

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

RELAZIONE TECNICA INTERMEDIA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO: 5005053

DOMANDA DI PAGAMENTO: 5148045

FOCUS AREA: 4B

Titolo Piano	<i>Uso del Biochar come filtro biologico per la depurazione delle acque: l'ammendante che depura l'ambiente</i>		
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Azienda Agraria Sperimentale Stuard S.C.R.L.		
Elenco partner del Gruppo Operativo	<p>Associato Non Beneficiario 1. Consorzio di Bonifica di Parma</p> <p>Associati Beneficiari 2. Azienda agricola Ganazzoli Filippo - Mezzani (Parma) 3. Azienda agricola Fratelli Fanfoni - Vicomero (Parma) 4. Azienda agricola Pavarani SS (Pavarani Paolo) – Torrile (Parma) 5. Azienda agricola Dall'Olio Lorenzo e Claudio - San Nazzaro (Parma) 6. Azienda Sperimentale Stuard: responsabile del Piano 7. UNIPR: responsabile scientifico 8. UNIBO 9. Agriform</p>		
Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	36		
Data inizio attività	1 Aprile 2016		
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	30 Giugno 2019		
Relazione relativa al periodo di attività dal	1 Agosto 2018	Al 30 Giugno 2019	
Data rilascio relazione			
Autore della relazione	Dr. Reggiani Roberto		
telefono		email	info@stuard.it ; r.reggiani@stuard.it

Sommario

1.0 Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

2. Descrizione per singola azione

2.1 Attività e risultati

2.1.1 Azione 0

2.1.2 Azione 1

2.1.3 Azione 2

2.1.4 Azione 3

2.1.5 Azione 4

2.1.6 Azione 5

2.1.7 Azione 6 – UNIBO

2.1.8 Azione 6 – UNIPR

2.1.9 Azione 7

2.1.10 Azione 8

2.1.11 Azione 9

2.1.12 Azione 10

3. Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

4. Altre informazioni

5. Considerazioni finali

6. Relazione tecnica

1.0 Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

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

Il piano RIFASA nel periodo oggetto di rendicontazione (agosto 2018- giugno 2019) è stato oggetto di due modifiche rispetto al piano presentato:

Variante del 27 FEBBRAIO 2019

In data 27 febbraio 2019 il capofila del GOI (azienda Stuard) ha effettuato una richiesta di variante riguardo alla rimodulazione del budget assegnato ad alcuni partner, alla variazione della composizione di alcuni costi ed alla segnalazione di errori nella scheda finanziaria di progetto e nel caricamento sul sistema SIAG.

Questa variante, approvata dalla regione con determina Num. 6333 del 08/04/2019, non ha modificato in nessun modo l'efficacia tecnica del progetto e nemmeno il budget richiesto inizialmente che è stato solo ridistribuito.

Proroga del 26 FEBBRAIO 2019

Nel febbraio 2019 è stata richiesta una proroga del termine ultimo del progetto (31 marzo) a causa di problematiche legate alla messa a punto del carbonizzatore che hanno determinato una serie di ritardi delle diverse attività (analisi di laboratorio, raccolta ed elaborazione di dati, redazione linee guida, divulgazione di fine progetto). La richiesta è stata accettata dalla RER; Il termine del progetto è stato quindi posticipato al 30 giugno 2019.

Notifica di UNIBO

Per la completa realizzazione del Piano, le attività si sono svolte anche nell'azione 9 (partecipazione a congressi e divulgazione risultati).

Inoltre le attività di sono state inserite nell'azione 0 (cooperazione), contrariamente a quanto indicato nella scheda finanziaria iniziale.

Tuttavia, per le suddette modifiche, non si richiede una variazione del budget.

Incontri tecnici

Nel periodo oggetto di tale rendicontazione si sono tenute 2 riunioni tecniche presso la sede del capofila Azienda Agraria Sperimentale Stuard. Il 19 settembre 2018 i partner si sono confrontati sui risultati ormai finali delle varie azioni e hanno fatto il punto della situazione sulle ultime attività da completare.

Il 19 febbraio 2019 i partner si sono incontrati in vista della chiusura del progetto avanzando l'esigenza di richiedere una variante ed una proroga del progetto stesso. Inoltre si è strutturato il convegno finale del progetto ed è stato presentato a tutti i partner il sito web ufficiale (Foto 1).



Foto 1- Incontro tecnico del 19 febbraio

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano: cronoprogramma

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

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
Azione 0	Stuard	Esercizio della Cooperazione	1	1	36	38
Azione 1	UNIPR	Studi necessari alla realizzazione del piano	25	25	36	38
Azione 2	Stuard	Sfalcio, andanatura e rotoimballatura	1	1	21	28
Azione 3	Passato a UNIPR (uscita Azienda Tadini)	Messa a punto dell'alimentatore del micro carbonizzatore	4	4	24	38
Azione 4	Stuard (uscita Azienda tadini)	Prove agronomiche	4	4	30	30
Azione 5	UNIPR, UNIBO	Analisi laboratorio	7	7	36	38
Azione 6	Stuard, UNIPR, UNIBO	Redazione dei report annuali	7	7	36	38
Azione 7	Stuard	Redazione delle Linee Guida	31	27	36	38
Azione 8	Stuard, UNIPR, UNIBO	Raccolta dati	4	4	36	38
Azione 9	Stuard, UNIPR (uscita Azienda Tadini)	Piano divulgazione	4	6	36	38
Azione 10	Agriform	FORMAZIONE	10	14	36	32

2. Descrizione per singola azione

2.1 Attività e risultati (descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione)

2.1.1 Azione 0 (cooperazione): responsabile Azienda Stuard

2.1.1.1 Descrizione delle attività

Azienda Stuard nel periodo oggetto della seguente relazione (da agosto 2018 a giugno 2019) ha proseguito il coordinamento dell'attività di funzionamento e gestione del Gruppo Operativo, pianificando e mettendo in atto tutte le iniziative necessarie alla realizzazione degli obiettivi previsti dal Piano.

In particolare le principali attività effettuate da azienda Stuard nell'ambito dell'azione di cooperazione sono state:

- Monitoraggio dello stato di avanzamento dei lavori;
- Valutazione dei risultati in corso d'opera;
- L'analisi degli scostamenti comparando i risultati intermedi con quelli attesi e l'individuazione di eventuali azioni correttive;
- Il coordinamento e la stesura delle richieste di variante e di proroga
- Preparazione dei documenti per le domande di saldo;
- Attività di comunicazione delle attività svolte a tutti i partner del GOI;
- Organizzazione di incontri di natura organizzativa, tecnica e burocratico-amministrativa tra i vari rappresentanti dei partner costituenti il GOI. In particolare 19 settembre 2018, 19 febbraio 2019.
- Coordinamento e assistenza a tutti i partner in fase di rendicontazione finale

2.1.1.2 Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità

Il GOI è stato gestito senza particolari problemi grazie alla completa collaborazione e presenza dei partner agli incontri; gli obiettivi sono stati raggiunti

2.1.1.4 Azione 0 (Cooperazione): personale

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

Cognome e nome	Azienda/ente	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Numero ore	Costo totale
	Stuard	Tecnico - responsabile progetto	Coordinamento dell'attività di cooperazione tra i diversi partner del GOI	97,5	€ 2.891,85
Totale					€ 2.891,85

2.1.1.5 Azione 0 (Cooperazione): consulenze esterne

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	18.000,00 €	Supporto all'attività di cooperazione e rendicontazione	6.000,00 €
(studio notarile)	700,00 €	Modifica costituzione ATS progetto Rifasa	700,00 €
Totale			6.700,00 €

2.1.1.6 Azione 0 (Cooperazione): trasferte

Numero	Data trasferta	NOMINATIVO	SCOPO DELLA TRASFERTA	DA/A	DESCRIZIONE	Azione	Importo (euro)
1	12/05/16		Piacenza (Università Cattolica)	Parma-Piacenza (127Km)	Incontro con consulente esterno	Cooperazione	€81,66
2	20/05/16		Piacenza (Università Cattolica)	Parma-Piacenza (127Km)	Incontro con consulente esterno	Cooperazione	€81,66
3	05/08/19		Faenza (RA) c/o UNI-BO Dipartimento Chimica Industriale	Parma-Faenza (RA)	Incontro con referenti del progetto di UNI-BO per dettagli sulla rendicontazione a saldo	Cooperazione	€119,06
TOTALE							€282,38

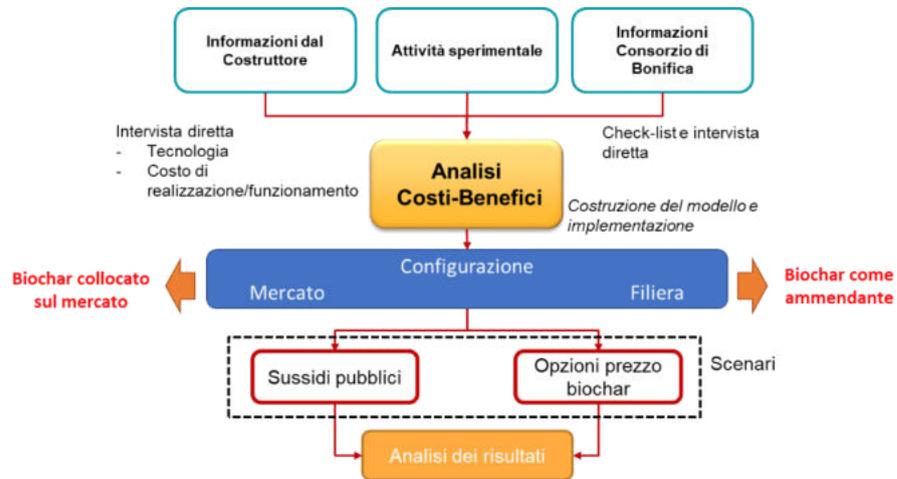
2.1.2.1 Azione 1: responsabile UNI-PR

Azione	1
Unità aziendale responsabile	UNIPR
Descrizione delle attività	<p>Nel corso del periodo, UNI-PR ha completato lo sviluppo del modello di valutazione economica basato sulla tecnica dell'Analisi Costi-Benefici (ACB). Come mostra la Fig. 1, il modello ACB è stato costruito impiegando le informazioni quantitative fornite dal costruttore dell'impianto di pirogassificazione, quelle provenienti dalle attività di sperimentazione (campo e laboratorio) e quelle relative alle operazioni di preparazione della biomassa da sfalcio e ai processi produttivi agricoli. I costi e i benefici economici sono stati distribuiti su un orizzonte temporale di 20 anni applicando un adeguato fattore di attualizzazione.</p> <p>La biomassa impiegata nei processi di pirogassificazione è composta per circa il 36% da paglia da sfalcio e per il restante da pellet. L'impiego di pellet si è reso necessario per il corretto funzionamento dell'impianto. Complessivamente, il pirogassificatore può trattare 4,7 kg di biomassa all'ora (1,7 kg/h di materiale da sfalcio e 3 kg/h di pellet).</p>

Il modello ACB è stato valutato secondo due differenti prospettive di impiego del biochar: 1) prospettiva di mercato; 2) prospettiva di filiera.

Nel caso della prospettiva di mercato, si è ipotizzato che il biochar sia collocato interamente sul mercato; mentre nel caso della configurazione di filiera, si assume che il biochar venga reimpiegato come ammendante dei terreni delle aziende agricole coinvolte nel progetto. Le due prospettive di impiego del biochar sono state a loro volta valutate sulla base di due differenti tipologie di scenario: una di sussidio/incentivazione pubblica e l'altra di mercato. La prima tipologia di scenario si è proposta di valutare la sostenibilità economica delle due prospettive di impiego del biochar nell'ipotesi alternativa di finanziamento dei costi di realizzazione dell'impianto attraverso i fondi PSR e di incentivazione del miglioramento dell'efficienza energetica attraverso il riconoscimento dei Certificati Bianchi (o TEE, Titoli di Efficienza Energetica). Per quanto riguarda lo scenario di mercato, la sola prospettiva di vendita dell'intero biochar prodotto è stata valutata secondo tre differenti livelli di prezzo del biochar: 500 €/t, 1000 €/t e 1500 €/t. Tali prezzi sono stati desunti dalla letteratura e dalle esperienze di mercato del biochar a livello internazionale.

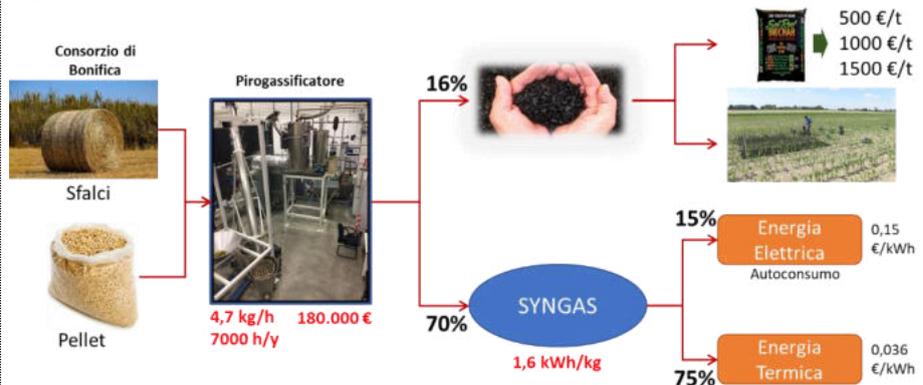
Figura 1. Approccio metodologico



Oltre ai benefici associati alla vendita del biochar o alla sua distribuzione sui terreni agricoli come ammendante, il modello ACB ha valutato anche la possibilità di sfruttamento a fini energetici del syngas prodotto durante il processo di pirogassificazione. In particolare, la valutazione assume il pieno consumo dell'energia elettrica e termica potenzialmente producibile (si veda Fig. 2) all'interno delle aziende partecipanti al progetto.

Come noto, il biochar non apporta soltanto un beneficio di tipo agronomico, ma anche di tipo ambientale attraverso il sequestro stabile di carbonio nei terreni. A questo riguardo, il modello ACB ha tenuto conto del beneficio monetario determinato dal contributo del biochar alla mitigazione del cambiamento climatico.

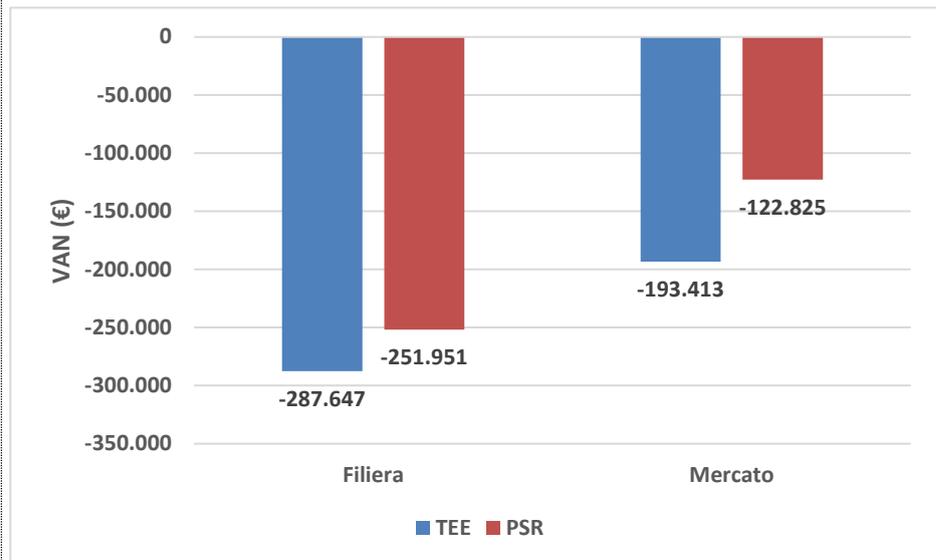
Figura 2. Principali flussi informativi utilizzati nel modello ACB



I risultati ottenuti mostrano una sostenibilità economica negativa in tutti gli scenari considerati (Fig. 3). La ragione è da ricercare nella limitata capacità di trattamento della biomassa del pirogassificatore, in quanto la tipologia e il volume di biomassa in ingresso

non consentono allo stato attuale di superare i 4,7 kg/ora, e nel costo di acquisto del pellet mescolato al materiale da sfalcio.

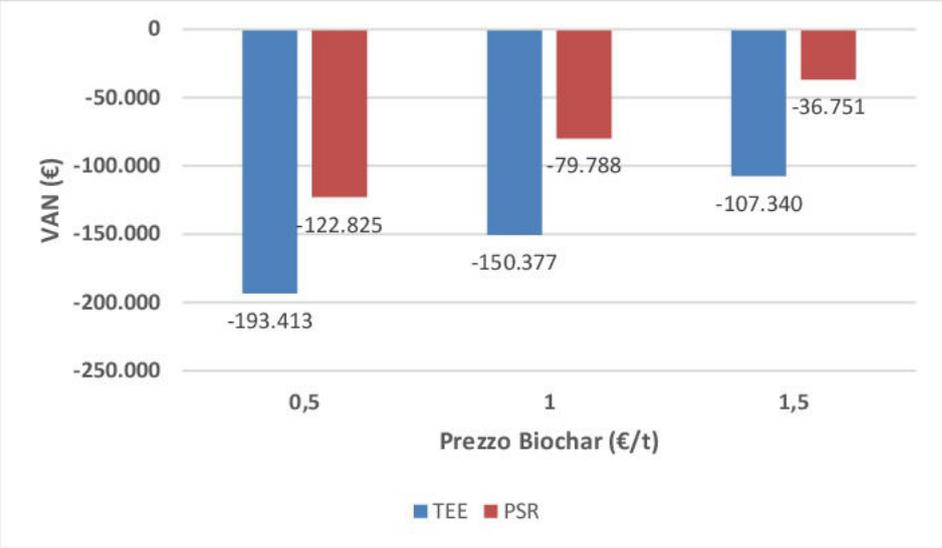
Figura 3. Valore Attuale Netto (VAN) per scenario di impiego del biochar



I risultati della prospettiva di mercato, anche nell'ipotesi di vendita del biochar al prezzo massimo di 1500 €/t, restituiscono una economicità negativa del progetto (Fig. 4). Come in precedenza, il costo del pellet e le basse quantità di materiale pirogassificato incidono sui VAN negativi ottenuti.

Anche se l'analisi ACB è, per sua natura, un approccio alla valutazione della sostenibilità economica di lungo periodo, nel presente progetto le sperimentazioni in campo hanno avuto una durata limitata a due anni, per cui il modello ACB riflette i risultati sperimentali di breve periodo. Secondo la letteratura scientifica, il beneficio agronomico del biochar può essere misurato in una prospettiva temporale di medio-lungo periodo e dipende dalle caratteristiche del suolo in cui viene applicato. I risultati dell'analisi ACB, nella prospettiva di filiera, risentono pertanto di elevata incertezza dovuta alla mancanza di informazioni sul potere ammendante del biochar nel medio-lungo periodo sui terreni agricoli oggetto della sperimentazione. Ad esempio, allo stato attuale, non è stato possibile misurare l'effetto di medio-lungo periodo sui rendimenti produttivi o sulla lavorabilità dei terreni.

Figura 4. Valore Attuale Netto (VAN) per scenario di prezzo del biochar

	 <p data-bbox="486 772 1428 884">Si fa presente, infine, che i costi di realizzazione dell'impianto di pirogassificazione si riferiscono alle caratteristiche dell'impianto prototipale installato presso l'Università di Parma. L'industrializzazione della tecnologia e una differente scala dell'impianto potrebbero modificare, anche in modo sensibile, il rapporto costi-benefici qui calcolato.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	L'analisi ACB è stata completata secondo quanto stabilito dal progetto.

2.1.2.2 Personale azione 1

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

Cognome e nome	Azienda/ente	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Numero ore	Costo totale
	UNIPR	Professore Ordinario	Coordinamento raccolta dati analisi economiche	17,27	1.499,90 €
	UNIPR	Ricercatore	Analisi economiche: modelli, preparazione di relazioni	51,71	1.500,11 €
	UNIPR	Professore Ordinario	Analisi economiche: preparazione di documenti	57,35	3.107,80 €
	UNIPR	Borsista	Raccolta dati da impianto di carbonizzazione per analisi economiche e di sostenibilità	380,56	4.540,00 €
	UNIPR	Borsista	Analisi economiche: raccolta dati, modelli	2.150,22	23.460,80 €
Totale					€ 34.108,61

2.1.3 Azione 2: responsabile Azienda Stuard

2.1.3.1 Descrizione attività e risultati azione 2: sfalcio, andanatura e rotoimballatura

Si riporta quanto descritto nella seconda rendicontazione intermedia in quanto l'attività inerente l'azione 2 era terminata nel periodo oggetto della stessa.

I tecnici di azienda Stuard come da programma nel periodo giugno 2017-luglio 2018 hanno proseguito l'attività di organizzazione dello sfalcio degli argini e delle fasce tampone dei canali che costeggiano le diverse aziende col fine di ottenere il materiale da carbonizzare per produrre il biochar. I canali interessati dalle operazioni di sfalcio sono stati i seguenti:

- Presso Azienda Ganazzoli: canale Parmetta e Gambina del Casale;
- Presso Azienda Pavarani: il cavo Lama, fossa Castellazzo e fossa di Golese;
- Presso Azienda Fanfoni: la fossa Castellazzo, cavo 2 Grande e Navigaruzzo Nuovo;
- Presso Azienda Dall'Olio: il canale Dugara Viazzola, canale Dugara Balzarina e cavo Tarasone.

In particolare le operazioni di raccolta della biomassa sono iniziate nella primavera del 2018 (aprile/maggio) e sono terminate a giugno-luglio 2018.

Nel dettaglio, come nell'annata precedente, i tecnici di azienda Stuard si sono occupati delle operazioni di taglio degli argini tramite "apposita barra falciante", rimescolamento della biomassa per favorire l'appassimento in loco e successiva ranghinatura con trasporto e collocazione in andana sulla sommità dell'argine. Successivamente si è proceduto alla raccolta con l'esecuzione di rotoballe di biomassa vegetale e al loro stoccaggio nel piazzale di raccolta presso l'Azienda Agraria Sperimentale Stuard.

Prima di ogni operazione di sfalcio si è provveduto alla pulizia manuale dell'argine o "fascia tampone" per evitare di dovere raccogliere materiali estranei in fase di creazione delle rotoballe di biomassa. In questo secondo anno, per ogni operazione svolta, i tecnici hanno collaborato con Università di Parma alla identificazione e raccolta dei tempi di lavoro e consumi dei macchinari impiegati per le successive operazioni di calcolo "dei costi benefici della filiera" o reticolo secondario.

2.1.3.2 Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità azione 2

Tutte le operazioni previste sono state effettuate come da programma e secondo le tempistiche dettate dal Consorzio di Bonifica, senza sostanziali scostamenti rispetto al piano del GO.

2.1.3.3 Attività ancora da realizzare

Attività terminata nel luglio 2018

Si allegano alcune foto degli interventi di sfalcio e imballatura degli argini



2.1.3.4 Personale azione 2

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

Il costo del personale relativo all'azione 2 è già stato rendicontato.

2.1.3.5 Collaboratore esterno

Nominativo del collaboratore esterno	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	16.680,00 €	Fornitura per lavorazioni di sfalcio, spostamento erba, materiale sponde ed alvei canali con spostamento sul ciglio con barra falciante e decespugliatore	16.680,00 €
Totale			16.680,00 €

2.1.3.6 Azione 2: trasferte

Numero	Data trasferta	NOMINATIVO	SCOPO DELLA TRASFERTA	DA/A	DESCRIZIONE	Azione	Importo (euro)
1	24/08/17		San Nazzaro c/o az. agr. Dall'Olio	Parma-San Nazzaro (PR)	prelievi terreno per analisi	Azione 2	€12,00
2	24/08/17		Torrile (PR) c/o az. agr. Pavarani	Parma-Torrile (PR)	prelievi terreno per analisi	Azione 2	€8,10
3	04/09/17		Mezzani (PR) c/o az. agr. Ganazzoli	Parma-Mezzani (PR)	prelievi terreno per analisi	Azione 2	€15,22
4	19/12/17		Reggio Emilia c/o Tecnopolo CRPA LAB	Parma-Reggio Emilia	consegna campione di terreno per analisi	Azione 2	€28,66
5	06/02/18		Bologna c/o UNI-BO	Parma-Bologna	consegna campioni di terreno per analisi	Azione 2	€88,77
6	28/06/18		Vicomero (PR) c/o az. agr. Fanfoni	Parma-Vicomero (PR)	prelievi terreno per analisi	Azione 2	€8,21
7	29/10/18		Faenza (RA) c/o UNI-BO Dipartimento Chimica Industriale	Parma-Faenza (RA)	consegna campioni di terreno per analisi	Azione 2	€121,65
TOTALE							12 €282,61

2.1.4 Azione 3: responsabile UNI-PR

2.1.4.1 Descrizione attività e risultati

Azione	3
Unità aziendale	UNIPR
Descrizione delle attività	<p>Le attività svolte nell'ambito del progetto Rifasa, hanno permesso la messa a punto di un secondo sistema di alimentazione del micro carbonizzatore prototipale e all'implementazione e sostituzione del quadro elettrico, grazie al supporto di Iridenergy srl, proprietaria dell'impianto.</p> <p>A seguito delle modifiche dell'impianto e alla realizzazione di un secondo sistema di alimentazione per introdurre direttamente la biomassa vegetale sfalciata, rotoimballata e macinata derivata dalla vegetazione presente sulle fasce tampone (fig.1), all'interno della camera di gassificazione, UNIPR ha potuto implementare il programma di controllo, integrandolo con i nuovi componenti (incluse le celle di carico) e algoritmi, per garantire la registrazione di tutte le informazioni.</p>  <p>Fig. 1 biomassa sfalciata, e macinata, derivata dalla vegetazione presente sulle fasce tampone</p> <p>L'introduzione della paglia, biomassa molto leggera, quindi priva di struttura, pur essendo stata ripassata da un tritatore più volte ha creato diverse tipologie di problematiche nel sistema di alimentazione a partire dallo scarico del big bag (fig.2). Infatti trattandosi di una biomassa molto fine e leggera inizialmente non scendeva nemmeno dal big bag. Si è dovuto quindi intervenire a partire dallo scarico della coclea esterna, introducendo un sistema di insufflazione di aria che accompagnasse la fibra, purtroppo non garantendo un'alimentazione continua, in quanto la paglia fermandosi sui bordi delle pareti dello scarico, si schiacciava, creando dei tappi, che hanno richiesto l'intervento dell'operatore. Per questa ragione in una prima fase si è deciso di alimentare manualmente il reattore by passando la coclea caricata a big bags (fig.3).</p>  <p>Fig. 3 Alimentazione a mano</p> <p>Purtroppo per colpa della alimentazione discontinua si è riusciti a introdurre con il secondo sistema di alimentazione poco più del 35% di paglia nel reattore, il restante pellet è stato introdotto dal primo sistema di alimentazione. Interventi rivolti a garantire un costante flusso di alimentazione della paglia porteranno a un incremento della percentuale di paglia probabilmente fino al 100%. Infatti il pellet è stato introdotto con un flusso temporizzato proprio per compensare solo le interruzioni di alimentazione della paglia.</p> <p>È stato aggiunto inoltre un sistema di controllo in grado di eseguire automaticamente inversione di marcia in caso di arresto causato da eccessivo sforzo del motore, causato da accumulo di materiale. Sono state inoltre messe a punto le celle di carico aggiunte da Iridenergy che hanno permesso di registrare direttamente sulla plc le rese in biochar.</p>

	<p>L'efficientamento dell'impianto ha permesso di ottenere temperature elevate nella camera di combustione ma questo ha obbligato alla sostituzione di componenti con acciai speciali in grado di sopportare temperature superiori ai 1000°C.</p> <p>I risultati finali sono stati comunque positivi in quanto si è riusciti ad ottenere un buon biochar, con poche ceneri, con rese intorno al 16% (fig.4).</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.4 Biochar</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p><i>Sono stati raggiunti tutti gli obiettivi preposti nel progetto:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>È stato completato e testato il secondo sistema di alimentazione della biomassa vegetale sfalciata, rotoimballata e macinata, disomogenea derivata dalla vegetazione presente sulle fasce tampone.</i> • <i>È stata eseguita la carbonizzazione della biomassa vegetale sfalciata, rotoimballata e macinata, disomogenea derivata dalla vegetazione presente sulle fasce tampone e stoccata presso la Stuard.</i> • <i>È stato prodotto il biochar per le analisi di laboratorio e per le prove dell'Azione 4.</i> 	
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p>Essendo stati raggiunti tutti gli obiettivi preposti nel progetto non sono rimasti attività da realizzare</p>	

2.1.4.2 Personale azione 3

Cognome e nome	Azienda/ente	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Numero ore	Costo totale
	UNIPR	Professore Ordinario	Coordinamento prove tecniche pirogassificatore	85,66	€ 7.439,57
	UNIPR	Ricercatore	Prove di carbonizzazione	164,96	5.828,04 €
Totale					€ 13.267,61

2.1.4.3 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

Fornitore	Descrizione	Costo
	Sistema di carico per micro gassificatore prototipale	33.700,00 €
Totale		33.700,00 €

La modifica del sistema di carbonizzazione ha comportato il costo del sistema di carico, fornito dalla ditta Iridenergy Srl, come da apposito preventivo previsto nella variante effettuata in data 7 ottobre 2017. Nella relazione intermedia n. 2 era già stata visualizzata questa spesa.

2.1.4.4 Consulenze esterne

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	35.380,00 €	Azione 3. Messa a punto del carbonizzatore e attività di carbonizzazione	8.124,88 €
Totale			8.124,88 €

2.1.5 Azione 4 - Prove agronomiche: responsabile azienda Stuard

2.1.5.1 Descrizione attività e risultati

Nel periodo oggetto della seguente rendicontazione (Agosto 2018- Giugno 2019) sono terminate le operazioni presso l'azienda Dall'Olio e l'azienda Stuard. Le prove agronomiche effettuate presso le aziende Pavarani, Fanfoni e Ganazzoli sono terminate in passato (descritte infatti nelle precedenti relazioni tecniche intermedie).

Azienda Agricola Dall'Olio

Presso l'Azienda Agricola Dall'Olio il 22 Agosto 2018 è stata effettuata la raccolta manuale delle parcelle di pomodoro secondo lo schema sperimentale comune a tutti i campi prova (fig.1).

Come descritto nel piano del GO sono stati effettuati i seguenti rilievi quali-quantitativi (Tab.1):

- Produzione e classe merceologica della produzione (verde-maturo-marcio)
- Valutazione morfologica (lunghezza branche)
- SPAD da effettuare due volte nel corso del ciclo colturale (dopo 40 e 70 giorni dal trapianto)
- Valutazione sullo stato fitosanitario
- Analisi sulla SS della bacca
- °Brix
- pH

Schema sperimentale adottato in tutte le prove sperimentali di campo

	B	B	B	B	B	B	B
B4	B	5	3	1	2	4	B
B3	B	2	1	5	4	3	B
B2	B	3	2	4	1	5	B
B1	B	4	5	2	3	1	B
	B	B	B	B	B	B	B

Tesi 1: testimone non trattato - Tesi 2: biochar dose 15 ton/ha - Tesi 3: biochar dose 30 ton/ha - Tesi 4: biochar dose 45 ton/ha - Tesi 5: biochar dose 60 ton/ha

Rilievo SPAD sulla coltura del pomodoro-Azienda Dall'Olio

Tesi				Data rilievo	
Descrizione	Numero campo	Numero blocco	Numero tesi	15/06/2018	12/07/2018
Testimone non trattato			1	55,0	51,4
Biochar dose 15 ton/ha			2	56,0	50,8
Biochar dose 30 ton/ha			3	54,9	50,7
Biochar dose 45 ton/ha			4	56,2	52,1
Biochar dose 60 ton/ha			5	57,1	51,3
				55,8	51,3

Rilievi morfologici e quanti-qualitativi-Pomodoro-Azienda Dall'Olio

Tesi	PRODUZIONE								Analisi bacche			Valutazione morfologica	Valutazione stato fitosanitario
	Gradi residuo ottico ad ha (Kg/ha)	Commerciabile (t/ha)	Immatura (t/ha)	Marcia (t/ha)	Totale (t/ha)	Commerciabile/totale (%)	Immatturo (%)	Marcio (%)	Residuo ottico (°Brix)	Sostanza secca (%)	pH	Lunghezza delle branche (cm)	Punteggio (1-5)
Testimone non trattato	3.339	67,5	8,3	15,2	91,0	74,2	9,1	16,7	4,95	5,68	4,30	115,35	3
Biochar dose 15 ton/ha	3.169	64,3	8,3	12,8	85,5	75,3	9,7	15,0	4,93	5,73	4,40	115,625	3
Biochar dose 30 ton/ha	3.346	66,6	9,3	15,5	91,4	72,8	10,2	17,0	5,03	5,92	4,40	111,675	3
Biochar dose 45 ton/ha	3.309	64,9	6,9	15,2	86,9	74,6	7,9	17,5	5,10	5,77	4,30	108,275	3
Biochar dose 60 ton/ha	3.528	70,6	9,1	14,3	94,0	75,1	9,7	15,2	5,00	5,73	4,33	117,65	3
Media	3.338	66,8	8,4	14,6	89,7	74,4	9,3	16,3	5,00	5,77	4,35	113,72	3

Il 23 di agosto i tecnici Stuard hanno effettuato i prelievi di terreno finali in ciascuna tesi, ad una profondità di 0-30 cm, presso tutte le Aziende Agricole coinvolte nel progetto. I campioni sono poi stati consegnati all' Università di Bologna per le analisi.





Raccolta manuale delle parcelle e misurazione branche- Azienda Dall'Olio

Azienda Agraria Sperimentale Stuard

I tecnici Stuard a fine settembre 2018 hanno effettuato sulle diverse parcelle di mais, i rilievi morfologici previsti dal Piano Go.

Successivamente è stata effettuata la raccolta delle spighe. Dopo la sgranatura è stato possibile procedere con i rilievi quanti-qualitativi.

Mais da granella 2018 - azienda Stuard - rilievi e dati produttivi								
Descrizione Tesi	Produzione al 15% di umidità (t/ha)	Umidità alla raccolta (%)	Peso 1000 semi (g)	Peso ettolitrico (Kg/hL)	Altezza pianta (cm)	Altezza inserzione spiga (cm)	Piante Stroncate (n°)	Valutazione Stato Fitosanitario (1-5)
Testimone	5,9	24,6	400,3	71,2	331,8	151,8	1,0	4
Biochar dose 15 ton/ha	5,6	25,3	416,4	68,8	332,9	149,4	1,5	4
Biochar dose 30 ton/ha	5,0	23,7	387,1	70,7	318,6	142,6	2,0	4
Biochar dose 45 ton/ha	4,9	27,6	409,7	69,8	326,8	143,8	1,0	4
Biochar dose 60 ton/ha	5,4	28,1	431,5	70,2	336,2	136,9	1,7	4
Media	5,4	25,9	409,0	70,1	329,3	144,9	1,4	4,0



Rilievi e raccolta delle parcelle di mais

2.1.5.4 Personale azione 4

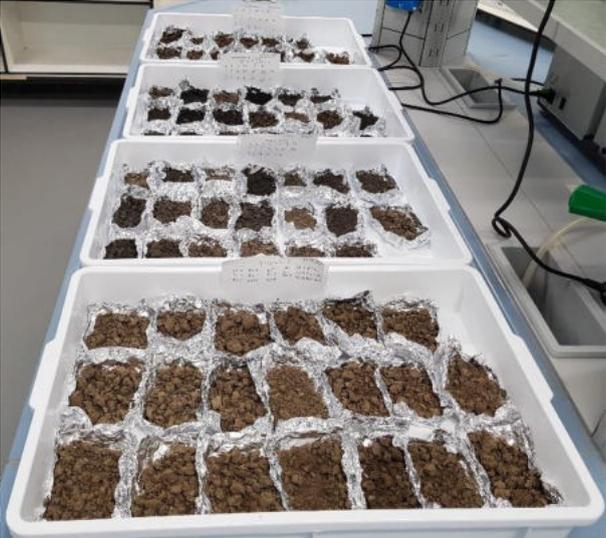
Cognome e nome	Azienda /ente	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Numero ore	Costo totale
	Stuard	Tecnico agronomo	Prove agronomiche di campo	40	703,20
	Stuard	Tecnico agronomo	Prove agronomiche di campo	20	490,40
	Stuard	Operaio	Prove agronomiche di campo	24	376,32
	Stuard	Operaio	Prove agronomiche di campo	58	910,02
	Stuard	Operaio	Prove agronomiche di campo	154	2.128,28
Totale					4.608,22

2.1.5.5 Azione 4: trasferte

Numero	Data trasferta	NOMINATIVO	SCOPO DELLA TRASFERITA	DA/A	DESCRIZIONE	Azione	Importo (euro)
1	06/06/17		Mezzani (PR) c/o az. agr. Ganazzoli	Parma-Mezzani (PR)	Distribuzione biochar	Azione 4	€15,02
2	16/06/17		Mezzani (PR) c/o az. agr. Ganazzoli	Parma-Mezzani (PR)	1° rilievo con SPAD	Azione 4	€15,02
3	23/06/17		San Nazzaro c/o az. agr. Dall'Olio	Parma-San Nazzaro (PR)	trebbiatura parcellare frumento	Azione 4	€12,02
4	20/07/17		Gariga (PC) c/o az. agr. Tadini	Parma-Gariga (PC)	1° rilievo con SPAD	Azione 4	€38,76
5	18/08/17		Torile (PR) c/o az. agr. Pavarani	Parma-Torile (PR)	raccolta parcelle mais	Azione 4	€8,10
6	18/08/17		Vicomero (PR) c/o az. agr. Fanfoni	Parma-Vicomero (PR)	raccolta parcelle mais	Azione 4	€7,50
7	21/08/17		Gariga (PC) c/o az. agr. Tadini	Parma-Gariga (PC)	2° rilievo con SPAD nel pomodoro	Azione 4	€39,00
8	30/08/17		Mezzani (PR) c/o az. agr. Ganazzoli	Parma-Mezzani (PR)	raccolta parcelle pomodoro	Azione 4	€15,00
9	06/09/17		Vicomero (PR) c/o az. agr. Fanfoni	Parma-Vicomero (PR)	prelievi terreno per analisi	Azione 4	€7,61
10	14/09/17		Gariga (PC) c/o az. agr. Tadini	Parma-Gariga (PC)	raccolta parcelle pomodoro	Azione 4	€39,58
11	24/10/17		Vicomero (PR) c/o az. agr. Fanfoni	Parma-Vicomero (PR)	distribuzione biochar	Azione 4	€7,63
12	25/10/17		Vicomero (PR) c/o az. agr. Fanfoni	Parma-Vicomero (PR)	distribuzione biochar	Azione 4	€7,63
13	25/10/17		Vicomero (PR) c/o az. agr. Fanfoni	Parma-Vicomero (PR)	semina frumento	Azione 4	€7,63
14	12/03/18		Torile (PR) c/o az. agr. Pavarani	Parma-Torile (PR)	distribuzione biochar	Azione 4	€8,36
15	15/03/18		Torile (PR) c/o az. agr. Pavarani	Parma-Torile (PR)	semina erba medica	Azione 4	€8,36
16	26/03/18		Mezzani (PR) c/o az. agr. Ganazzoli	Parma-Mezzani (PR)	distribuzione biochar	Azione 4	€15,48
17	27/03/18		Mezzani (PR) c/o az. agr. Ganazzoli	Parma-Mezzani (PR)	distribuzione biochar	Azione 4	€15,48
18	27/03/18		Mezzani (PR) c/o az. agr. Ganazzoli	Parma-Mezzani (PR)	semina erba medica	Azione 4	€15,48
19	07/05/18		Torile (PR) c/o az. agr. Pavarani	Parma-Torile (PR)	distribuzione biochar	Azione 4	€8,75
20	31/05/18		San Nazzaro c/o az. agr. Dall'Olio	Parma-San Nazzaro (PR)	distribuzione biochar	Azione 4	€12,97
21	12/07/18		San Nazzaro c/o az. agr. Dall'Olio	Parma-San Nazzaro (PR)	2° rilievo con SPAD nel pomodoro	Azione 4	€13,04
22	16/07/18		Mezzani (PR) c/o az. agr. Ganazzoli	Parma-Mezzani (PR)	2° sfalcio (parcellare) erba medica	Azione 4	€16,30
23	22/08/18		San Nazzaro c/o az. agr. Dall'Olio	Parma-San Nazzaro (PR)	raccolta parcelle di pomodoro	Azione 4	€73,04
24	23/08/18		San Nazzaro c/o az. agr. Dall'Olio	Parma-San Nazzaro (PR)	RACCOLTA PARCELLE POMODORO- PRELIEVI CAMPIONI DI TERRENO	Azione 4	€25,03
						TOTALE	€432,77

2.1.6 Azione 5 – Analisi di laboratorio: responsabile UNIPR e UNIBO

2.1.6.1 Descrizione attività e risultati

Azione	5
Unità aziendale responsabile	UNIBO
Descrizione delle attività	<p>1. Analisi del suolo</p> <p>Sono stati determinati il contenuto di carbonio totale (TC), organico (TOC) e inorganico (IC) nei suoli trattati con diverse quantità di biochar (15, 30, 45 e 60 t ha⁻¹) e nei relativi controlli (testimoni) forniti dalle Aziende Agricole Ganazzoli, Dall'Olio Lorenzo e Claudio, Fanfoni e Pavarani. Le analisi sono state effettuate sui campioni di suolo derivanti dai campionamenti realizzati negli anni 2017 e 2018, prelevando delle aliquote rappresentative. Tali aliquote prima di essere analizzate sono state private dei residui vegetali (radici, foglie, ecc.), essiccate all'aria a temperatura ambiente (Fig.1), omogeneizzate, setacciate a 2 mm e macinate con pestello e mortaio. Per determinare il contenuto di TC e TIC, i suoli così pretrattati sono stati analizzati mediante il metodo EN-15936 con l'analizzatore TOC-Shimadzu, SSM 5000 validato nella prima fase del progetto. Il TOC è stato determinato in tutti i suoli per differenza (TOC=TC-TIC). Per quanto riguarda la determinazione del TIC, essendo il carbonio del biochar essenzialmente di tipo organico (apporto di TIC trascurabile), si è deciso di effettuare le analisi TIC su determinati suoli e di considerare nel calcolo del TOC per suoli analoghi un valore medio di TIC.</p>  <p>Fig. 1. Preparazione di aliquote rappresentative, prive di umidità.</p> <p>I risultati delle analisi sono riportati nelle tabelle 1 e 2. Per quanto riguarda il TC, i valori delle deviazioni standard relative percentuali (RSD) delle misure dei diversi campioni di suolo della stessa tesi hanno una media del 9% (min 2%-max 25%). I valori del suolo di controllo (testimone) mostrano valori del TC relativamente costanti nei tre anni, (RSD 5% Ganazzoli, 7% Pavarani, 8% Fanfoni), i suoli dall'Olio mostrano una maggiore variabilità (RSD 20%). Il TOC dei suoli di controllo presenta una variabilità dei valori leggermente superiore nei tre anni, con un RSD ≤ 15% (si ricorda che il TOC viene calcolato per differenza tra due misure), Infine, il TIC mostra valori costanti per lo stesso suolo (RSD ≤ 13%). I valori del TC e del TOC nei suoli trattati con biochar con un livello di 15 ton/ha non hanno presentato incrementi significativi (< 15%).</p> <p>Un aumento significativo del TC e/o TOC è stato registrato nel 2018 per tutti i suoli tranne Fanfoni, mentre nel 2017 le variazioni sono state rilevanti per il suolo Ganazzoli.</p> <p>Tabella 1. Contenuto di carbonio totale (TC), carbonio inorganico (TIC) e carbonio organico (TOC) nei suoli trattati; campionamento 2017 (SD stima della deviazione standard).</p>

GANAZZOLI						
Tesi	biochar t/ha	TC % (n=4)		TIC % (n=4)		TOC %
		Media	SD	Media	SD	
1	C	3,19	0,05	1,34	0,16	1,85
2	15	3,36	0,12	1,25	0,08	2,11
3	30	4,22	0,78	1,33	0,12	2,89
4	45	4,30	0,68	1,34	0,11	2,97
5	60	3,84	0,35	1,38	0,14	2,47

PAVARANI						
Tesi	biochar t/ha	TC % (n=4)		TIC %	TOC %	
		Media	SD			
1	C	4,12	0,12	2,25		1,87
2	15	4,05	0,09	-		1,79
3	30	4,14	0,15	-		1,88
4	45	3,99	0,07	-		1,73
5	60	4,40	0,51	2,27		2,13

DALL'OLIO						
Tesi	biochar t/ha	TC % (n=4)		TIC %	TOC %	
		Media	SD			
1	C	2,81	0,08	1,47		1,32
2	15	2,97	0,42	-		1,49
3	30	2,83	0,10	-		1,34
4	45	3,60	0,52	-		2,12
5	60	3,02	0,33	1,50		1,53

FANFONI						
Tesi	biochar t/ha	TC % (n=4)		TIC %	TOC %	
		Media	SD			
1	C	4,12	0,12	1,73		2,40
2	15	4,05	0,09	-		2,33
3	30	4,14	0,15	-		2,42
4	45	3,99	0,07	-		2,27
5	60	4,40	0,51	1,71		2,68

Tabella 2. Contenuto di carbonio totale (TC), carbonio inorganico (TIC) e carbonio organico (TOC) nei suoli trattati; campionamento 2018.

GANAZZOLI						
Tesi	biochar t/ha	TC % (n=4)		TIC % (n=4)		TOC %
		Media	SD	Media	SD	
1	C	3,51	0,10	1,52	0,02	1,99

2	15	4,06	0,30	1,66	0,03	2,39
3	30	5,34	0,95	1,73	0,03	3,61
4	45	4,67	0,39	1,66	0,07	3,01
5	60	6,08	0,62	1,74	0,24	4,34

PAVARANI						
Tesi	biochar t/ha	TC % (n=4)		TIC % (n=4)		TOC %
		Media	SD	Media	SD	
1	C	4,56	0,32	2,77	0,16	1,80
2	15	4,84	0,13	3,43	0,83	1,41
3	30	5,30	0,27	3,77	0,30	1,53
4	45	5,68	0,45	3,90	0,36	1,78
5	60	5,71	0,14	3,71	0,65	2,00

DALL'OLIO						
Tesi	biochar t/ha	TC % (n=4)		TIC % (n=4)		TOC %
		Media	SD	Media	SD	
1	C	3,75	0,50	2,73	0,06	1,02
2	15	3,67	0,80	2,53	0,11	1,14
3	30	3,72	1,00	2,56	0,10	1,16
4	45	4,34	0,62	2,63	0,02	1,71
5	60	4,12	1,04	2,69	0,03	1,43

FANFONI				
Tesi	biochar t/ha	TC %	TIC %	TOC %
1	C	4,29	1,70	2,59
2	15	4,43	-	2,73
3	30	5,08	-	3,38
4	45	5,95	-	4,25
5	60	7,24	-	5,54

I risultati del TC sono riassunti in forma grafica nelle figure 1 e 2 per i campionamenti 2017 e 2018.

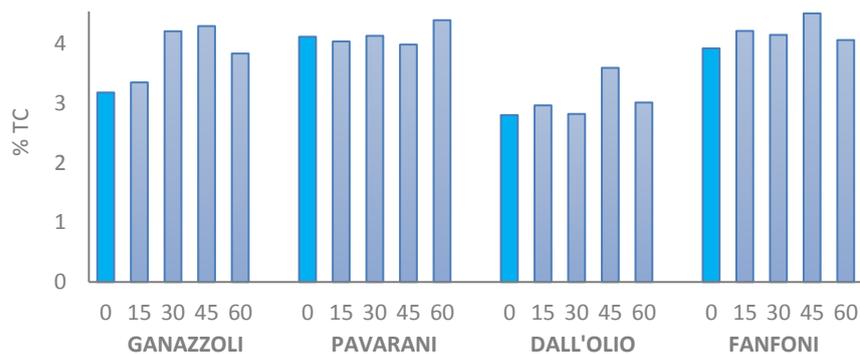


Fig. 2. Carbonio totale (% in peso sul secco) dei suoli agricoli campionati nel 2017 trattati con biochar e controllo (numeri: ton/ha biochar).

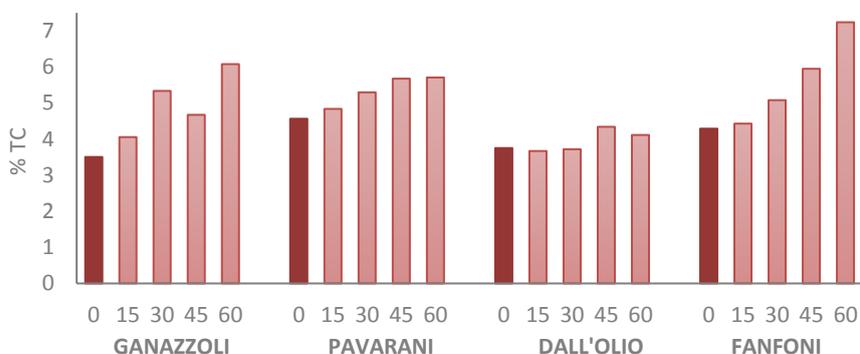


Fig. 3. Carbonio totale (% in peso sul secco) dei suoli agricoli campionati nel 2018 trattati con biochar e controllo (numeri: ton/ha biochar).

Si osserva un significativo aumento del TC e del TOC rispetto ai controlli nel suolo Ganazzoli, per tutte e due le sperimentazioni. L'incremento del TC/TOC non sempre è in relazione diretta con il quantitativo di biochar aggiunto, indicando che diversi fattori contribuiscono nella distribuzione del carbonio nei suoli trattati (eterogeneità del suolo e del biochar, campionamento, processi di trasporto ecc.). Similmente, gli altri suoli presentano in genere un aumento del TC/TOC, ma con andamenti complessi non sempre associati al carico di biochar.

Nell'ambito del progetto è stato sviluppato un metodo di determinazione del biochar tramite analisi termogravimetrica (TGA). Il metodo è stato applicato ai suoli Ganazzoli. La concentrazione di biochar è riportata in tab. 3; si nota che la concentrazione del biochar varia da 0.25 a 1.3 % p.s. L'andamento della concentrazione di biochar con la quantità di biochar messa nei suoli è simile a quella del TC/TOC con una flessione a 60 ton/ha. Il metodo TGA ha permesso di stimare la frazione di sostanza organica termicamente "labile" (tipo sostanze umiche) e "stabile" (tipo black carbon e biochar). I suoli trattati con biochar presentano un aumento della frazione "stabile".

Tabella 3. Concentrazione di biochar nei suoli Ganazzoli determinate tramite analisi termogravimetrica

t/ ha	Biochar % p.s.
0	-
15	0.25 ± 0.08
30	1.0 ± 0.08
45	1.29 ± 0.04
60	0.78 ± 0.03

2. Adsorbimento di potenziali contaminanti

Sono state condotte le isoterme di adsorbimento del biochar utilizzato nelle sperimentazioni sui suoli agricoli. Sono stati scelti due contaminanti, uno inorganico (il metallo pesante cadmio, Cd) e l'altro organico, l'erbicida Bromacil. Sono stati messi a punti metodi di analisi dei due contaminanti tramite spettroscopia di assorbimento atomico (Cd) e cromatografia liquida con rivelazione di spettroscopia ad assorbimento molecolare (HPLC-UV, Bromacil). La massima capacità adsorbente è risultata essere di 3.4 mg/g per il Cd e 7.2 mg/g per il Bromacil.

Al fine di studiare la capacità del biochar di trattenere contaminanti ambientali, quali metalli pesanti e pesticidi, non volendo limitare lo studio delle sole isoterme di adsorbimento, è stata messa a punto una procedura che permettesse di simulare gli effetti reali del biochar, una volta immesso nel suolo come ammendante, sulla capacità adsorbente del terreno.

Sono stati realizzati dei test di rilascio dopo contaminazione dei campioni con i due inquinanti modello Cd e Bromacil e due suoli, il Ganazzoli ed un altro di confronto (fornito dall'azienda Tadini).

Sia i test di rilascio che il metodo di contaminazione dei campioni, in assenza di metodi di riferimento e di una letteratura concordante su tali procedure, hanno richiesto una fase di studio e messa a punto. Dopo aver selezionato concentrazioni di arricchimento del terreno, non troppo distanti da condizioni reali e non troppo basse da rendere il monitoraggio analitico poco accurato, è stata messa a punto la procedura di arricchimento con cicli ripetitivi secco-umido.

Per quanto riguarda il Cd i terreni campioni sono stati arricchiti con 4 mg Cd²⁺ / kg, valore non troppo distante alla concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo pari a 2 mg/kg di sostanza secca nei siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale. Inoltre il valore limite massimo di concentrazione di cadmio ammissibile all'interno di fanghi destinati all'utilizzazione in agricoltura è invece pari a 20 mg/kg di sostanza secca.

La scelta, invece, di arricchire il suolo di una concentrazione di 10 mg di Bromacil / kg di terreno dipende dalla decisione di mantenere la molarità del Bromacil nel terreno circa uguale a quella del Cd. Ciò è dovuto al fatto che dallo studio delle isoterme di adsorbimento del Biochar si è riscontrato che esso ha valori simili di massima capacità adsorbente molare nei confronti dei due inquinanti.

Per quanto riguarda i test di rilascio, si è cercato, a differenza dei normali leaching test, di evitare rapporti liquido/solido troppo elevati, che fossero molto lontani dalle condizioni che si vengono a creare in suoli naturali. Dovendo conciliare da un lato che il volume estratto fosse tale da permettere l'analisi (minimo 5 ml) e dall'altro che non fosse una quantità troppo distante dalla saturazione del terreno, è stato effettuato uno studio preliminare della conducibilità del liquido estraente in funzione al rapporto liquido solido.

A 5 g di terreno vengono aggiunti 10 ml di acqua bidistillata all'interno di una provetta in polipropilene da 50 mL. Quindi per 16 ore si procede all'estrazione in agitatore rotante a 15 rpm. Al termine dell'estrazione si centrifuga per 30 minuti a 3000 giri e si separa il surnatante, che dopo filtrazione su membrana a 0,45 micron viene analizzato.

I campioni analizzati sono riportati in tabella 1, sono stati scelti 2 suoli con caratteristiche pedologiche diverse, il suolo Tadini e il suolo Ganazzoli.

Tabella 1: caratteristiche dei suoli usati per i test di rilascio (TOC % peso).

	Cd⁺⁺ mg/Kg	Bromacil mg/Kg	TOC	CHAR
Tadini	4	10	0,8	0
Tadini + char (PSR)	4	10	1,09	45t/h
Ganazzoli	4	10	3,2	0
Ganazzoli + char(PSR)	4	10	4,3	45t/h

Dai test di rilascio si ottengono i risultati riportati in figura 1.

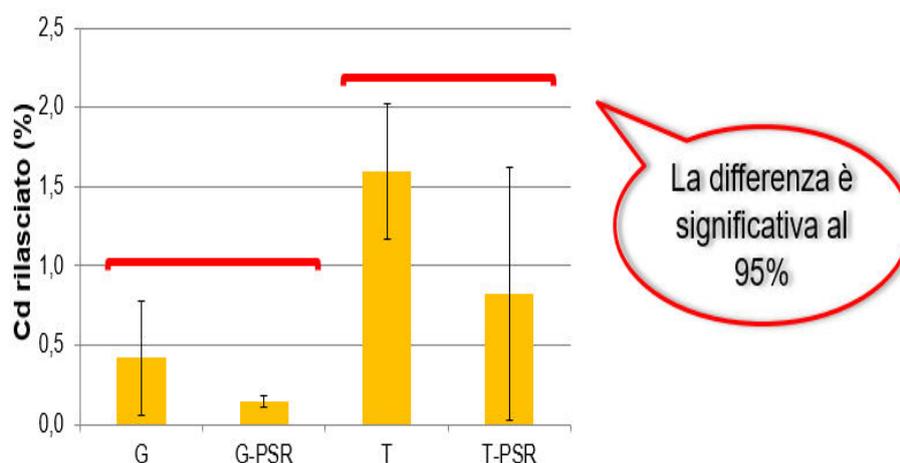


Figura 1: rilascio di Cd in terreni ammendati e non ammendati con biochar (G suolo Ganazzoli, T suolo Tadini, PSR biochar del progetto).

Come si può notare dalla figura 1, per entrambe le tipologie di suolo, la capacità assorbente del terreno nei confronti del Cd migliora con la presenza del biochar, anche se già quella che ha il suolo tal quale è molto elevata, circa il 99%; infatti questo metallo pesante, quando viene introdotto nel suolo, può essere complessato sia da composti organici (sostanze umiche, quali acidi umici, fulvici, sostanza organica solubile in acqua ed umina) che da quelli inorganici (carbonati, argille, fosfati, solfati, ossidi ed idrossidi).

Il miglioramento della capacità assorbente del terreno dovuta all'aggiunta di biochar si riscontra anche in letteratura: il biochar rimasto in incubazione nel suolo per mesi si ossida superficialmente con conseguente formazione di gruppi funzionali contenenti ossigeno (carbossili, idrossili, fenoli e carbonili), che fanno sì che aumenti la sua carica negativa con conseguente miglioramento della capacità di scambio cationica, inoltre, l'assorbimento di cationi di metalli pesanti come il Cd²⁺ è favorito sia dalle interazioni tra le cariche positive dei cationi metallici e la nuvola elettronica della struttura aromatica del biochar, sia dalla presenza di ceneri minerali che contengono gruppi funzionali che facilitano la loro immobilizzazione.

Le medie dei risultati riportati hanno un'elevata deviazione standard (prove ripetute 10 volte), dovuta anche ai bassi valori di concentrazione, però le differenze riscontrate tra i suoli e i suoli ammendati sono validate statisticamente dal test t a due code con un livello di fiducia del 95%.

Vista l'elevata variabilità dei dati, si è voluto determinare se fosse correlata al carbonio organico presente in soluzione, infatti quest'ultimo insieme al Cd potrebbe formare dei complessi metallorganici solubili, favorendone il rilascio e quindi la sua maggior concentrazione in alcuni campioni rispetto ad altri. Non si sono però riscontrate correlazioni con il carbonio organico totale (TOC) presente nelle soluzioni dopo il test di rilascio.

Per quanto riguarda la sperimentazione condotta con il Bromacil, il terreno Tadini non ammendato con Biochar, rilascia in soluzione il 70 % del fitofarmaco, mentre il terreno Ganazzoli il 50 %, questa differenza tra i due è probabilmente dovuta alla scarsa presenza di carbonati contenuti nel primo rispetto a quelli presenti nel secondo: infatti, questi composti (polari), interagendo con il Bromacil (composto organico polare), aumentano la capacità del suolo di trattenere questo inquinante. Comunque, entrambe le tipologie di terreno hanno una scarsa capacità di assorbimento di Bromacil, poiché si arriva ad un massimo del 50 %. Nei terreni ammendati, la capacità di trattenere i contaminanti aumenta notevolmente. Come si può riscontrare dai dati riportati in figura2, il terreno Tadini contenente biochar arriva ad avere una capacità assorbente nei confronti del Bromacil di circa il 98%, mentre il Ganazzoli di circa il 99.7%.

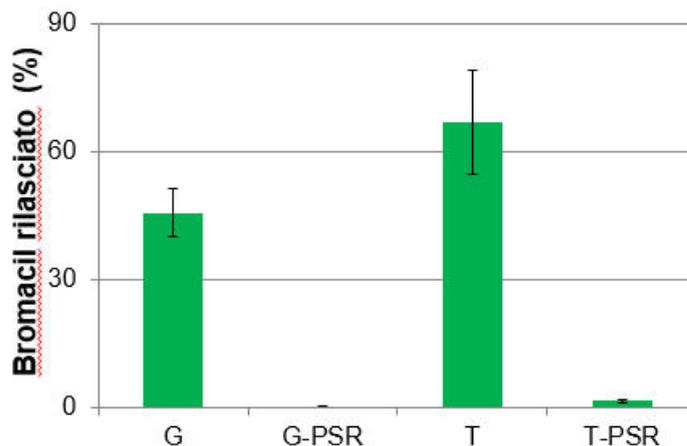


Figura 2: rilascio di bromacil terreni ammendati e non ammendati con biochar. (G suolo Ganazzoli, T suolo Tadini, PSR biochar del progetto).

Vista l'elevata capacità assorbente del suolo ammendato con biochar invecchiato rispetto a quella del solo suolo, si è voluto investigare la natura di tale miglioramento. In particolar modo si è verificato se l'alta capacità assorbente del biochar dipendesse dall'invecchiamento del biochar (i campioni ammendati erano stati trattati 6 mesi prima del campionamento) oppure la capacità adsorbente è associata ad un effetto sinergico tra biochar e suolo. Sono stati quindi realizzati ulteriori 10 test con campioni di terreno ammendato con biochar ma senza invecchiamento in campo seguendo la medesima procedura utilizzata per i campioni analizzati precedentemente. Il terreno contenente a cui è stato aggiunto biochar ha una maggior capacità assorbente rispetto al terreno tal quale, ma inferiore rispetto al suolo ammendato con biochar invecchiato (figura 3).

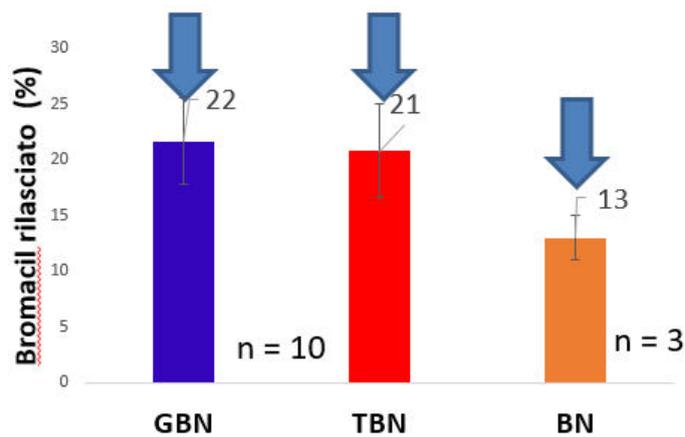


Figura 3: rilascio di bromacil in terreni ammendati biochar in laboratorio senza invecchiamento: GBN Ganazzoli con Biochar; TBN Tadini con Biochar; BN Biochar in quantitativo comparabile a quello presente nel suolo da solo.

Ciò può essere dovuto sia all'aumento di gruppi carbossilici e fenolici che si verifica nel biochar che rimane alcuni mesi nel terreno, sia alla formazione di micro-agglomerati di composti organo-minerali (prevalenti nelle superfici dei pori e sulla superficie esterna del biochar) che aumentano la sua idrofilicità, favorendo l'assorbimento dei contaminanti organici polari, come il Bromacil.

Per valutare il solo contributo del biochar sono stati effettuati dei test di assorbimento utilizzando 3 campioni, contenenti una quantità di biochar circa uguale a quella contenuta nei campioni di terreno ammendato utilizzati e una soluzione di Bromacil con concentrazione uguale a quella che ci sarebbe nella soluzione surnatante dei test di rilascio se tutto il Bromacil assorbito dal terreno (durante l'arricchimento) fosse stato estratto. Dai risultati delle analisi (Figura 3, BN) si nota come il terreno arricchito in biochar fresco trattiene meno questo inquinante polare rispetto al solo Biochar; questo molto probabilmente è dovuto al fatto che alcune sostanze contenute nel terreno interagiscono con i gruppi funzionali polari del biochar, diminuendo la loro disponibilità nei confronti del Bromacil.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità

Sono state completate le analisi TC, TOC e TIC dei suoli trattati e dei suoli di controllo relativi ai campionamenti effettuati successivamente all'applicazione delle diverse dosi di biochar dalle Aziende Agricole Ganazzoli, Dall'Olio Lorenzo e Claudio, Fanfoni e Pavarani della prima e seconda campagna di trattamento con biochar.

Al posto dei test in colonna, che non sono risultati facilmente applicabili a suoli con scarsa conduttività idraulica, sono stati messi a punto test di rilascio per studiare l'efficacia dell'ammendante nell'aumentare la capacità adsorbente del suolo e soprattutto la sua capacità di trattenere i contaminanti una volta adsorbiti.

Unità aziendale responsabile	UNIPR		
Descrizione delle attività	<p>ANALISI DEL BIOCHAR Le attività svolte da UNIPR nella terza parte del progetto hanno riguardato la misurazione dei parametri rilevanti per valutare la qualità e le proprietà del biochar, sviluppati partendo dalle linee guida e dai protocolli forniti dagli enti di certificazione e da altre iniziative: Associazione Italiana Biochar, European Biochar Certificate, International Biochar Initiative, COST Action TD1107.</p> <p>I campioni disponibili per le analisi si riferiscono per il periodo finale a biochar da sfalci provenienti dalle aziende coinvolte nel progetto, mescolati a pellet di legno, prodotto con il micro carbonizzatore prototipale sito presso l'Università di Parma come descritto nell'Azione 3. Il biochar prodotto da sfalci è stato confrontato con biochar prodotto da altre biomasse legnose, ottenuto presso fornitori esterni. L'origine da biomassa vegetale è di fondamentale importanza per l'adeguamento alle normative. Il Decreto 22 giugno 2015 ha aggiornato gli allegati al decreto legislativo n.75 del 29 aprile 2010 includendo tra gli ammendanti il biochar da pirolisi o gassificazione da residui di origine vegetale.</p> <p>La caratterizzazione fisico-chimica delle proprietà del biochar prevede le seguenti analisi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH (UNI EN 13037); • conducibilità elettrica (UNI EN 13038); • rapporto peso/volume (UNI EN 13038); • classi granulometriche (UNI EN 15428); • prove di saturazione; • umidità residua (UNI EN 13040); • contenuto di sostanza organica e di ceneri (UNI EN 13039) • metalli e metalloidi mediante spettroscopia ad assorbimento atomico (FA-AAS modello AA240FS Agilent Technologies) 		
	Parametro	Biochar da legno (fornitore esterno)	Biochar da sfalci+pellet di legno (pirogassificatore Iridenergy)
	pH	12,08 ± 0,25	11,30 ± 0,49
	Conducibilità elettrica(mS/m)	7,31 ± 0,08	276,38 ± 19,39
	Densità apparente (g/cm ³)	0,20	0,19
	Classi granulometriche		
	➤ 20mm	0,0%	0,0%
	➤ 20mm > x > 10mm	0,0%	1,2%
	➤ 10mm > x > 5mm	0,0%	5,1%
	➤ 5mm > x > 2mm	1,0%	15,3%
	➤ 2mm > x > 0,5mm	99,0%	30,4%
	➤ < 0,5mm		47,8%
	Sostanza organica	69,78% ± 0,30	81,40% ± 5,11
	Ceneri	30,22% ± 0,30	15,90% ± 4,11
	Umidità residua	5,55 ± 0,13	6,31 ± 0,45
	Sostanza secca	94,45 ± 0,13	93,69 ± 0,45
	Contenuto in metalli (mg/kg)		
	➤ Cd	1,60 ± 0,06	2,50 ± 0,38
	➤ Ni	48,47 ± 17,78	14,45 ± 11,03
	➤ Cu	71,10 ± 2,41	15,80 ± 6,66
	➤ Pb	12,18 ± 0,77	1,49 ± 0,12
	➤ Zn	379,34 ± 72,88	42,54 ± 4,64
	➤ Fe	1097 ± 310	11192 ± 6286

Le principali osservazioni sul biochar da potature sono come segue. Il pH del

biochar è basico e lo rende quindi utile per compensare terreni con problemi di acidità. La conducibilità elettrica riflette la matrice di provenienza e mostra assenza di una elevata salinità che potrebbe associarsi a fitotossicità. Le classi granulometriche sono di fondamentale importanza per la distribuzione del biochar in campo: particelle più fini lo rendono difficile da distribuire anche come slurry, mentre particelle più grossolane sono rimescolabili con il suolo. Nel biochar prodotto dal prototipo il 20% delle particelle è tra 2 e 10 mm. Umidità e contenuto in ceneri sono dipendenti dalla matrice di provenienza. Il biochar ha un contenuto di umidità pari a 6% del peso fresco. Il contenuto di metalli non supera i limiti prescritti per ammendanti (linee guida IBI).

Sono poi stati eseguiti test di fitotossicità su piante modello:

- saggio di germinazione e allungamento radicale su *Lepidium sativum* (UNICHIM Metodo 1651-2003);
- test di fitotossicità su *Lactuca sativa* (BURL 13/05/03);
- test di fitotossicità su *Hordeum vulgare* (UNI EN 16086-1:2012);

Nei test di fitotossicità il biochar prodotto nel prototipo non manifesta effetti tossici se non ad alte concentrazioni. La germinazione delle piante è sicuramente la fase più critica di applicazione del biochar: il biochar in oggetto non inibisce completamente la germinazione di *Lepidium* alla dose massima di 10g per piastra. Nei test sulla crescita e l'allungamento radicale la tossicità del biochar non si manifesta, e anche biochar che sono leggermente fitotossici in fase di germinazione risultano invece stimolanti per la crescita. Il biochar oggetto di analisi stimola la crescita di piante di orzo alle concentrazioni di 1, 3 e 5% in suolo. Dal test su lattuga si evince che il biochar può essere classificato come "P1 Il prodotto induce significativi incrementi di produzione sino alla dose corrispondente alla massima produzione rilevata. Il prodotto non induce effetti avversi sulla crescita delle piante. Il prodotto si ritiene idoneo all'utilizzo agricolo." In quanto la crescita in quasi tutte le tesi è superiore a quella del controllo.

Occorre considerare che per produrre il biochar da sfalci è stato necessario mescolare la matrice con cippato di legno, altrimenti l'alimentazione del pirogassificatore non sarebbe stata possibile (Azione 3). Le caratteristiche evidenziate risultano quindi dalla combinazione delle proprietà di matrici diverse. Era comunque negli obiettivi del progetto dimostrare che il prototipo di pirogassificatore riesce a gestire matrici diverse producendo biochar di qualità, e delineare le condizioni operative per carbonizzare anche matrici difficili da trattare.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità	Sono state completate le analisi sui biochar prodotti o utilizzati nel progetto.
---	--

2.1.6.2 Personale azione 5

Cognome e nome	Azienda/ente	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Numero ore	Costo totale
	UNIBO	Prof. associato, Referente Scientifico UNIBO	Azione 5. Coordinamento analisi di laboratorio	166	8147,24
	UNIBO	Prof. associato	Azione 5. Analisi chimica adsorbimento biochar/suoli	118	4486,36
	UNIBO	Ricercatore Tempo Determinato b)	Azione 5. Analisi di laboratorio	45	1188,45
	UNIBO	Assegnista di ricerca	Azione 5. Analisi chimica dei suoli e del biochar	1249	17275,87
	UNIPR	Professore Ordinario	Coordinamento analisi di laboratorio	82,9	7199,86
	UNIPR	Ricercatore	Coordinamento delle attività di analisi dei campioni di biochar	119,19	4,164,31 €
	UNIPR	Ricercatore	Analisi morfologiche del biochar	6,18	189,79
	UNIPR	Borsista	Esecuzione di analisi chimiche, fisiche, morfologiche e delle prove di fitotossicità	1044,95	12338,56
	UNIPR	Borsista	Esecuzione di analisi chimiche, fisiche, morfologiche e delle prove di fitotossicità	477,15	5749,66
Totale					€ 56.575,79

2.1.7 Azione 6 – Redazione report annuali: responsabili Stuard, UNIPR e UNIBO

2.1.8.1 Descrizione attività e risultati

Azione	Azione 6
Unità aziendale responsabile	Stuard, UNIPR e UNIBO
Descrizione delle attività	Ogni unità responsabile di questa azione ha provveduto a stilare un report relativo al secondo anno di sperimentazione (agosto 2018 - giugno 2019), in cui sono stati registrati tutti i risultati ottenuti (risultati agronomici e analitici). Estratti di tali report sono presenti in questa relazione tecnica ed in particolare nella descrizione dell'azione 4 (report agronomici) e nella descrizione dell'azione 5 (report analitici).
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Obiettivo raggiunto senza scostamenti

2.1.8.2 Personale azione 6

Cognome e nome	Azienda/ente	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Numero ore	Costo totale
	UNIBO	Prof. associato, Referente Scientifico UNIBO	Azione 6. Preparazione della relazione tecnica	8,0	394,08
	Stuard	Tecnico agronomo	Report annuali	215,5	5284,06
Totale					€ 5.678,14

2.1.8.3 Consulenze esterne

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	35.380,00 €	Azione 6. Raccolta dati e redazione dei report annuali	13.067,00 €
Totale			13.067,00 €

2.1.9 Azione 7 – redazione delle linee guida: responsabile Stuard

2.1.9.1 Descrizione attività e risultati

Azione	Azione 7
Unità aziendale responsabile	Stuard
Descrizione delle attività	<p>Azienda Stuard con la collaborazione dei partner ha redatto le Linee Guida per l'applicazione e la diffusione delle pratiche agronomiche testate durante lo svolgimento del progetto. L'obiettivo delle linee guida stilate è quello di informare l'agricoltore sulle potenziali applicazioni del biochar in ambito agronomico e di modellare sulle esigenze e prospettive della propria azienda l'utilizzo del char nell'ottica dell'economia circolare e della salvaguardia ambientale. In particolare si è sottolineata l'azione depurativa del char testata nel corso del progetto che ha dimostrato interessanti risultati. Le Linee guida sono disponibili sul sito ufficiale del progetto e distribuite agli agricoltori anche in futuro tramite le diverse attività aziendali.</p> <div data-bbox="571 801 1311 1841" data-label="Image"></div>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità	L'obiettivo di redazione delle linee guida è stato raggiunto.

2.1.9.2 Personale azione 7

Cognome e nome	Azienda /ente	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Numero ore	Costo totale
	Stuard	Tecnico - responsabile del progetto	Elaborazione delle linee guida	203,5	€ 6.035,81
Totale					€ 6.035,81

2.1.10 Azione 8 – Raccolta dati: responsabile: Stuard e UNIPR

2.1.10.1 Descrizione attività e risultati

Azione	Azione 8 – Raccolta dati															
Unità aziendale responsabile	Stuard e UNIPR															
Descrizione delle attività	<p>Le Università di Parma e Bologna hanno proseguito e terminato le rispettive analisi sul biochar prodotto dalle diverse fonti (sfalci di fasce tampone) e sui campioni di terreno provenienti dalle diverse prove agronomiche. Anche per i dati di laboratorio si sono quindi confrontati i diversi dati per verificare le eventuali corrispondenze. I consulenti di UNIPR hanno raccolto dati durante il processo di carbonizzazione dell'impianto di pirogassificazione permettendo di elaborarli, per potere ripetere/modellizzare, tutte le procedure per la carbonizzazione della biomassa in entrata.</p> <p>L'elaborazione dei dati ottenuti dai sensori (di temperatura, dalle celle di carico, dai motori di carico e scarico e delle soffianti), ha permesso di identificare degli andamenti utilizzati per identificare gli algoritmi per la miscelazione della doppia alimentazione e per una corretta insufflazione di aria delle soffianti nella camera di reazione della pirolisi e nella camera di combustione.</p> <p>Unipr inoltre ha concluso la raccolta dati relativa all'azione studi di fattibilità, raccogliendo informazioni quantitative fornite dal costruttore dell'impianto di pirogassificazione, quelle provenienti dalle attività di sperimentazione (campo e laboratorio) e quelle relative alle operazioni di preparazione della biomassa da sfalcio e ai processi produttivi agricoli</p> <p>Stuard nel periodo oggetto della seguente rendicontazione, da agosto 2018 a giugno 2019 il personale tecnico di azienda Stuard si è occupato del campionamento dei suoli e della raccolta dati relativa all'attività di campo svolta (azione 4).</p> <p>In particolare i campioni di terreno effettuati sono stati consegnati a UNIBO per le analisi del Carbonio come da protocollo del Piano del GO.</p> <p>Si allega una tabella riepilogativa dei campionamenti effettuati durante il periodo considerato:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Data prelievo terreno</th> <th>Specie/coltura</th> <th>Azienda agricola</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23/08/2019</td> <td>dopo Erba Medica</td> <td>Ganazzoli</td> </tr> <tr> <td>23/08/2019</td> <td>dopo Erba Medica</td> <td>Pavarani</td> </tr> <tr> <td>23/08/2019</td> <td>dopo Pomodoro</td> <td>Dall'Olio</td> </tr> <tr> <td>27/09/2018</td> <td>dopo Mais da granella</td> <td>Stuard (ex Tadini)</td> </tr> </tbody> </table>	Data prelievo terreno	Specie/coltura	Azienda agricola	23/08/2019	dopo Erba Medica	Ganazzoli	23/08/2019	dopo Erba Medica	Pavarani	23/08/2019	dopo Pomodoro	Dall'Olio	27/09/2018	dopo Mais da granella	Stuard (ex Tadini)
Data prelievo terreno	Specie/coltura	Azienda agricola														
23/08/2019	dopo Erba Medica	Ganazzoli														
23/08/2019	dopo Erba Medica	Pavarani														
23/08/2019	dopo Pomodoro	Dall'Olio														
27/09/2018	dopo Mais da granella	Stuard (ex Tadini)														

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati raggiunti senza particolari scostamenti
---	--

2.1.11 Azione 9 – Divulgazione: responsabile Stuard, UNIBO e UNIPR

2.1.11.1 Descrizione attività e risultati

Azione	9
Unità aziendale responsabile	Stuard, UNIPR, UNIBO
Descrizione delle attività	I partner del gruppo operativo, coordinati dal Az. Stuard hanno realizzato il LOGO del progetto ed il SITO WEB www.rifasa.it



Fig.1 Logo e sito web

I partner hanno creato all'interno dei rispettivi siti una pagina dedicata al progetto:

UNIBO

Sito del Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician":

<http://www.chimica.unibo.it/it/ricerca/progetti-di-ricerca/progetti-europei>

Sito del gruppo di ricerca

<https://site.unibo.it/pyrolysis/it/argomenti-di-ricerca/progetti-di-ricerca-in-corso>.

UNIPR

https://scvsa-servizi.campusnet.unipr.it/do/progetti.pl/Show?_id=kbuV

STUARD

<http://www.stuard.it/progetto-rifasa/>

UNIPR

Articoli tecnico-scientifici

- MARMIROLI, M., BONAS, U., IMPERIALE, D., LENCIONI, G., MUSSI, F., MARMIROLI, N., MAESTRI, E. (2018) *Structural and Functional Features of Chars from Different Biomasses as Potential Plant Amendments*. *Frontiers in Plant Science*, 9:1119. doi: 10.3389/fpls.2018.01119
- MENCH, M., OUSTRIÈRE, N., MARCHAND, L., DELLISE, M., MATIN, S., FICHO, A., LAFARGUE, T., DARROMAN, A., LACALLE, R.G., BURGES, A., CASTAGNEYROL, B., JOUVEAU, S., SÆBØ, A., PERSSON, T., HANSLIN, H.M., HØGLIND, M., EDVARDBSEN, M.L., SØRLIE, H., SCHRÖDER, P., OBERMEIER, M., SZULC, W., RUTKOWSKA, B., VANGRONSVELD, J., WITTERS, N., BECKERS, B., RINEAU, F., DANIELS, S., OLCAY, H., MALINA, R., MILLÁN, R., SCHMID, T., SIERRA, M.J., POSCHENRIEDER, CH., MARMIROLI, N., MAESTRI, E., REGGIANI, R., LÓPEZ GONZALEZ, J.A., BIDAR, G., DOUAY, F. (2018) *Intensify production, transform biomass to energy and novel goods and protect soils in Europe (INTENSE): Progress in year 2. Book of Abstracts, The 15th International Phytotechnology Conference*, p. 130.
- MARMIROLI, M., BONAS, U., IMPERIALE, D., LENCIONI, G., MUSSI, F., LABARTINO, N., PICCININI, S., MARMIROLI, N., MAESTRI, E. (2018) *Biochar potential as soil improver depends on structural and functional features related to biomass origin and production process. Book of Abstracts, The 15th International Phytotechnology Conference*, p. 107.
- MAESTRI, E., IMPERIALE, D., REGGIANI, R., ERRANI, M., BONAS, U., LENCIONI, G., MUSSI, F., PAESANO, L., MARMIROLI, M., MARMIROLI, N. *Biochar potential as soil improver assessed through structural and functional features. Proceedings of EUBCE2019, available on website.*
- Submitted MAESTRI, E., IMPERIALE, D., REGGIANI, R., ERRANI, M., BONAS, U., LENCIONI, G., MUSSI, F., PAESANO, L., ROSSI, R., MARMIROLI, M., BARGIACCHI, E., MIELE, S., MOLITERNI, V.M.C., LAMASTRA, L., MAZZONI, E., MARMIROLI, N. *Exploitation of biomass from agro-industrial residues – Obtaining energy and by-products for valorisation. Proceedings of IPC2019, September 2019, China.*
- Submitted MAESTRI, E., IMPERIALE, D., REGGIANI, R., ERRANI, M., BONAS, U., LENCIONI, G., MUSSI, F., PAESANO, L., ROSSI, R., MARMIROLI, M., MARMIROLI, N. *Application of biochar as soil improver – Case studies in sustainable agriculture from Northern Italy. Proceedings of IPC2019, September 2019, China.*
- *In preparazione MAESTRI, E. et al. articolo sui risultati del progetto*

Eventi/convegni/seminari

- 29-30 Agosto 2018: partecipazione ad evento con stakeholder in Norvegia, Saerheim, presso Istituto NIBIO per discutere sulla applicazione di biochar in suoli agricoli
- 28 Settembre 2018: organizzazione per la Notte dei Ricercatori di esibizione di poster sull'utilizzo del biochar
- 2-4 Ottobre 2018: Partecipazione alla 15th International Phytotechnology Conference, Novi Sad, Serbia – presentazioni orali
- 11-12 Dicembre 2018: Illustrazione delle attività di ricerca sul biochar al kick-off meeting del progetto H2020 SIMBA, Helsinki, Finlandia
- 29-30 Gennaio 2019: Illustrazione delle attività di ricerca sul biochar al meeting conclusivo del progetto H2020 INTENSE “Intensify production, transform biomass to energy and novel goods, protect soils in Europe”, presso INRA, Bordeaux, Francia

- 26 Marzo 2019: partecipazione ad evento con stakeholder in Belgio, Hasselt, presso Agropolis per discutere sulla applicazione di biochar in suoli agricoli – presentazione “Tools for improving soil quality and fertility”
- 26 Marzo 2019: Visita guidata all’impianto di pirogassificazione presso Università di Parma con delegati del Rettore e Direttori di Dipartimenti e Centri dell’Università – comunicato stampa su sito Università e su giornali (Video dell’evento anche sul sito ufficiale del progetto)

<https://scvsa.unipr.it/it/notizie/al-campus-un-nuovo-impianto-sperimentale-la-trasformazione-di-biomasse-vegetali-con-recupero>

https://parma.repubblica.it/cronaca/2019/04/26/news/food_valley_a_parma_la_sfid_a_green_dell_agricoltura-224891203/

- 17 Maggio 2019: visita all’impianto di pirogassificazione di delegazione di docenti dalle università di Dnipro e Zhytomyr, Ucraina
- 27-30 Maggio 2019: Partecipazione alla conferenza EUBCE2019, 27th European Biomass Conference & Exhibition, Lisbona, Portogallo – presentazione orale e poster



Fig.2 Poster per la Notte dei Ricercatori 2018



Fig.3 *Visita guidata all'impianto di pirogassificazione, 26 Marzo 2019*

UNIBO

Eventi/convegni/seminari

I.Vassura, E. Venturini, A.G.Rombolà, D.Fabbri, C.Torri, M.Errani, R.Reggiani. BIOCHAR FROM GASIFICATION IN CULTIVATED SOILS AND RIPARIAN BUFFER ZONES: CHEMICAL CHARACTERIZATION "Engineering Conferences International – Biochar: Production, Characterization and Applications", Alba (CN), 20–25 agosto 2017.

A. G. Rombolà, D. Fabbri, C. Torri, I. Vassura, E. Venturini. ANALYTICAL METHODS TO STUDY THE FATE OF CARBON IN SOIL TREATED WITH BIOCHAR. 26th Congresso Nazionale della Società Chimica Italiana, Paestum (SA), 10–14 settembre 2017.

Ivano Vassura; Elisa Venturini; Fabrizio Passarini, Daniele Fabbri; Alessandro G. Rombolà, Cristian Torri

BIOCHAR IN CULTIVATED SOILS AND RIPARIAN BUFFER ZONES: CHEMICAL CHARACTERIZATION, SORPTION CAPABILITY AND CARBON ANALYSIS

XVII Congresso nazionale della divisione di Chimica dell'ambiente e dei beni culturali, Genova, 24-27 giugno 2018.

Ivano Vassura, Elisa Venturini, Fabrizio Passarini, Alessandro G.Rombolà, Daniele Fabbri, Cristian Torri, Marco Errani, Roberto Reggiani.

DA SCARTI DEL SISTEMA AGRICOLO A FERTILIZZANTI DEL SUOLO: LA PRODUZIONE DI BIOCHAR COME STRATEGIA PER L'IMPLEMENTAZIONE DELL'ECONOMIA CIRCOLARE.

Ecomondo, 7-10 novembre 2017, Rimini.

TUTTI I PARTNER DEL GO

1-2 Marzo 2019: Partecipazione all'evento della Regione Emilia Romagna presso FICO "Innovazione e ricerca per il sistema agroalimentare in Emilia-Romagna" – stand con roll-up, brochure e materiale illustrativo. (Video dell'evento anche sul sito ufficiale del progetto).

- <https://www.aster.it/eventi/innovazione-e-ricerca-per-il-sistema-agroalimentare-emilia-romagna>

SAVE THE DATE

INNOVAZIONE E RICERCA PER IL SISTEMA AGROALIMENTARE IN EMILIA-ROMAGNA

Bologna, 1 marzo 2019, ore 9 - 13
Sala Congressi FICO - via Paolo Canali 8

Interverranno
Stefano Bonaccini, Presidente della Regione Emilia-Romagna,
Simona Caselli, Assessore all'Agricoltura, caccia e pesca
Palma Costi, Assessore alle attività produttive, piano energetico, economia verde e ricostruzione post-sisma

Logos: FIC, ASTER, CLUST-ER AGRI FOOD, RIFERENZIALE NAZIONALE 2014-2020, Regione Emilia-Romagna, Emilia-Romagna facciamo la differenza.

Per ragioni organizzative è gradita la iscrizione online: <https://agri.regione.emilia-romagna.it/giasapp/aggiornamenti/iscrizioni/evento/195>



Fig.4-5 Giornata a FICO del 1-2 Marzo 2019

Il 30 aprile 2019 si è tenuto, in unione con progetto BIOCHAR: L'ACCHIAPPACARBONIO il workshop finale del progetto, a cui sono stati invitati agricoltori, enti certificatori, tecnici, ricercatori, studenti universitari. L'evento, ospitato presso il centro Santa Elisabetta dell'Università degli Studi di Parma, è stato strutturato in una mattinata di lavoro nella quale si sono succeduti gli interventi dei partner del progetto.

Al workshop è intervenuta l'Assessore all'Agricoltura della RER Dott.ssa Simona Caselli. La mattinata si è conclusa con una serie di domande ed interventi da parte dei presenti sui possibili sviluppi futuri. Durante il convegno è stato distribuito un flyer con la descrizione e gli obiettivi del progetto.

Al termine dell'evento è stato offerto un pranzo leggero a tutti i partecipanti. Nel primo pomeriggio si è effettuata la visita all'impianto di pirogassificazione presente presso la centrale termica Siram dell'Università degli Studi di Parma.

- <http://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/appuntamenti/2019/aprile/acchiappacarbonio-e-ri-fa-sa-2-progetti-delloperazione-16-1-del-psr-2014-2020>
- <https://www.unipr.it/notizie/rifasa-e-acchiappacarbonio-economia-sostenibile-migliorare-il-suolo-con-il-biochar>





Fig.6-7-8 Giornata del Convegno finale al Centro Santa Elisabetta dell'Università di Parma (30 Aprile 2019)

Ricerca Migliorare il lavoro e dare una mano all'ambiente

Presentati due innovativi progetti finanziati dalla Regione pensati per la sostenibilità
L'assessore Caselli: «L'Emilia è la regione che investe di più in Italia sull'agricoltura»

CLAUDIA OLIMPIA ROSSI

■ Produrre rispettando l'ambiente è la formula dell'agricoltura «smart climate»: nel segno della sostenibilità sono nati i progetti «Acchiappacarbonio» e «Rifasa», frutto di un lungo studio di partner istituzionali e privati. Il pool, coordinato dall'azienda agraria Stuard, con la responsabilità scientifica di Nelson Marmiroli, professore dell'Università di Parma, ne ha presentato i risultati sperimentali al Campus in un workshop cui è intervenuta Simona Caselli, assessora regionale all'agricoltura.

Finanziati dalla misura 16.1 del Piano di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Emilia Romagna, «Acchiappacarbonio» e «Rifasa» si basano su un processo termochimico non combustivo, la pirolisi, in grado di trasformare i residui agricoli in biochar, un carbone vegetale che sequestra e fissa il carbonio.



WORKSHOP La presentazione dei risultati delle ricerche si è svolta al Campus.

sente di ottenere un gas, detto syngas, dall'elevato potere calorifico. Questa conversione di biomasse, inoltre, è carbon negative: il carbonio sequestrato risulta maggiore ri-

pianto in piccole e medie aziende, che decomponendo i residui agricoli potranno garantirsi l'indipendenza energetica ed impiegare il biochar prodotto nelle colture.

nazione dovuta al ruscellamento delle attività agricole. Distribuito sugli argini, infatti, il biochar immobilizza sostanze inquinanti evitando che finiscano nei corsi d'acqua. L'im-

startup innovativa, e Siram S.p.A., è determinante per le attività sperimentali.

Illustrati da Roberto Reggiani della Stuard, Nicola Baraldi di Iridenergy, Elena Maestri, Davide Imperiale e Michele Donati dell'Università di Parma, Daniele Fabbrì e Ivano Vassura dell'Università di Bologna, «Acchiappacarbonio» e «Rifasa» vengono definiti da Marmiroli «un esempio di economia agricola circolare, per produrre alimenti, fibre e bioenergie minimizzando le emissioni di gas serra».

L'agricoltura «smart climate» è un impegno forte dell'Emilia Romagna, la regione italiana che sta investendo di più sulla ricerca in agricoltura, impiegando 50 milioni, pari al 4% del Piano di Sviluppo Rurale. Lo ha spiegato l'assessore Caselli, annunciando altri bandi per 13 milioni: «In tutta la Regione sono operativi 93 gruppi, al lavoro per un'agricoltura innovativa in termini di sostenibilità: il volto bello di un'Europa che, condividendo i ri-

Fig.9 Articolo sulla gazzetta di Parma del convegno del 30 Aprile 2019

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Si segnala una notevole attività di disseminazione con pubblicazioni e partecipazioni a convegni e incontri anche internazionali.

2.1.11.2 Personale azione 9 (Divulgazione)

Cognome e nome	Azienda/ente	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Numero ore	Costo totale
	UNIBO	Prof. associato, Referente Scientifico UNIBO	Azione 9. Partecipazione a congressi/divulgazione risultati	15	734,94
	UNIBO	Prof. associato	Azione 9. Partecipazione a congressi/divulgazione risultati	10	380,2
	UNIBO	Assegnista di ricerca	Azione 9. Partecipazione a congressi/divulgazione risultati	35	484,05
	UNIPR	Ricercatore	Divulgazione, preparazione di materiali e testi	86,59	3.059,22 €
	Stuard	Tecnico - responsabile progetto	Attività divulgative previste nel Piano del GO	164,0	4.864,24
	Stuard	Tecnico - coordinamento divulgazione	Attività divulgative previste nel Piano del GO	259,5	4.562,01
Totale					€ 14.084,66

2.1.11.3 Azione 9 (Divulgazione): trasferte

Azienda Stuard

Numero	Data trasferta	NOMINATIVO	SCOPO DELLA TRASFERITA	DA/A	DESCRIZIONE	Azione	Importo (euro)
1	01/03/19		Bologna c/o Fico-Eataly World	PARMA-BOLOGNA (98,7 Km)	CONVEGNO BOLOGNA (FICO-EATALYWORLD SRL)	Divulgazione	€97,20
2	02/03/19		Bologna c/o Fico-Eataly World	PARMA-BOLOGNA (98,7 Km)	CONVEGNO BOLOGNA (FICO-EATALYWORLD SRL)	Divulgazione	€108,60
TOTALE							€205,80

UNIBO

Cognome e nome	Azienda/ente	Descrizione	Costo
	UNIBO	Iscrizione Convegno ad Alba 20-25/8/2017: Convegno sulla produzione e sull'utilizzo del Biochar	€ 965,12
	UNIBO	Convegno ad Alba 20-25/8/2017: Convegno sulla produzione e sull'utilizzo del Biochar	€ 943,20
	UNIBO	ISCRIZIONE convegno Paestum 10-14/9/2017: XXVI Congresso Nazionale Società Chimica Italiana	€ 200,00
Totale			€ 2.108,32

2.1.12 Azione 10 – formazione: responsabile Agriform

2.1.12.1 Descrizione attività e risultati

L'attività di formazione (numero domanda inserita a Catalogo Verde 5005437 e numero domanda di saldo 5148296) come previsto dal Piano del GO è a favore delle aziende agricole costituenti il GOI stesso, ovvero le aziende Dall'Olio, Fanfoni, Ganazzoli e Pavarani.

L'ente di formazione responsabile della formazione è Agriform SCRL di Parma; l'attivazione del coaching è avvenuta in data 18 maggio 2017.

Il programma di formazione di questo progetto prevedeva 24 ore per ogni azienda; nel periodo oggetto di questa rendicontazione, agosto 2018- giugno 2019, i tecnici di Stuard hanno terminato le ore di coaching previste.

Si allega una tabella riepilogativa delle giornate di coaching svolte nelle aziende agricole.

Azione 10 - riepilogo ore di coaching effettuate presso le aziende agricole

Data	Azienda agricola	Beneficiario	Numero ore	Soggetto formatore (coach)
12/09/2017	Dall'Olio		4,0	
07/12/2017	Pavarani		4,0	
02/01/2018	Fanfoni		4,0	
11/01/2018	Fanfoni		4,0	
05/02/2018	Pavarani		4,0	
08/02/2018	Dall'Olio		4,0	
07/03/2018	Ganazzoli		4,0	
26/03/2018	Ganazzoli		4,0	
03/10/2018	Ganazzoli		8,0	
25/10/2018	Ganazzoli		8,0	
14/11/2018	Fanfoni		8,0	
15/11/2018	Fanfoni		8,0	
04/12/2018	Dall'Olio		8,0	
05/12/2018	Dall'Olio		8,0	
17/12/2018	Pavarani		8,0	
18/12/2018	Pavarani		8,0	
			96,0	

Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

La principale criticità gestionale nell'ambito del progetto riguarda l'implementazione del prototipo di micro dissociatore molecolare. A metà del progetto si è creata una situazione di incompatibilità con altre attività del personale universitario, che ha impedito di far funzionare il prototipo all'interno dei locali dell'Università di Parma. Questo problema ha in realtà evidenziato un punto critico nelle installazioni di macchine per la produzione di energia e biochar. Nonostante la loro elevata valenza ambientale, in quanto macchine che producono energia e risorse a partire da scarti, risulta difficile integrarne il funzionamento in un contesto lavorativo in cui ci sono altre persone, e sono invece idonee per essere installate in siti isolati e dedicati ad attività simili. Il trasferimento del prototipo dall'edificio del Tecnopolo all'attuale sito nella centrale termica ha richiesto tempi lunghi e stipula di apposite convenzioni, generando quindi un ritardo in alcune delle attività previste per il progetto. Una volta recuperata la funzionalità, è stato possibile produrre il biochar dalle matrici di interesse ed eseguirne l'analisi in tempi brevi.

Si ricorda inoltre che a settembre 2017 si è verificata la fuoriuscita dal GOI di azienda Tadini, che ha comportato la costituzione di un nuovo GOI e la redistribuzione delle attività e delle risorse finanziarie tra i partner rimanenti.

Relazione tecnica**Descrizione generale del progetto**

Numerosi studi condotti in Europa e negli Stati Uniti hanno evidenziato l'importanza delle fasce riparie nel contenimento di nutrienti in ecosistemi acquatici. Nell'Italia settentrionale il fenomeno della contaminazione da nitrati nelle acque superficiali e sotterranee, legato principalmente ad un'intensa attività agricola, è molto diffuso. Per questa ragione è stato introdotto l'uso delle zone inerbite nelle coltivazioni per ridurre il ruscellamento

superficiale e sottosuperficiale dell'acqua di pioggia e di irrigazione, di conseguenza le perdite di sedimenti ed elementi nutritivi e per limitare la contaminazione delle acque superficiali da inquinanti chimici. Le "fasce tampone" sono quindi delle strisce di vegetazione adiacenti ad aree agricole o forestali che svolgono la funzione di rimozione degli inquinanti per mezzo di processi di filtrazione, deposizione, infiltrazione, adsorbimento sul suolo, assorbimento da parte delle piante, decomposizione, volatilizzazione.

Dal 1° gennaio 2012 è entrato in vigore il Decreto ministeriale n. 27417 del 22 dicembre 2011, con l'introduzione di una nuova norma della condizionalità e precisamente la norma 5.2, che prevede l'"Introduzione di fasce tampone lungo i corsi d'acqua". Questa norma ha interessato molti agricoltori in quanto i relativi adempimenti sono abbastanza impegnativi.

Gli obiettivi del piano di RIFASA erano, in accordo con la focus area 4B "preservare, ripristinare e valorizzare gli ecosistemi connessi all'agricoltura e alla silvicoltura, con particolare riguardo alla gestione delle risorse idriche, compresa la gestione dei fertilizzanti e dei pesticidi", la possibilità di introdurre nel suolo dei terreni adiacenti le fasce tampone e delle fasce tampone stesse, il biochar. Questo "carbone vegetale", prodotto con un processo innovativo dalla carbonizzazione degli scarti, è stato valutato come ammendante e come valido mezzo di sequestro dei contaminanti derivanti dalle attività agricole.

Il gruppo operativo era composto da aziende agricole limitrofe a canali (Az. Agricola Ganazzoli Filippo, Az. agricola Fratelli Fanfoni, Az. agricola Pavarani SS, Az. Agricola Dall'Olio Lorenzo e Claudio), l'Azienda Agraria Sperimentale Stuard, l'Azienda Sperimentale Tadini (prima dell'uscita dal partenariato), l'Università degli Studi di Parma, l'Università degli Studi di Bologna e Agriform come ente di formazione.

Attività di campo

Le prove agronomiche sono state eseguite presso le diverse aziende agricole partecipanti al GOI; azienda Fanfoni, azienda Dall'Olio, azienda Pavarani, azienda Ganazzoli e azienda Tadini (nel 2° anno Azienda Stuard).

Azienda Tadini

Caratteristiche: Area Zone Vulnerabili ai Nitrati

Peculiarità significative: terreno limoso, non omogeneo, tipico del territorio Piacentino.

La prova è stata eseguita il primo anno su pomodoro; il secondo anno, a causa dell'uscita dell'azienda dal partenariato, la prova è stata condotta presso l'azienda Stuard su mais.

Azienda Ganazzoli

Caratteristiche: terreni con fasce tampone (soggette ai vincoli delle Zone Vulnerabili ai Nitrati), adiacenti a diversi canali irrigui come il Naviglio Taro.

Peculiarità significative: Azienda agricola che presenta terreni irrigui nel comprensorio del Consorzio di Bonifica Parmense (destra torrente Parma), con una SAU di 46 ha (di cui metà in affitto e metà di proprietà). L'azienda coltiva Pomodoro (14ha), Mais dolce (21 ha), Mais da granella (6 ha), erba medica (3 ha) ed ortaggi vari (2 ha).

Le prove di biochar sono state eseguite il primo anno su pomodoro e il secondo anno su erba medica primaverile.

Azienda Fanfoni

Caratteristiche: area con fasce tampone (soggette ai vincoli delle Zone Vulnerabili ai Nitrati), adiacenti a diversi canali irrigui come il Fosso Castellazzo.

Peculiarità significative: Azienda agricola che presenta terreni irrigui nel comprensorio del Consorzio di Bonifica Parmense (sinistra torrente Parma), con una SAU di 77 ha (di cui 16 ha affitto e 61 ha di proprietà). L'azienda coltiva frumento (12 ha), erba medica (48 ha) e mais da trinciato (17 ha).

Le prove di biochar sono state eseguite un primo anno su mais da trinciato e un secondo anno su frumento.

Azienda Pavarani

Caratteristiche: area con fasce tampone (soggette ai vincoli delle Zone Vulnerabili ai Nitrati)

Peculiarità significative: L'azienda presenta terreni irrigui nel comprensorio del Consorzio di Bonifica Parmense (sinistra torrente Parma), con una SAU di 138 ha (di cui 50 ha in proprietà e 88 ha in affitto). L'azienda coltiva erba medica, mais trinciato e erbai estivi.

Le prove di biochar sono state eseguite il primo anno su mais da trinciato e il secondo anno su erba medica.

Azienda Dall'Olio Lorenzo e Claudio

Caratteristiche: area con fasce tampone (soggette ai vincoli delle Zone Vulnerabili ai Nitrati)

Peculiarità significative: L'azienda presenta terreni irrigui nel comprensorio del Consorzio di Bonifica Parmense (tra torrente Parma e Fiume Taro), con una SAU di 100 ha (di cui 25 in proprietà e 75 ha in affitto). L'azienda coltiva frumento duro (50 ha), erba medica (25 ha) e pomodoro (25 ha).

Le prove di biochar sono state eseguite il primo anno su frumento e il secondo anno su pomodoro.

Le prove di campo sono iniziate nell'autunno 2016 con la semina del frumento presso l'Azienda Dall'Olio e sono

terminate a fine settembre 2018 con i rilievi sulle parcelle di pomodoro presso l'azienda Dall'Olio e di mais presso l'Azienda Stuard seguiti dai campionamenti finali di terreno presso tutte le aziende. La prova agronomica prevista nel 2° anno di sperimentazione presso azienda Tadini, in seguito all' uscita dal Gruppo Operativo della stessa, è stata effettuata negli appezzamenti di azienda Stuard nella sede di San Pancrazio (variante novembre 2017).

In ogni azienda è stato realizzato un campo mediante uno schema sperimentale a blocchi randomizzati. Sono state applicate 4 diverse dosi di biochar 15, 30, 45, 60 t ha⁻¹ più un testimone (per un totale di 5 tesi) messe a confronto in convenzionale.

Lo schema di campo adottato, entrambi gli anni, presso le aziende Fanfoni, Dall'Olio, Pavarani, Ganazzoli e Stuard (nel 2°anno) è il seguente:

	B	B	B	B	B	B	B
B4	B	5	3	1	2	4	B
B3	B	2	1	5	4	3	B
B2	B	3	2	4	1	5	B
B1	B	4	5	2	3	1	B
	B	B	B	B	B	B	B

Descrizione tesi

Superficie parcella:

5 mt x 1,5 mt (7,5 mq)

1	Testimone
2	15 t/ha
3	30 t/ha
4	45 t/ha
5	60 t/ha

Presso l'azienda Tadini lo schema sperimentale adottato il primo anno è stato:

1	5
2	4
3	3
4	2
5	1
5	4
4	2
3	1
2	3
1	5

Tesi 1: biochar dose 15 ton/ha - Tesi 2: biochar dose 30 ton/ha - Tesi 3: biochar dose 45 ton/ha - Tesi 4: biochar dose 60 ton/ha - Tesi 5: testimone non trattato con biochar

Le dosi di biochar indicate nelle tesi sono complessive dei 2 anni. Ogni anno quindi la dose distribuita è stata la metà di quella indicata.

Nella tabella sottostante sono riportati i rilievi eseguiti sulle diverse colture previste dal piano del GO.

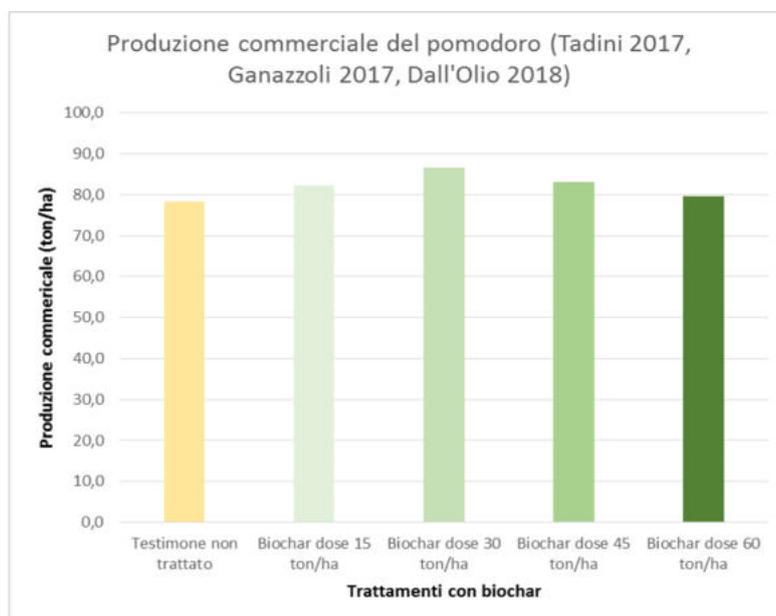
POMODORO	ERBA MEDICA	MAIS	FRUMENTO
Produzione merceologica (verde, maturo, marcio)	Produzione fresca	Produzione granella	Produzione granella
Valutazione morfologica (altezza pianta, lunghezza branche)	Produzione secca	Umidità della granella raccolta	Umidità della granella raccolta
Spad sulle foglie	Altezza pianta prima dello sfalcio	Spad sulla foglia a bandiera	Spad sulla foglia a bandiera
Valutazione stato fitosanitario	Valutazione stato fitosanitario	Valutazione stato fitosanitario	Valutazione stato fitosanitario
Analisi sulla sostanza secca della bacca		Altezza della pianta	Altezza della pianta
Residuo ottico (° BRIX)		Altezza inserzione della spiga	Peso 1000 semi
PH dalla bacca		Peso 1000 semi	Peso ettolittrico
		Peso ettolittrico	
		Numero piante stroncate	

Complessivamente nei 2 anni di sperimentazione i dati ottenuti dalle diverse tesi, nelle diverse colture, presso le 5 diverse aziende agricole, non sono risultati statisticamente significativi.

Si riportano i grafici riportanti i rilievi più significativi di ogni coltura trattata:

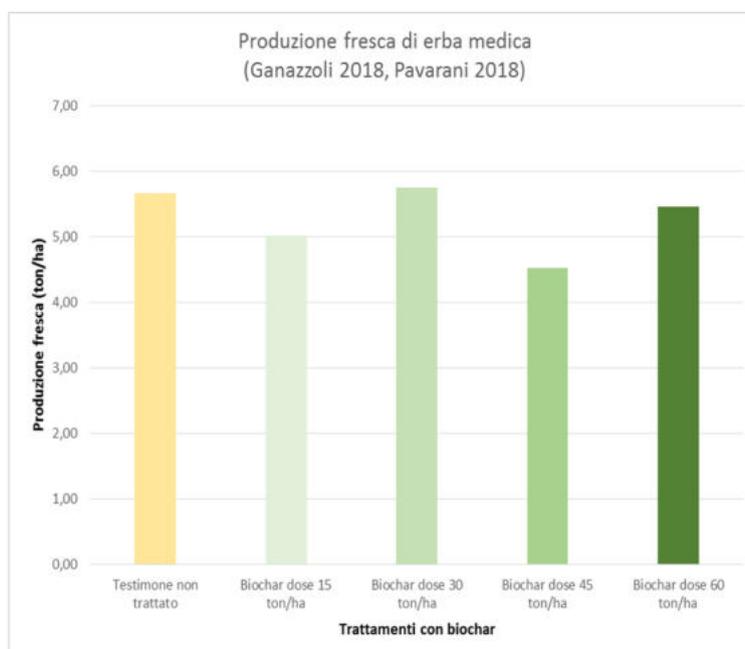
POMODORO

Tesi	Produzione commerciale (ton/ha)	Residuo ottico (°brix)
Testimone non trattato	78,4	4,83
Biochar dose 15 ton/ha	82,3	4,81
Biochar dose 30 ton/ha	86,6	4,95
Biochar dose 45 ton/ha	83,1	4,96
Biochar dose 60 ton/ha	79,7	4,84
Media	82,0	4,88



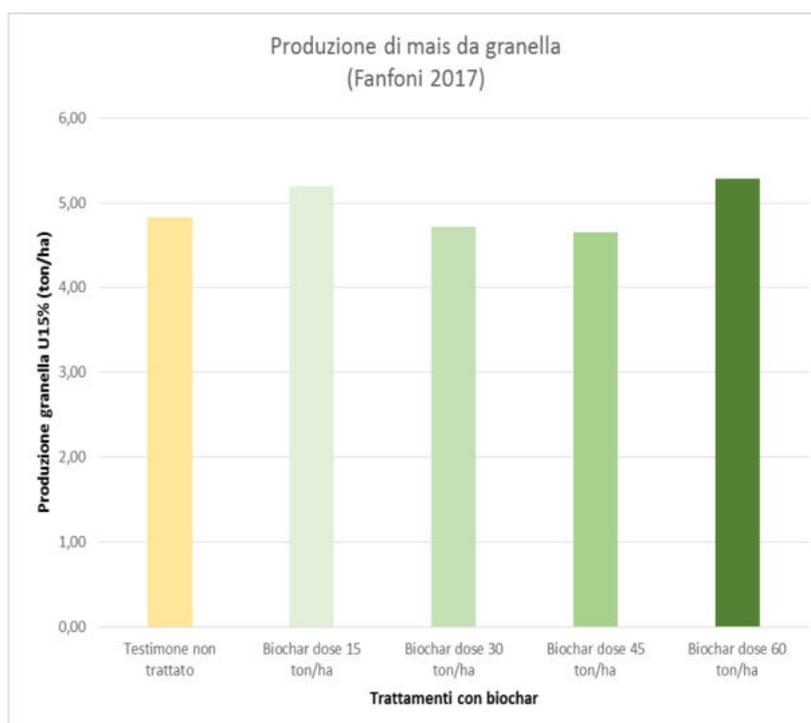
ERBA MEDICA

Tesi	Produzione fresca (ton/ha)	Sostanza secca (%)
Testimone non trattato	5,67	29,55
Biochar dose 15 ton/ha	5,02	29,98
Biochar dose 30 ton/ha	5,75	29,43
Biochar dose 45 ton/ha	4,53	29,98
Biochar dose 60 ton/ha	5,47	29,12
Media	5,29	29,61



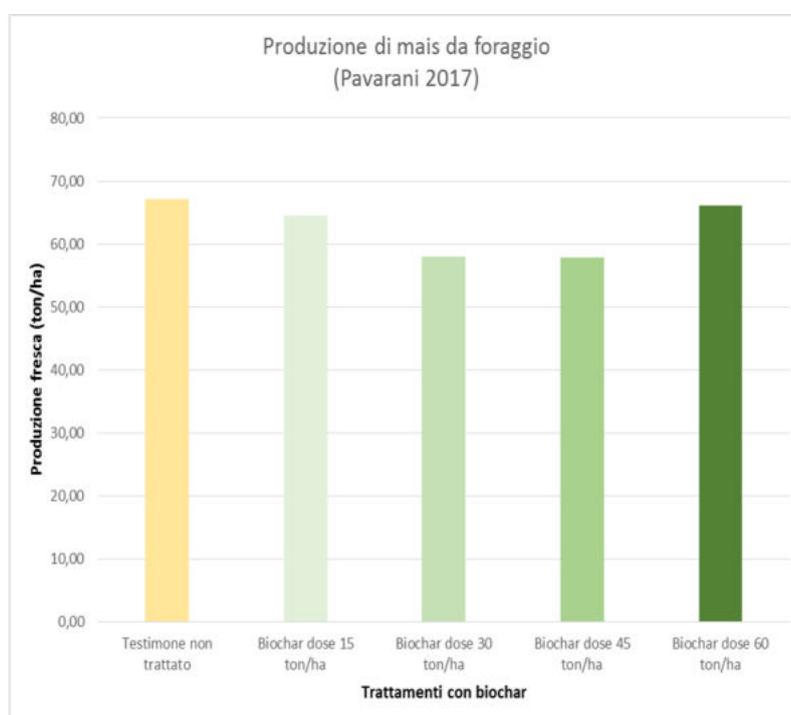
MAIS DA GRANELLA

Tesi	Produzione granella 15% U (ton/ha)
Testimone non trattato	4,83
Biochar dose 15 ton/ha	5,20
Biochar dose 30 ton/ha	4,72
Biochar dose 45 ton/ha	4,65
Biochar dose 60 ton/ha	5,28
Media	4,94



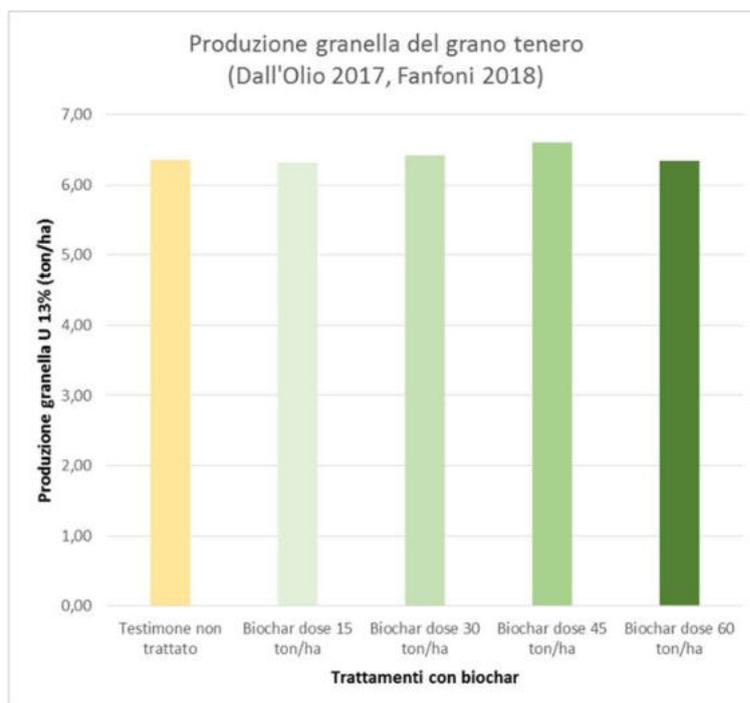
MAIS DA FORAGGIO

Tesi	Produzione fresca (ton/ha)	Sostanza secca (%)
Testimone non trattato	67,07	41,77
Biochar dose 15 ton/ha	64,43	41,35
Biochar dose 30 ton/ha	57,97	45,58
Biochar dose 45 ton/ha	57,91	42,81
Biochar dose 60 ton/ha	66,04	41,47
Media	62,68	42,60



FRUMENTO

Tesi	Produzione granella al 13 % di umidità (ton/ha)	Peso ettolitrico granella (Kg/hL)
Testimone non trattato	6,35	79,60
Biochar dose 15 ton/ha	6,31	78,86
Biochar dose 30 ton/ha	6,42	77,94
Biochar dose 45 ton/ha	6,61	78,45
Biochar dose 60 ton/ha	6,34	77,61
Media	6,41	78,49



Attività di laboratorio

Il biochar di origine legnosa prodotto nella prima fase del progetto, e il biochar derivante dagli sfalci delle fasce tampone prodotto alla fine del progetto, sono stati sottoposti ad una serie di analisi che ne hanno caratterizzato la stabilità e la qualità ambientale. In particolare, sono stati determinati: umidità, ceneri, sostanza volatile (VM) e carbonio fisso (FC) mediante analisi termogravimetrica; C, H, N e S attraverso analizzatore elementare; i 16 IPA prioritari EPA mediante estrazione e analisi GC-MS; la stabilità ambientale con la pirolisi analitica e i possibili composti rilasciati in ambiente (composti organici volatili e composti organici solubili in acqua) tramite microestrazione in fase solida (SPME) abbinata alla GC-MS.

I risultati hanno mostrato che il biochar di origine legnosa applicato ai campi oggetto della sperimentazione ha ottime caratteristiche di stabilità termica per l'elevato contenuto di carbonio (79%), essenzialmente organico, il basso rapporto H/C (0,28), i valori di carbonio fisso (62%) e materia volatile (32%). Tale risultato è stato inoltre confermato dai risultati ottenuti mediante la pirolisi analitica in modalità off-line (Py-SPME-GC-MS) che hanno mostrato un'abbondanza relativa di idrocarburi aromatici. Per quanto riguarda la qualità ambientale, sia la bassa concentrazione dei 16 IPA prioritari EPA (1,7 mg/kg, inferiore ai limiti di legge stabiliti per l'uso del biochar come ammendante) che il basso rilascio di composti organici volatili e di composti organici solubili in acqua, indicano che il biochar presenta basso rischio ambientale. Le analisi effettuate sul biochar prodotto a partire da materiale erboso sfalciato dalle fasce tampone delle aziende coinvolte, miscelato con cippato di legno per esigenze legate all'alimentazione del carbonizzatore, ha mostrato che il prodotto è idoneo all'uso agronomico e stimola la crescita delle piante.

Sono state messe a punto le metodologie di analisi correnti (es. EN 15936) del carbonio totale (TC), organico (TOC) ed inorganico (TIC) nei suoli per verificare le loro prestazioni nel caso di suoli trattati con biochar. Il metodo ottimizzato è stato applicato per le analisi dei campioni di suoli agricoli trattati con biochar. Il biochar utilizzato nelle sperimentazioni è stato sottoposto ad analisi immediata, analisi elementare, analisi degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), pirolisi analitica e composti organici mobili tramite gas cromatografia-spettrometria di massa. Il biochar è risultato essere conforme alle linee guida per l'applicazione del biochar in agricoltura. In particolare, ceneri < 10%, carbonio organico 81%, rapporto H/C < 0,7, IPA (16EPA) < 6 mg/kg s.s. e presenza trascurabile di contaminanti mobili. I rapporti molari di idrogeno/carbonio, il carbonio fisso e i dati di pirolisi analitica indicano che il biochar ha un buon grado di carbonizzazione. I risultati delle analisi dei suoli delle aziende Ganazzoli, Pavarani, Dall'Olio e Fanfoni evidenziano la complessità della dinamica del carbonio a seguito dello spargimento di biochar. Nei suoli di controllo il TC presentava valori medi di 3-4% p.s. ed il TOC del 1-2% costanti nei tre anni di campionamento (2016, 2017, 2018). In generale, un utilizzo di 15 ton/ha di biochar non ha prodotto effetti significativi sul TC/TOC. Effetti importanti, con incrementi del TC e del TOC del 60-100%, sono stati misurati con carichi di

biochar di 30 ton/ha e superiori. Gli effetti del carico del biochar sono risultati comunque variabili. Nella sperimentazione del 2018 si è osservato un aumento del TC e del TOC in quasi tutti i suoli; tale aumento si ha solo in misura minore, e non sempre, nelle sperimentazioni del 2017. Per ottenere maggiori informazioni sulle caratteristiche della sostanza organica nei suoli trattati, è stato sviluppato nell'ambito del progetto un metodo di analisi termogravimetrica (TGA) per determinare la concentrazione di biochar e la frazione di sostanza organica labile e stabile. Applicato ai suoli Ganazzoli, il metodo ha permesso di misurare la concentrazione di biochar. La concentrazione varia da 0.4% (15ton/ha) a 1.3% (45 ton/ha), con un andamento simile a quello osservato per il TC/TOC. La frazione stabile è superiore a quella labile ed aumenta nei suoli trattati con biochar.

Per quanto riguarda le capacità adsorbenti del biochar utilizzato nelle sperimentazioni in campo, in primo luogo sono state valutate le sue proprietà chimico-fisiche di interesse. Il biochar utilizzato nel progetto presentava un numero di iodio 29 mg/g e gruppi funzionali acidi superficiali 0.4-0.9 mmol/g. Sono state studiate le isoterme di adsorbimento del biochar su due potenziali inquinanti il cadmio (Cd) e l'erbicida Bromacil. A tale fine sono stati ottimizzati i metodi di analisi chimica delle soluzioni acquose modello contenente il biochar e l'inquinante. Dalle isoterme è stata calcolata la massima capacità adsorbente del Cd (3.4 mg/g) e del Bromacil (7.2 mg/g). Le isoterme di adsorbimento non forniscono però una conoscenza adeguata della capacità adsorbente del biochar in sistemi reali (suoli agricoli). Sono stati così condotti esperimenti tramite test di rilascio in sistemi suolo/biochar.

Sia i test di rilascio che il metodo di contaminazione dei campioni, in assenza di metodi di riferimento e di una letteratura concordante su tali procedure, hanno richiesto una fase di studio e messa a punto.

Il test di rilascio messo a punto in questo studio ha permesso di determinare l'efficacia della capacità assorbente del biochar immesso nel suolo come ammendante. I principali risultati ottenuti sono i seguenti:

- il biochar studiato migliora la capacità dei suoli in esame di assorbire metalli pesanti come il cadmio (Cd), anche se i suoli stessi hanno già una capacità assorbente elevata: infatti, essi assorbono circa il 99% del Cd, ma l'aggiunta di biochar aumenta tale valore di quasi un punto percentuale.

Il terreno contenente biochar invecchiato (6 mesi) ha una capacità assorbente nei confronti di contaminanti organici polari come l'erbicida Bromacil molto più elevata rispetto al terreno tal quale. Infatti, i suoli Ganazzoli e Tadini trattengono rispettivamente circa il 50% e il 30 % di Bromacil, mentre gli stessi suoli contenenti biochar invecchiato assorbono fino al 99% di Bromacil nelle condizioni sperimentali. Inoltre, è stato riscontrato che l'aumento della capacità assorbente del terreno contenente Biochar nei confronti del Bromacil è notevolmente maggiore solo se quest'ultimo è rimasto in incubazione nel suolo per molti mesi, rispetto a quando viene aggiunto in fase di sperimentazione in laboratorio.

Pertanto si può affermare che il biochar ha le potenzialità di essere un ottimo ammendante per i terreni componenti la fascia tampone, poiché riduce la biodisponibilità dei metalli pesanti, ma soprattutto di erbicidi e fitofarmaci, come il Bromacil.

Conclusioni

Il progetto ha dimostrato la fattibilità dell'impiego del biochar sia come ammendante nell'agricoltura sostenibile che come potenziale fattore nell'adsorbimento dei suoli per inquinanti organici e inorganici. Sono ben note le proprietà del biochar nel migliorare diversi parametri del suolo agricolo, e il progetto ha verificato tale efficacia in diversi contesti agricoli, su diverse colture erbacee caratteristiche della zona emiliana: frumento, mais, erba medica, pomodoro. Emerge chiaramente che il biochar non è un fertilizzante in sé; le produzioni delle diverse tesi non sono sempre correlate alle dosi crescenti di biochar; inoltre non si sono riscontrate differenze statisticamente significative, solo "tendenze" che variavano in ogni coltura;

Pomodoro: maggiore produzione delle tesi trattate con biochar (massimo raggiunto nella tesi trattata con 30 ton/ha), rispetto al testimone;

Grano tenero: aumenta leggermente la produzione nelle tesi con 30 e 45 ton/ha di biochar;

Erba medica: la tesi testimone ha la maggior resa assieme alla tesi con biochar 30 ton/h;

Mais da granella: maggior produzione nelle tesi con 15 e 60 ton/ha di biochar;

Mais da foraggio: testimone e tesi con 60 ton/ha di biochar sono le più produttive.

Sarebbe necessario avere a disposizione più anni di sperimentazione consecutivi per valutare l'effetto nel lungo periodo delle diverse dosi di biochar distribuite.

E' però evidente che l'aggiunta di biochar apporta altri benefici e rallenta o impedisce la percolazione di sostanze inquinanti verso le fasce tampone.

L' utilizzo del biochar come ammendante del suolo può apportare dei vantaggi sia di tipo agronomico che ambientale, come il prolungato mantenimento della fertilità del suolo, la riduzione delle emissioni di gas serra e lo stoccaggio a lungo termine di carbonio. Il biochar utilizzato nel progetto proviene da biomassa residuale di alberi diffusi nel territorio in questione o da sfalci delle fasce inerbite, che possono essere considerate una fonte

rinnovabile sia di energia che di biochar. Le considerazioni emerse dagli esperimenti sono state esplicitate in brevi linee guida ad uso dei potenziali utenti. L'analisi economica dimostra che è ancora difficile quantificare i benefici offerti dal processo di carbonizzazione, al di là dei calcoli sulle emissioni, sui costi e sui guadagni. Ciò che è difficile misurare è l'impatto benefico del biochar su fertilità del suolo, cattura di inquinanti, comunità di microrganismi e invertebrati, servizi ecosistemici, modulazione del pH, modulazione della ritenzione idrica, potenziamento delle difese delle piante e altro. In un'ottica di economia circolare e sostenibilità, il biochar risulta essere un'ottima soluzione per sequestrare carbonio e inquinanti e offrire altri vantaggi alle colture. Tuttavia, per determinare tali benefici, è necessario che le proprietà del biochar rimangano costanti nel tempo. Da qui l'importanza di comprendere la stabilità e i meccanismi di degradazione del biochar nell'ambiente. I risultati ottenuti sono stati impiegati per la redazione di "linee guida" sull'utilizzo del biochar.