri anche in considerazione del fatto che la linea di ricerca 5 è prevista sino all'undicesimo quadrimestre.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Al momento non si prevedono attività integrative o aggiuntive

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Come indicato nel piano di attività, la fase di divulgazione è prevista a partire dal dodicesimo quadrimestre. Attualmente parte dei risultati ottenuti durante il primo anno sono stati divulgati alla European Biomass Conference and Exhibition (EUBCE), Stoccolma 12-15 giugno 2017. E' inoltre prevista la presentazione di un lavoro anche alla 11th AIA 2017 Conference, che si terrà a Bari 5-8 luglio 2017.

6. Elenco pubblicazioni

Le pubblicazioni prodotte a seguito dello svolgimento delle linee 1 e 5 e dei relativi risultati ottenuti sono di seguito elencate:

F. Gallucci, L. Longo, L. Pari, M. Salerno, M. Carnevale, V. Paolini, A. Colantoni. *Assessment of syngas produced by gasification with air of vine prunings through a downdraft reactor*. EUBCE, 2017.

F. Gallucci, M.Salerno, E.Guerriero, M.Amalfi, F.Palmieri. *Research facility assessment for biomass combustion in moving grate furnaces*. EUBCE, 2017.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

F. Petracchini, F. Liotta, V. Paolini, M. Perilli, D. Cerioni, F. Gallucci, M. Carnevale, A. Bencini. *Multi-stage semi-dry anaerobic digestion of msw and cattle manure improved by natural zeolites*. EUBCE, 2017.

M. Amalfi, F. Palmieri, F. Gallucci, E. Guerriero. *Mimo modelling of a moving grate furnace by finite impulse response filters*. EUBCE, 2017.

M. Amalfi, F. Palmieri, F. Gallucci, E. Guerriero. *Indirect analysis of a moving grate furnace: flue gas moisture sensing and faulty condition on packed bed*. EUBCE, 2017.

A. Colantoni, L. Longo, F. Gallucci, D. Monarca. *Pyro-gasification of hazelnut pruning using a downdraft gasifier for concurrent production of syngas and biochar*. Contemporary Engineering Sciences, Vol. 9, 2016, no. 27, 1339 – 1348.

V. Paolini, F. Petracchini, C. Lo Piano, L. Longo, A. Colantoni, M. Carnevale, F. Gallucci. *Tar removal from syngas with natural zeolites from tuffs: wet scrubbing and catalytic cracking*. EUBCE, 2017.

A. Colantoni, F. Gallucci, D. Monarca, M. Cecchini, A.R. Proto, L. Longo. *Characterization of biochar obtained from pyro-gasification of Jatropha Curcas residues through an updraft reactor*. AIIA Conference, 2017.

M. Salerno; F. Gallucci; L. Pari; I. Zambon; D. Sarri; A. Colantoni. *Costs-benefits analysis of a small-scale biogas plant and electric energy production*. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 23 (No 3) 2017, 357–362 Agricultural Academy

Task n. 5.7: Sistemi dimostrativi per la produzione di biogas da prodotti derivati contaminati da micotossine

Task leader: Claudio Fabbri (CRPA)

Linea 1 di attività: Valutazione della sedimentazione e della flottazione di digestati di impianti di digestione anaerobica alimentati con differenti tipologie di biomasse

Referente: Claudio Fabbri (CRPA)

Linea 2 di attività: Uso energetico di farine contaminate da micotossine

Referente: Mariangela Soldano (CRPA)

Linea 3 di attività: Clostridi e digestione anaerobica

Referente: Mariangela Soldano (CRPA)



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Linea 4 di attività: Impiego di frumento e prodotti derivati contaminati da micotossine da utilizzare come substrato per la produzione di biogas

Referente: Mariangela Soldano (CRPA)

Abstract

Nella prima annualità sono state avviate le attività previste nelle linee 1, 2 e 4 secondo le tempistiche del progetto. Per la linea 1 sono stati effettuati i primi campionamenti di digestati in diversi impianti di biogas per mettere a punto la metodologia di valutazione; nella linea 2 sono stati individuati i prodotti e sottoprodotti cerealicoli che andranno utilizzati per le prove di digestione anaerobica in laboratorio e nella linea 4 sono stati reperiti e analizzati per le micotossine DON, tossine T2+H2 e alternariolo campioni di frumento duro; quelli risultanti con maggiori contaminazioni sono stati successivamente sottoposti a test BMP per la misura del potenziale metanigeno e il relativo digestato analizzato per le micotossine per valutarne l'eventuale abbattimento. Per la linea 3 le attività devono ancora essere avviate.

1. Attività svolta

Linea 2.1

Valutazione della sedimentazione e della flottazione di digestati di impianti di digestione anaerobica alimentati con differenti tipologie di biomasse.

Nel primo anno sono state avviate le attività per l'individuazione del sistema di misura atto a valutare i parametri di progetto: sedimentazione e flottazione.

Linea 2.2

Nel primo anno di attività sono stati presi contatti preliminari con gli stoccatrici di cereali in attesa della campagna maidicola 2017 per il recupero di partite di mais contaminato da aflatossine (AFB1 e AFB2) e fumonisine (FB1+FB2) da utilizzare nei test di fermentazione di laboratorio.

Linea 2.3

Verificare gli effetti del processo biologico di digestione anaerobica a partire da diverse biomasse agro-zootecniche e in condizioni termometriche diverse (mesofilia e termofilia) tramite test in continuo nell'impianto sperimentale di CRPALab. Inoltre verificare l'evoluzione delle specie batteriche del genere Clostridium nel digestato e il rischio di sviluppo di forme patogene di Clostridi.

Linea 2.4

Nella prima annualità è iniziato lo studio di prodotto e di processo per ottenere sia un significativo abbattimento del contenuto in micotossine nel digestato, sia la massima resa in biogas del frumento e dei suoi derivati contaminati da micotossine. In accordo tra CRPA e CREA- IT si è deciso



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

di valutare il comportamento in digestione anaerobica delle seguenti micotossine: deossivalenolo (DON), tossine T-2 e HT-2 (somma) e alternariolo. La scelta del tipo di micotossina da saggiare ai fini di un abbattimento efficace è stata basata sia sulla considerazione dei limiti normativi vigenti, o raccomandati, sia sulla diffusione e attenzione della Commissione Europea su micotossine considerate "emergenti". In particolare, il DON è la micotossina più diffusa nei cereali, che costituiscono la maggiore fonte di esposizione dell'uomo all'effetto tossico di tale metabolita. Per le tossine T-2 e HT-2, sono in via di definizione i limiti di contaminazione massima negli alimenti per i quali, al momento, esistono solo limiti raccomandati. Per quanto riguarda, invece, l'alternariolo, si tratta di una micotossina diffusa in diverse derrate alimentari, anche cerealicole, e all'attenzione della Commissione Europea per un'attenta valutazione dell'esposizione della popolazione agli effetti tossici di tale metabolita.

L'obiettivo da raggiungere nell'attività di ricerca, in sintesi, riguarda la possibilità di raggiungere un efficace abbattimento della concentrazione delle micotossine in concomitanza con un ricavo energetico sotto forma di produzione di metano.

Preliminarmente è stato messo a punto il protocollo di lavoro che consiste in:

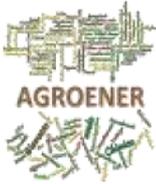
1. Recupero, trattamento (macinazione) e analisi preliminare in triplicato delle micotossine, con metodo immunoenzimatico, dei campioni di frumento duro e tenero (CREA – IT);
2. I campioni più contaminati vengono analizzati tramite test del potenziale metanigeno (test BMP a norma UNI EN ISO 11734:2004) in doppio (CRPA) e inviati al laboratorio dell'università Cattolica di Piacenza per l'analisi delle micotossine con metodo HPLC-MS;
3. Il digestato residuo, a termine del test BMP, è essiccato a 50 °C e macinato a 0,5 mm;
4. Il digestato essiccato e macinato è inviato al CREA per le analisi delle micotossine con metodo immunoenzimatico e al laboratorio dell'università Cattolica di Piacenza per le analisi con metodo HPLC-MS.

2. Risultati e deliverable

Nella prima annualità, CREA IT, ha analizzato in triplicato, 11 campioni di sfarinato integrale di frumento duro per la ricerca delle micotossine deossivalenolo (DON), T2 e H2 (somma) e alternariolo.

Nello stesso periodo, CRPA ha eseguito un totale di 14 test BMP: 6 campioni di sfarinato, in doppio, e 2, in singolo, per la messa a punto del protocollo.

I risultati sugli abbattimenti e le concentrazioni finali di micotossine nel digestato sono in fase di elaborazione e valutazione. Gli sfarinati integrali analizzati in digestione anaerobica avevano una concentrazione massima di DON di circa 2000 ppb e circa 200 ppb di tossine T-2 + H-T2. I campioni contaminati da alte concentrazioni di alternariolo (circa 230 ppb) sono attualmente in analisi del potenziale metanigeno (BMP). Dai primi risultati dei test BMP si ottengono dei rendimenti in metano medi di 340 Nm³ CH₄/t solidi volatili.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

La fase preliminare di organizzazione e messa a regime dell'attività (reperimento campioni idonei e analisi) nell'ambito delle tre strutture coinvolte (CRPA, CREA-IT e Università Cattolica di Piacenza) ha richiesto più tempo del previsto.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Nessuna richiesta

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Partecipazione della Dott.ssa Gabriella Aureli - CREA QCE presso la sede di Confcooperative di Bologna, il 15 marzo 2017 all'incontro "MAIS: LA COOPERAZIONE INCONTRA LA RICERCA. UNA GIORNATA DI APPROFONDIMENTO E CONFRONTO" con la presentazione orale dal titolo: Uso energetico di substrati a base di frumento contaminato da micotossine

6. Elenco pubblicazioni

Nessuna pubblicazione disponibile al momento

Task n. 5.8: Centro dimostrativo per la produzione aziendale di biogas e biometano e l'utilizzo in motorizzazioni sperimentali (gruppi elettrogeni, trattrici)

Task leader: Daniele Pochi (CREA-IT)

1. Attività svolta

5.8.4.1 linea 1: Realizzazione di un sistema per l'upgrading del biogas, in grado cioè di abbattere in maniera significativa il contenuto di CO₂ ed acqua, consentendone l'utilizzo diretto in azienda. I due gas provenienti da due digestori non sono puri ma contengono percentuali variabili acqua, acido solfidrico, altre impurità e di CO₂. Per non compromettere l'efficienza della combustione e il rendimento del motore, queste sostanze sono normalmente eliminate tramite trattamenti chimici: quelli che riguardano acqua, H₂S e impurità are sono denominati "pulitura"; quelli che mirano all'eliminazione della CO₂ sono detti "upgrading". al termine del processo il gas giunge a percentuali di metano prossime al 99%. Tali processi sono piuttosto impegnativi dal punto di vista tecnico e finanziario e si adattano bene ad impianti di dimensioni medie e grandi.

La realizzazione di un innovativo sistema di upgrading è in corso nella task 5.6.B.1 col l'apporto dell'Istituto per l'Inquinamento Atmosferico del CNR e si basa sulle proprietà delle zeoliti di fissare



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPIAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

la CO₂ nel proprio reticolo cristallino. Al termine dello studio tale sistema sarà adottato nella presente linea. Al termine del processo di purificazione il bio-metano e il bio-idrogeno saranno avviati ad un sistema che consentirà di miscelarli in proporzioni variabili per consentire di individuare la miscela più appropriata per l'utilizzo finale.

5.8.4.2, linea 2: Realizzazione di un sistema in grado di utilizzare una miscela di bio-metano e bio-idrogeno come combustibile per la produzione di energia elettrica e termica. Parallelamente alla messa a punto del prototipo di impianto a due stadi, oggetto della task 5.3.B.1, sarà qui approntato l'impianto per l'utilizzo dei due gas da esso prodotti. L'attività è appena iniziata e si sono tenute alcune riunioni preliminari con il Dipartimento di Ingegneria – UniRomaTRE nel corso delle quali, in attesa di poter stipulare la convenzione di ricerca prevista, sono state individuate due possibilità tecniche percorribili nella realizzazione dell'impianto dimostrativo alimentato con i gas prodotti dal digestore a due stadi.

5.8.4.3 linea 3: Integrazione fra digestore a due stadi e sistema di cogenerazione e avvio della fase di produzione. Secondo il piano di attività, la messa a punto del digestore a due stadi e del motore modificato per la generazione di energia dovrebbe avvenire contemporaneamente in corrispondenza del sesto quadrimestre

2. Risultati e deliverable

I deliverable saranno prodotti successivamente alla realizzazione dell'impianto

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Sarà fondamentale la risoluzione dei problemi di tipo amministrativo dell'ente che hanno, di fatto, impedito lo svolgimento dell'attività dalla fine del 2016 ad oggi

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

Al momento non sono richieste attività integrative

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

6. Elenco pubblicazioni



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Task 5.9: Organizzazione e archiviazione risultati trasferibili. Formazione, trasferimento partecipato delle conoscenze. Focus group.

Task leader: Daniele Lolletti (CREA-AC)

Linea 1 di attività: Organizzazione e implementazione della banca dati in ragione dei requisiti dell'intero progetto.

Referenti: Daniele Lolletti (CREA-AC), Alessandro Piscicelli (CREA-AC), Corrado Lamoglie (CREA-AC)

Linea 2 di attività: Definizione dei requisiti e gestione di una piattaforma e-learning e di interazione 2.0

Referenti: Alessandro Piscicelli (CREA-AC), Daniele Lolletti (CREA-AC), Corrado Lamoglie (CREA-AC)

Linea 3 di attività: Approfondimenti in presenza (Focus Group).

Referenti: Corrado Lamoglie (CREA-AC), Daniele Lolletti (CREA-AC), Alessandro Piscicelli (CREA-AC)

Abstract

Due delle tre linee di attività della Task 5.9 prevedono la realizzazione di strumenti informatici specifici di supporto per la raccolta, descrizione e organizzazione in archivi dedicati dei risultati prodotti dalla ricerca, la cui struttura e complessità risulta correlata al numero delle informazioni e conoscenze prodotte dalle diverse task del progetto. Tali strumenti devono essere pertanto calibrati sulle specifiche necessità derivanti dal flusso di informazioni prodotte ed eventualmente dovranno essere corretti all'occorrenza. Per quanto sopra anticipato, la prima fase delle attività ha previsto l'analisi delle metodiche e degli strumenti per la raccolta e della modalità di visualizzazione dei risultati, della formalizzazione di uno schema comune di descrizione degli stessi e delle diverse possibilità di implementazione di un data base informatico in cui archivarli. Parallelamente, la task si è occupata dell'analisi di uno strumento di condivisione delle informazioni e delle conoscenze sviluppate nel progetto, la cui attività accompagnerà l'intero percorso del progetto. Tale strumento, che sfrutta un approccio già collaudato dal CREA, si sviluppa intorno al concetto di Comunità di Pratiche (CdP). Per l'implementazione di una CdP specifica per il progetto AGROENER è stato elaborato un documento di analisi, in cui è stata descritta la piattaforma informatica più adatta e le modalità di accesso e funzionamento. La terza linea di attività è sequenziale alle prime due e sarà implementata quando le prime due saranno già a pieno regime.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

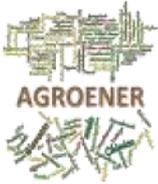
1. Attività svolta

La natura delle attività svolte nella task 5.9 (ovvero la raccolta dei risultati prodotti dalle ricerche condotte nel progetto AGROENER), prevede una articolazione temporale subordinata e sequenziale al raggiungimento di risultati da parte delle diverse Task del progetto.

La prima fase delle attività ha previsto la redazione di due documenti di analisi relativi alle linee di attività 1 e 2, ed un report relativo alle attività svolte nella terza linea di attività. Nei prossimi quattro anni del progetto, verranno prodotti i supporti informatici, verificandone la rispondenza rispetto alle esigenze dei Task leader e verranno successivamente messi in funzione. Contemporaneamente, sarà posta in essere la raccolta sistematica dei risultati prodotti nel progetto. I risultati e le conoscenze prodotte nel progetto, saranno oggetto di condivisione e comunicazioni bi-direzionali tra i ricercatori partecipanti al progetto e gli eventuali stakeholder che entreranno nell'area di interesse del progetto stesso. Tale approccio operativo, noto come Comunità di Pratiche è stato già collaudato dal CREA e si è dimostrato adeguato per consentire l'intervento "alla pari" dei diversi partecipanti nella realizzazione di percorsi di condivisive di fabbisogni e delle possibili soluzioni operative da applicare nella pratica. Secondo quanto ipotizzato nella scheda progettuale, la fruibilità dei dati e delle informazioni collegate ai risultati prodotti dal progetto AGROENER avrebbe dovuto essere veicolata in modalità Open Data. A questo proposito, rispetto a quanto previsto, si prevede una parziale discostamento nelle future attività realizzate, come evidenziato al successivo paragrafo 3.

Nei due report prodotti, sono stati affrontate le problematiche relative alla organizzazione e realizzazione di un efficace sistema di raccolta e visualizzazione dei risultati delle ricerche del progetto AGROENER e lo studio della piattaforma informatica più adatta ad ospitare una Comunità di Pratiche specifica per il progetto AGROENER.

Dal momento che la terza linea di attività della Task è sequenziale alle prime due, essa verrà implementata quando le prime due attività saranno già a pieno regime. Pertanto i Focus previsti dal progetto e relativi alla terza linea di attività, verranno realizzati a partire dal secondo anno di attività del progetto. Nella scheda progettuale, relativamente al primo anno di attività della Task 5.9, era previsto un solo Focus di presentazione delle attività che avrebbe svolto la stessa Task all'interno del progetto. Su suggerimento del Coordinatore del Progetto AGROENER, l'organizzazione del primo Focus è stata procrastinata di qualche mese e l'evento verrà realizzato in occasione del primo seminario/incontro che si terrà presumibilmente nell'autunno 2017. In tale evento verranno presentate tutte le attività svolte nel primo anno dalle diverse Task di progetto. Per tale ragione, non è stato realizzato alcun documento descrittivo (Output) relativo alla terza linea di attività.



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

2. Risultati e deliverable

Come anticipato in precedenza, i deliverable prodotti in questa prima fase sono rappresentati da due Documenti di analisi, di cui si riporta di seguito una breve sintesi.

Analisi dei requisiti della banca dati dei risultati AGROENER.

La banca dati dei risultati del progetto AGROENER si propone di raccogliere e visualizzare in modo sistematico tutti i risultati ottenuti dai diversi Work Package del progetto. La ratio del lavoro è quella di fornire uno strumento di consultazione, raggiungibile via web e tramite i più comuni motori di ricerca, che descriva in modo chiaro e divulgativo le esperienze condotte e i risultati ottenuti dalle diverse linee di ricerca. Pertanto si propone la realizzazione di un contenitore informatico, consultabile tramite interfaccia web sul sito del progetto AGROENER, in cui sono presenti i dati via via immessi dal gruppo di lavoro costituito nell'ambito della task 5.9 sulla scorta dei dati forniti dai diversi task leader del progetto. Tale contenitore informatico è stato ideato sulla base di quanto già realizzato per il CREA seguendo modello di lavoro denominato Agritrasfer. La struttura di Agritrasfer pone le sue basi su un database in cui inserire i dati "alfanumerici" e su un sistema di visualizzazione e organizzazione degli stessi dati in maschere informative (Agritrasfer). Nel caso specifico del progetto AGROENER, l'applicazione del metodo Agritrasfer ad AGROENER prevederà, pertanto, il caricamento dei dati "alfanumerici" in un database dedicato e opportunamente strutturato, denominato DB Agroener e la visualizzazione degli stessi dati tramite una copia di Agritrasfer, che replichi e visualizzi tutti i campi del DB Agroener.

In ogni caso, per questo specifico progetto, si prevede la visualizzazione dei soli Risultati del progetto e non la parte relativa ai risultati oggetto di proprietà industriale che, se anche derivate dal progetto, saranno visualizzati tramite le pagine web già allo scopo strutturate e disponibili sul sito del CREA.

Dal punto di vista operativo, data l'esistenza di uno specifico sito che raccoglie tutta la documentazione del progetto AGROENER (<http://agroener.crea.gov.it/>), il DB Agroener dovrà essere integrato nello stesso sito e visualizzato a livello del tab. "Trasferimento", prima della stringa "Relazioni tecniche". L'interfaccia grafica della maschera di visualizzazione è ancora in fase di studio, ma sarà comunque prodotta sulla base della succitata maschera Agritrasfer (http://sito.entecra.it/portale/cra_catalogo_innovazioni.php?lingua=IT). All'interno della maschera di visualizzazione saranno presenti due sezioni: la sezione "ricerca" dei risultati già presenti sulla base di differenti chiavi di ricerca) e la funzione "inserimento" di un nuovo risultato (entrambe le funzioni sono legate all'archivio e al vero e proprio database).

La raccolta dei risultati delle ricerche AGROENER avverrà ad opera del succitato gruppo di lavoro attraverso la distribuzione a tutti i task leader di progetto, di un apposito Form da compilare, già portato a conoscenza del Coordinatore di progetto e del Coordinatore del WP 5. Per maggiori chiarimenti ed informazioni relativi al DB Agroener e alla metodologia di raccolta degli stessi, si faccia riferimento al documento allegato: "Documento di analisi dei requisiti della banca dati specifici del progetto. Definizione dell'architettura della banca dati (D.5.9.1.1)".



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MiPAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Analisi dei requisiti della Comunità di Pratiche AGROENER.

Le Comunità di Pratiche del CREA (CdP CREA) hanno rappresentato un approccio operativo che l'Ente ha già collaudato attraverso l'attivazione di progetti dimostrativi sin dal 2010, e in cui sono state poste le basi per lo sviluppo di una sistema partecipativo di tipo bottom-up. Con tale approccio, i diversi soggetti partecipanti organizzati in gruppi di lavoro co-partecipato collaborano per affrontare problematiche pratiche ed eventualmente trasferire soluzioni innovative già tradotte in risultati applicabili dalla ricerca CREA. L'esperienza delle Comunità di Pratiche già realizzate per alcuni settori produttivi e supportate da un'apposita procedura web, ha consentito di verificare quali siano le modalità più appropriate di verifica del fabbisogno di innovazioni, di calibrare gli studi dei ricercatori verso ambiti di maggior interesse delle imprese, di migliorare il dialogo fra tecnici e ricercatori e uniformare il linguaggio di condivisione.

L'attività condotta nel primo anno di attività del progetto, relativamente alla linea di attività 2 si è concretizzata nella calibrazione e applicazione del modello CdP CREA allo specifico progetto AGROENER. E' stata pertanto redatto un documento di analisi in cui sono stati evidenziati i punti di forza e le eventuali problematiche riscontrate in passato con il collaudo delle CdP CREA. L'analisi ha dapprima proposto la possibilità di sostituire la piattaforma informatica precedentemente utilizzata (Moodle) in favore di un sistema più semplice e reattivo, basato su Alfresco. Di tale piattaforma, sono state verificate le modalità di collocazione su server CREA e di funzionamento, anche in relazione alle procedure di amministrazione e di manutenzione. Sulla scorta dell'analisi effettuata si è potuto verificare che la piattaforma Alfresco, ancorché graficamente più semplice e dotata di un numero inferiore di "settaggi" rispetto a Moodle, risulta però troppo complessa nella fase iniziale di progettazione, di descrizione dei flussi documentali e dei relativi Workflow, tanto da non essere gestibile con l'attuale dotazione di personale del gruppo di lavoro che sottende alla task 5.9. Pertanto la scelta definitiva della piattaforma informatica è ricaduta su Moodle.

Per maggiori chiarimenti ed informazioni relativi alla Comunità di Pratiche (CdP Agroener) e ai principi di funzionamento della stessa, si faccia riferimento al documento "Descrizione dei requisiti della piattaforma per il funzionamento e la gestione delle Comunità di Pratiche derivanti dalle attività dei WP (D.5.9.2.1). Creazione della Comunità di Pratiche del progetto AGROENER allegato alla presente relazione.

3. Ostacoli prevedibili e soluzioni adottate o ipotizzate

Dal punto di vista delle attività pianificate, non si rilevano sostanziali scostamenti rispetto a quanto realizzato. Rispetto a quanto previsto nel progetto però, in questo ultimo periodo, il CREA non dispone più delle competenze specifiche per la gestione degli Open Data e pertanto la fruizione dei dati secondo questa modalità non può essere attuata. Infatti la mancanza di personale a tal fine impiegato e di uno specifico settore amministrativo interno al CREA che si occupi di Open Data ha determinato la necessità di un cambio di strategia operativa anche per le attività previste nella task 5.9, pur raggiungendo lo stesso scopo finale. Infatti, i risultati raccolti dal DataBase



Energia dall'agricoltura: innovazioni sostenibili per la bioeconomia (AGROENER)

MIPIAAF DD n. 26329 del 1 aprile 2016

Agroener, pur non essendo veicolati tramite la metodologia Open Data, saranno configurati in maniera tale da essere egualmente fruibili a tutti gli operatori interessati tramite i normali motori di ricerca del Web. Il database infatti è per sua natura ad accesso libero e user friendly.

In ragione di quanto precedentemente riportato, si procederà a rendere fruibili i dati e le informazioni collegate alla attività della task 5.9 non facendo esplicito riferimento alla metodologia Open Data.

4. Proposta di eventuali attività integrative o aggiuntive

In ragione delle modifiche riportate ai precedenti paragrafi 3 e 4, si ritiene opportuno sostituire parte del personale indicato in fase di stesura della scheda progettuale. Nello specifico, il dott. Alessandro Piscicelli (tecnologo in servizio presso l'Ufficio D-1 dell'amministrazione Centrale del CREA) dovrà sostituire il dott. Tullio Tomasi (CTER in servizio presso l'Ufficio D4 della stessa amministrazione).

5. Attività di formazione, divulgazione e disseminazione

Tali attività, come previsto dal Progetto e come già anticipato al paragrafo 1, saranno calibrate in ragione dei prodotti e attività realizzate dalle diverse Task.

6. Elenco pubblicazioni

Non sono state fatte pubblicazioni.