

PROGETTO Alpimed INNOV

WP 4

Andrea Copetta

CREA Centro di Ricerca Orticoltura e Florovivaismo - Sanremo

utilizzo delle biomasse forestali intese come risorsa primaria a fini di sviluppare una 'economia circolare' delle aziende di montagna mirata al recupero di prodotti altrimenti destinati a diventare rifiuto.



modalità di produzione e di utilizzo della bio-carbonella di alta qualità (biochar) processo di gassificazione

utilizzo delle biomasse forestali, a scopo di produzione energetica ad elevata compatibilità ambientale



la produzione di un gas combustibile (syngas), estremamente pulito, per il riscaldamento di magazzini rurali, serre ed essiccatoi o la concimazione carbonica delle serre nonché la produzione di idrogeno 'verde'



cippato

- ❖ **Betulla/faggio/castagno**
- ❖ **Alloro**
- ❖ **Ligustro**
- ❖ **Lentisco**
- ❖ **Rosmarino**



Pirolisi a 500-700 °C
gasogeno **Tecnoforest**



**Mix betulla /
faggio / castagno**

alloro

ligustro

lentisco

rosmarino



Prove di coltivazione di basilico, calendula e pisello con il 20% dei differenti biochar

Biochar può sostituire parzialmente la torba

Aumento dello sviluppo delle piante non significativo

Ulteriore fonte di reddito aziendale

Characterization of biochar produced from pruning residues of different species for use in vegetable and flower production.

A. Copetta¹, O. Arimondo¹, F. Pittaluga², C. Mascarello¹, P. Mussano¹, B. Ruffoni¹

¹CREA - Research Centre for Vegetable and Ornamental Crops, Corso Inglesi 508, 18038 Sanremo (IM) Italy;

²Technoforest srl - via Piave 50/2, 17019 Varazze (SV) Italy



- ❧ Installazione di una soffiante centrifuga, nella parte inferiore del gasogeno
- ❧ Sostituzione dell'ugello superiore, con un condotto di disegno particolare, costituito da:
 - un tratto verticale per la periodica alimentazione del cippato tramite carrello elevatore
 - un ramo laterale, atto a convogliare a distanza il syngas tramite collegamento con opportuna tubazione
- ❧ Dotazione dell'impianto di un bruciatore premiscelato ('air premixing', anch'esso disegnato e realizzato da Tecnoforest) per ottenere una fiamma estremamente pulita, addirittura più di quanto si possa ottenere con bruciatori standard a gas naturale.

- il bruciatore a syngas ha dimostrato grande stabilità di fiamma, assoluta continuità di funzionamento e totale assenza di fumosità.
- La potenzialità della fiamma è risultata facilmente modulabile tramite la regolazione del numero di giri della soffiante.
- Residuo solido esclusivamente una piccola quantità di cenere
- processo di combustione del syngas, è detto 'omogeneo' (combustibile e comburente sono entrambi in fase gassosa) contrariamente al caso della combustione 'eterogenea' (solido-gas) del legno o del cippato legnoso in aria. Tutti i processi eterogenei sono altamente inquinanti, in particolare per la inevitabile produzione di particolato, sia visibile (fumosità) sia invisibile (polveri sottili).
- potenza massima di circa 280 kW termici (consumo di 80 kg/h). Il rendimento termico è dell'ordine del 75-80%: potrebbe ovviamente essere migliorato, ad esempio dotando il gasogeno di opportuna coibentazione, assente nell'attuale prototipo: infatti le temperature del mantello (e le conseguenti dissipazioni termiche), misurate con termometro a radiazione infrarossa, sono risultate molto alte, superiori a 420 °C.



Sviluppi innovativi: produzione di idrogeno 'green'

- incrementare la concentrazione di idrogeno, e quindi anche il potere calorifico, del syngas prodotto.
- possibilità di incrementare le concentrazioni di H₂ nel syngas alimentando il gasogeno con un mix di cippato : biochar 50:50 per conseguire temperature di gassificazione superiori a 1150 °C per indurre la dissociazione dell'acqua e quindi passare dalla gassificazione 'a gas d'aria' a quella 'a gas d'acqua' decisamente più energetica, a fronte di concentrazioni di H₂ dell'ordine del doppio, e anche più, di quelle sopra indicate.

Risultati preliminari

- ❖ Il processo di gassificazione appare parecchio più energetico, con fiamma calda inducente ondulazioni termiche così alti da non poter venire osservati - tipico delle fiamme 'ad idrogeno', in cui questo elemento è presente ad alte concentrazioni (syngas ancora più adatto ad utilizzi energetici efficienti, inclusi gli impianti cogenerativi)
- ❖ Le temperature di fiamma misurate con un sensore ad irraggiamento (anch'esso e 'tascabile') sono apparse superiori alle soglie strumentali, mentre le temperature del mantello del gasogeno hanno sfiorato i 500 °C
- ❖ Ipotesi: incrementando ulteriormente la percentuale di biochar nel mix di alimentazione fino al 100% (cioè solo carbonella), si dovrebbe entrare nel regime di gassificazione 'a gas d'acqua' con percentuali di H₂ nel syngas attorno al 40%
- ❖ Possibilità di separazione, ad esempio grazie ad adsorbimenti/desorbimenti su letti di zeoliti; tale modalità di produzione di 'green H₂' risulterebbe più efficiente ed economica della modalità standard, basata sull'elettrolisi dell'acqua.

Grazie
per la cortese attenzione

CONTRATTO PER L’AFFIDAMENTO DEL SERVIZIO DI INDIVIDUAZIONE DI INNOVAZIONI DESTINATE ALL’EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLE SERRE E AL RISPARMIO DELLE RISORSE IDRICHE NELLE AZIENDE DI MONTAGNA, ESPLORANDO LE MODALITÀ DI UTILIZZO INNOVATIVO DELLE BIOMASSE FORESTALI APPLICABILI DA PARTE DI MICRO E PICCOLE IMPRESE.

Riferimenti:

Bando CREA Prot. n. 0006698 del 27/01/2021

CIG: ZA330368ED; CUP: H51B18000330007

RELAZIONE TECNICA FINALE

1. Premessa

Il Contratto, le cui attività sperimentali si sono positivamente concluse lo scorso mese di luglio 2022, ha avuto il seguente oggetto:

“Individuazione e reperimento di soluzioni innovative destinate all’efficientamento energetico delle serre e al risparmio delle risorse idriche nelle aziende di montagna, esplorando le modalità di utilizzo innovativo delle biomasse forestali applicabili da parte di micro e piccole imprese; prototipizzazione di eventuale attrezzatura sperimentale ed effettuazione di prove di sperimentazione presso il Centro CREA-OF di Sanremo; direzione delle fasi sperimentali mediante controllo di funzionamento sul posto, rilevazione dei dati di prova, progettazione di modifiche ed adattamenti finalizzati all’applicabilità nei contesti di progetto individuati (piccole aziende di montagna); responsabilità tecnica di impostazione, controllo e supervisione dell’intera fase sperimentale. Rapporto di valutazione ex post; presentazione tecnica e discussione dei risultati in sede di LivingLab e in ogni altra occasione di divulgazione richiesta dal progetto”.

In accordo a quanto sopra, e anche a fronte della avvenuta proroga del contratto fino a circa 2 anni di durata, si era convenuto di suddividere le attività in due Fasi, tra loro strettamente complementari, ognuna della durata approssimativa di un anno. La prima Fase (pari a circa il 50% dell’insieme degli obiettivi e delle attività) era stata dedicata all’utilizzo delle biomasse forestali intese come risorsa primaria a fini di sviluppare una ‘economia circolare’ delle aziende di montagna mirata al recupero di prodotti altrimenti destinati a diventare rifiuto. Come riportato in dettaglio nella precedente Relazione Tecnica, redatta il 28 settembre 2021, la prima Fase era stata principalmente centrata sulle modalità di produzione e di utilizzo della bio-carbonella di alta qualità (biochar) ottenuta, a partire dal cippato di legno e di altri residui vegetali, tramite un innovativo processo di gassificazione sviluppato da Tecnoforest.

La seconda Fase è stata invece indirizzata all’utilizzo delle biomasse forestali, opportunamente essiccate e ridotte in trucioli di piccole dimensioni (‘cippatino’) tramite macchine cippatrici dedicate, a scopo di produzione energetica ad elevata compatibilità ambientale: a tal fine, il processo di gassificazione sopra citato è stato qui applicato per la produzione continuativa di un gas

combustibile (syngas), estremamente pulito, da venire impiegato, ad esempio, per il riscaldamento di magazzini rurali, serre ed essiccatoi. Utilizzi ulteriori del processo possono essere quelli della cosiddetta concimazione carbonica delle serre nonché la produzione di idrogeno 'verde', come qui di seguito sarà ora descritto.

2. Attività sviluppate nella seconda fase del Contratto

In accordo con gli obiettivi del programma, durante il secondo (e ultimo) anno di avanzamento, i tecnici di Tecnoforest, in stretto e proficuo rapporto collaborativo con il personale di CREA, hanno sviluppato le seguenti attività, ottenendo i conseguimenti qui di seguito elencati.

2.1 Conversione tecnologica del gasogeno Tecnoforest al funzionamento continuativo

Il gasogeno Tecnoforest che, nel primo anno del Progetto, era stato trasferito presso CREA e utilizzato per la produzione di biochar, ha dovuto necessariamente essere operato in modo intermittente al fine di consentire il carico del cippato attraverso l'ugello superiore e, dopo un tempo di processo di circa 20 minuti, lo scarico verso il terreno della carbonella tramite basculamento dell'impianto. Questa modalità, che non si presentava ovviamente opportuna ai fini di una produzione continuativa di energia, è stata convertita al funzionamento continuo attraverso una serie di interventi tecnologici (progettati e realizzati da Tecnoforest) tra i quali i più importanti sono stati i seguenti:

- Installazione di una soffiante centrifuga, collegata tramite tubo flessibile ad una delle aperture inferiori del gasogeno che già erano predisposte per l'ingresso dell'aria di processo. Le altre aperture sono state chiuse.
- Sostituzione dell'ugello superiore, che prima aveva essenzialmente la funzione di torcia per la combustione in- loco del syngas prodotto, con un condotto di disegno particolare, costituito da un tratto verticale, dotato di valvola, e da un ramo laterale, atto a convogliare a distanza il syngas tramite collegamento con opportuna tubazione; il ramo verticale, grazie ad una tramoggia superiore, consente periodicamente di effettuare l'alimentazione del cippato o per gravità ovvero tramite carrello elevatore.
- Dotazione dell'impianto di un bruciatore premiscelato ('air premixing', anch'esso disegnato e realizzato da Tecnoforest) da venire montato all'estremità della tubazione del syngas, ai fini di conseguire una fiamma estremamente pulita, addirittura più di quanto si possa ottenere con bruciatori standard a gas naturale.

Le Foto seguenti presentano il gasogeno così come convertito alla produzione continua di syngas (e perciò di energia termica pulita) conseguita grazie ai dispositivi tecnologici sopra discussi.



**Gasogeno Tecnoforest convertito alla produzione continua di energia termica.
Vista d'assieme dell'impianto montato sulla piazzuola dedicata presso CREA**



**Gasogeno Tecnoforest: in basso a destra
notare la soffiante dell'aria di processo**



**Gasogeno Tecnoforest: notare la tramoggia
di carico del cippato in alto a destra**



Gasogeno Tecnoforest: bruciatore premiscelato per la combustione del syngas

2.2 Prove funzionali del gasogeno convertito alla produzione continua di syngas. Addestramento del personale CREA alla accensione e utilizzo dell'impianto. Misura delle prestazioni.

I tecnici Tecnoforest, alla presenza del personale CREA, hanno quindi provveduto alle prime accensioni dell'impianto, mettendo in luce la sua notevole potenzialità energetica, la sua semplicità operativa e la sua grande compatibilità ambientale, in termini di assenza di fumosità, con una fiamma talmente pulita da risultare visibile a stento. In breve tempo, il personale CREA ha acquisito piena capacità operativa in termini di caricamento ed accensione della carica di cippato, quindi di verifica dell'inizio della produzione di gas (syngas) nonché della successiva accensione del bruciatore premiscelato con regolazione della potenza agendo sulla soffiante.

Una volta acceso, il bruciatore a syngas ha dimostrato grande stabilità di fiamma, assoluta continuità di funzionamento e totale assenza di fumosità. Come dimostrano le figure seguenti, la fiamma appare del tutto trasparente, individuabile (a stento) solo grazie alle ondulazioni termiche causate dalle fluttuazioni dell'indice di rifrazione dell'aria indotte dai forti gradienti di densità in conseguenza della sua temperatura (superiore ai 1100 °C).

Contrariamente al caso precedente (primo anno del Progetto), in cui il gasogeno veniva operato in convezione naturale ai fini della produzione (discontinua) di biochar, adesso, grazie alla presenza della soffiante, l'alimentazione di aria di processo è significativamente

maggiore e la pressione all'interno del gasogeno (in particolare alla sua base, sotto la colonna di cippato) è così passata da leggermente negativa (depressione) a positiva (0,1 atm). In conseguenza di ciò, le reazioni di gassificazione sono diventate decisamente più intense e veloci, così da far aumentare in modo proporzionale la produzione di syngas: in queste nuove condizioni, ed in virtù della modalità di funzionamento che adesso è continuativa, il processo non si conclude più con la conversione del cippato legnoso in carbonella ma prosegue direttamente con la gassificazione totale di quest'ultima in syngas, lasciando come residuo solido esclusivamente una piccola quantità di cenere.

Come già detto, il funzionamento dell'impianto è apparso continuo e affidabile, con una fiamma estremamente stabile e pulita. Vale la pena ricordare che il processo di combustione del syngas, in particolare in un bruciatore premiscelato, è detto 'omogeneo' (combustibile e comburente sono entrambi in fase gassosa) contrariamente al caso della combustione 'eterogenea' (solido-gas) del legno o del cippato legnoso in aria. Tutti i processi eterogenei sono altamente inquinanti, in particolare per la inevitabile produzione di particolato, sia visibile (fumosità) sia invisibile (polveri sottili). La potenzialità della fiamma è risultata facilmente modulabile tramite la regolazione del numero di giri della soffiante. Si è così passati da una potenza di 80 kW termici (consumo di cippato 20 kg/h) sino ad un massimo di circa 280 kW termici (consumo di 80 kg/h). Il rendimento termico è dell'ordine del 75-80%: potrebbe ovviamente essere migliorato, ad esempio dotando il gasogeno di opportuna coibentazione, assente nell'attuale prototipo: infatti le temperature del mantello (e le conseguenti dissipazioni termiche), misurate con termometro a radiazione infrarossa, sono risultate molto alte, superiori a 420 °C.

L'impianto è visibile in piena operatività nelle Foto riportate qui sotto. Esse corrispondono, e sono perciò da confrontare, con quelle già sopra viste, ma adesso l'impianto è in funzione: si noti l'assenza di fumosità, la pulizia di tutto l'ambiente circostante e la fiamma che è quasi invisibile. Si vedano ulteriori dettagli, a tal riguardo, nei 2 video accessibili ai link seguenti:

<https://drive.google.com/file/d/14ddKp-NnOdOUbV3roW57le6AvvOkllg/view?usp=sharing>

<https://drive.google.com/file/d/1u9x1bNLrvJWrCye968MpCfaYii1TVJhc/view?usp=sharing>

Gasogeno Tecnoforest in piena operatività per la produzione continua di syngas. La fiamma è accesa, ma, essendo molto pulita, risulta in pratica invisibile. La potenzialità termica è attorno ai 250 kW.





Gasogeno Tecnoforest in funzione al 40% della potenza (circa 120 kW, foto a sinistra) e a piena potenza (circa 280 kW, foto qui sopra).

2.3 Sviluppi innovativi: produzione di idrogeno 'green'

Dopo aver conseguito, e verificato con diverse prove continuative, la affidabile operatività del gasogeno Tecnoforest, alimentato da cippato di legno, nel produrre un flusso di syngas estremamente pulito e a buon contenuto energetico (come dimostrato dalla potenzialità della fiamma che ha raggiunto i 280 kW termici) si è passati, se pur in via del tutto preliminare, a sperimentare la possibilità di incrementare la concentrazione di idrogeno, e quindi anche il potere calorifico, del syngas prodotto. Come ben noto, tale concentrazione nei processi di gassificazione 'ad aria' alimentati da cippato di legno, può variare da un minimo del 12 a un max del 18%. Misure se pur approssimative, da noi effettuate con un semplice misuratore 'tascabile' (prodotto cinese) di H_2 durante le prove sopra discusse, hanno indicato livelli di concentrazione all'interno di quel range. Tali livelli potrebbero essere aumentati passando dalla gassificazione 'ad aria' a quella 'ad O_2 ' ma con costi, impiantistici e operativi, del tutto proibitivi (liquefazione dell'aria).

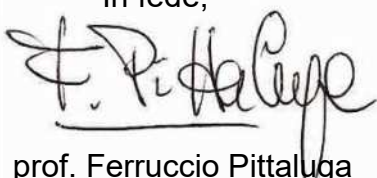
Si è allora indagata sperimentalmente la possibilità di incrementare le concentrazioni di H_2 nel syngas alimentando il gasogeno con un mix di cippato (p.c.i. sui 19 MJ/kg) e di biochar (p.c.i. ben più elevato, sui 28 MJ/kg). L'obiettivo, invero ambizioso, è quello di conseguire temperature di gassificazione così elevate (superiori a 1150 °C) da indurre la dissociazione dell' H_2O e quindi passare dalla gassificazione 'a gas d'aria' a quella 'a gas d'acqua' decisamente più energetica, a fronte di concentrazioni di H_2 dell'ordine del doppio, e anche più, di quelle sopra indicate.

Ebbene, le prime prove effettuate con un mix di cippato (50%) e biochar (50%) hanno fornito risultati estremamente interessanti, che si possono sintetizzare nei seguenti punti:


- Il processo di gassificazione appare parecchio più energetico, con fiamma talmente calda da indurre ondulazioni termiche (dell'indice di rifrazione dell'aria) con 'numeri d'onda' (cioè frequenze spaziali) così alti da non poter venire osservati; questo fenomeno, tipico delle fiamme 'ad idrogeno', è indice della presenza di questo elemento in concentrazioni molto elevate; ciò rende il syngas ancora più adatto ad utilizzi energetici efficienti, inclusi gli impianti cogenerativi
- Le temperature di fiamma misurate con un sensore ad irraggiamento (anch'esso semplice e 'tascabile') sono apparse superiori alle soglie strumentali di misura, mentre le temperature del mantello del gasogeno hanno sfiorato i 500 °C
- Tali osservazioni lasciano ipotizzare che, incrementando ulteriormente la percentuale di biochar nel mix di alimentazione fino al 100% (cioè solo carbonella), si dovrebbe senz'altro entrare nel regime di gassificazione 'a gas d'acqua' con percentuali di H₂ nel syngas attorno al 40%, tali da renderne semplice la sua separazione, ad esempio grazie ad adsorbimenti/desorbimenti su letti di zeoliti; tale modalità di produzione di 'green H₂' risulterebbe più efficiente ed economica della modalità standard, basata sull'elettrolisi dell'acqua, indicando come, almeno in questo caso, i processi foto-sintetici si dimostrino vincenti rispetto a quelli foto-voltaici.

Cordiali saluti.

Savona, 04/09/2022

In fede,

prof. Ferruccio Pittaluga
Presidente Tecnoforest

Sanremo, 12/09/2022

Per accettazione,

Dott. Andrea Copetta
CREA - OF

Responsabile del progetto Alpimed INNOV

CONTRATTO PER L’AFFIDAMENTO DEL SERVIZIO DI INDIVIDUAZIONE DI INNOVAZIONI DESTINATE ALL’EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLE SERRE E AL RISPARMIO DELLE RISORSE IDRICHE NELLE AZIENDE DI MONTAGNA, ESPLORANDO LE MODALITÀ DI UTILIZZO INNOVATIVO DELLE BIOMASSE FORESTALI APPLICABILI DA PARTE DI MICRO E PICCOLE IMPRESE.

Riferimenti:

Bando CREA Prot. n. 0006698 del 27/01/2021

CIG: ZA330368ED; CUP: H51B18000330007

REPORT SULLE POTENZIALITA’ DI UTILIZZO DEI GASOGENI TECNOFOREST

1. Premessa

A conclusione delle attività sperimentali condotte, durante i due anni di durata del Contratto in oggetto, congiuntamente dai tecnici Tecnoforest e CREA, vale la pena riassumere i risultati ottenuti, che sono stati positivi, e trarre per l'immediato futuro le possibili applicazioni della ricerca sviluppata.

Si può intanto affermare che tali applicazioni sono ora viste come possibili grazie alle esperienze maturate 'sul campo' nonché in virtù di una tecnologia che si è dimostrata del tutto affidabile nel suo funzionamento e versatile nelle sue applicazioni.

Il presente Report passerà quindi, sinteticamente, in rassegna risultati e prospettive suddivisi nei due ambiti che, in base al Contratto, hanno caratterizzato l'iniziativa, e cioè:

- Produzione di biocarbonella (biochar) da cippato di matrici legnose ovvero da trinciato di altro materiale vegetale attraverso un processo di gassificazione termica (intermittente) innovativo
- Produzione di energia tramite il gas combustibile (syngas) sviluppato dallo stesso processo di gassificazione ma questa volta reso operativo in modo continuo; questa strategia verrà integrata anche da una proposta di possibile evoluzione verso la produzione di idrogeno.

2. Produzione di biochar ed economia circolare

Il gasogeno Tecnoforest che è stato impiegato per la produzione di biochar è caratterizzato da estrema semplicità, grande robustezza e affidabilità operativa. Si può definire, anche a fronte della sua economicità, una 'tecnologia rurale' pronta per una diffusa penetrazione presso aziende agricole e agro-forestali, anche molto piccole ed operanti in contesti di montagna, ai fini di:

- Valorizzare il legname dei boschi convertendolo in un prodotto capace di migliorare i terreni agricoli in termini di ritenzione di umidità e di nutrienti, rendendoli più 'leggeri' ed ossigenati, incentivando gli scambi cationici ed il contenuto di C (per apporto diretto) e di N (qui è indiretto, grazie all'adsorbimento di ioni NH_4 ed al contrasto alle emissioni di N_2O) nel terreno nonché sequestrando inquinanti, a partire dai metalli pesanti, nel caso di loro presenza



Gasogeno SynChar nell'officina Tecnoforest e al primo montaggio presso CREA



***Gasogeno SynChar in funzionamento presso CREA.
Notare la pulizia della fiamma.***



***Biochar prodotto con cippatino
Tecnoforest (castagno, faggio)***



Trinciato arbustivo predisposto presso CREA e sua conversione in biochar



Biochar Tecnoforest da cippatino di olmo siberiano e magaleppo



Biochar da cippato legnoso e da trinciati arbustivi prodotti presso CREA

- Assegnare alle aziende agro-forestali una valenza di grande importanza strategica a livello globale, ed altresì una fonte di reddito appena saranno quotati (e ciò sembra imminente) i crediti di carbonio, quale quella derivante dal contenimento dell'effetto serra grazie al sequestro, per parecchie centinaia di anni, del carbonio atmosferico operato dal biochar



'Carbon farming' in azienda agricola nei pressi di Cortona, Arezzo.

Fig. 5 - POTENZIALE GLOBALE RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA (mld. tonn. CO₂eq/anno)



Fonte: elaborazione Carbon Brief su dati Bossio et al. (2020).

Potenzialità del biochar nel contrastare gli effetti climatici: quasi pari alla riforestazione!!

- Fornire una alternativa intelligente al semplice smaltimento dei residui agricoli non legnosi grazie alla loro gassificazione termica e conversione in fertilizzanti mineralizzati di grande valore agronomico; prerogativa di tali residui, anche orticoli e floricoli, a differenza di quelli legnosi, è la presenza di componenti azotate che producono un biochar decisamente più biodegradabile, una volta immesso nel terreno, rispetto al biochar legnoso, ma, proprio per questo, capace di fertilizzare il substrato tramite apporto diretto di nutrienti e di preziosi micro-minerali.



Pannocchia di mais attornata dalle brattee (cartoccio)



Pannocchie essiccate e trebbiate (tutoli)

Brattee essiccate (cartocci)



Biochar da tutoli di mais (sul davanti) e da cartocci (in secondo piano)

- Garantire comunque, se pur in modo discontinuo, un apporto di energia termica, grazie al syngas energetico rilasciato durante il ciclo di gassificazione, che, acceso in corrispondenza dell'ugello superiore del gasogeno, è in grado di produrre una fiamma che va a lambire, dal basso, lo scambiatore di calore di un semplice bollitore ad acqua calda così da riscaldare ambienti abitativi, serre o magazzini. Se poi si volesse dotare il circuito di opportuni serbatoi di accumulo, magari collegati anche a qualche pannello solare termico, allora la capacità di riscaldamento crescerebbe in potenzialità e continuità, visto che verrebbe garantito l'apporto termico anche quando l'irraggiamento solare fosse assente o insufficiente



Rendering fotografico di un possibile abbinamento gasogeno-bollitore effettuato tramite semplice sovrapposizione di quest'ultimo al bruciatore a syngas del gasogeno. La fiamma va così a lambire il fascio tubiero del boiler. Con questa disposizione si riesce a produrre in modo combinato biochar ed energia termica a costi estremamente bassi. Invece, per la produzione continuativa di energia termica, ma senza biochar, si veda al capitolo seguente.

3. Produzione di energia

Dopo aver apportato alcune opportune varianti, lo stesso processo di gassificazione sopra discusso ha dimostrato una efficiente ed affidabile applicabilità anche alla produzione continuativa di energia termica da venire impiegata, ad esempio, per il riscaldamento ambientale, nonché di magazzini, serre ed essiccatoi. Utilizzi ulteriori del processo possono essere quelli della cosiddetta concimazione carbonica delle serre nonché la produzione di idrogeno 'verde', come qui di seguito sarà ora descritto.

A tal fine, il gasogeno **SynChar** è stato sottoposto ad una serie di interventi tecnologici tra i quali:

- installazione di una soffiante centrifuga per l'alimentazione continua di aria di processo,
- sostituzione dell'ugello superiore con un condotto 'a biforcazione', atto a convogliare a distanza il syngas tramite collegamento con opportuna tubazione mentre il ramo verticale, grazie ad una tramoggia superiore, consente periodicamente di effettuare l'alimentazione del cippato o per gravità ovvero tramite carrello elevatore
- dotazione dell'impianto di un bruciatore premiscelato ('air premixing', anch'esso disegnato e realizzato da Tecnoforest) da venire montato all'estremità della tubazione del syngas, ai fini di conseguire una fiamma estremamente pulita, addirittura più di quanto si possa ottenere con bruciatori standard a gas naturale.

Le Foto seguenti presentano il gasogeno così come convertito alla produzione continua di syngas (e perciò di energia termica pulita) conseguita grazie ai dispositivi tecnologici sopra discussi. Il suo nome è **SynBurner**. Il suo residuo solido è un po' di cenere mineralizzata, peraltro di interesse agronomico come apportatrice di Ca, K, P, Mg: il C è qui assente, perché tutto convertito nel syngas.



***Gasogeno Tecnoforest SynBurner atto alla produzione continua di energia termica.
Vista d'insieme dell'impianto montato sulla piazzuola dedicata presso CREA***



Bruciatore premiscelato per la combustione del syngas

Il funzionamento dell'impianto è continuo e affidabile, con una fiamma estremamente stabile e pulita. Vale la pena ricordare che il processo di combustione del syngas, in particolare in un bruciatore premiscelato, è detto 'omogeneo' (combustibile e comburente sono entrambi in fase gassosa) contrariamente al caso della combustione 'eterogenea' (solido-gas) del legno o del cippato legnoso in aria. Tutti i processi eterogenei sono altamente inquinanti, in particolare per la inevitabile produzione di particolato, sia visibile (fumosità) sia invisibile (polveri sottili). E' questo il motivo per cui sempre più Regioni in Nord Italia vietano l'utilizzo di caldaie, caminetti e stufe a legna. Con **SynBurner**, la potenzialità della fiamma è facilmente modulabile tramite la regolazione del numero di giri della soffiante. Si passa così da una potenza di 80 kW termici (consumo di cippato 20 kg/h) sino ad un massimo di circa 280 kW termici (consumo di 80 kg/h). Il rendimento termico è dell'ordine del 75-80%: potrebbe ovviamente essere migliorato, ad esempio dotando il gasogeno e tutto l'impianto di opportuna coibentazione, assente nell'attuale prototipo. Ciò si riflette purtroppo in elevate temperature esterne del mantello (e dissipazioni termiche), superiori a 420 °C.

L'impianto è visibile in piena operatività nella Foto riportata qui sotto: si noti l'assenza di fumosità, la pulizia di tutto l'ambiente circostante e la fiamma che è quasi invisibile. Si vedano ulteriori dettagli, a tal riguardo, nei 2 video accessibili ai link seguenti:

<https://drive.google.com/file/d/14ddKp-NnOdOUbV3roW57le6AvvOkIlg/view?usp=sharing>

<https://drive.google.com/file/d/1u9x1bNLrvJWrCye968MpCfaYii1TVJhc/view?usp=sharing>

Gasogeno SynBurner in piena operatività per la produzione continua di syngas. La fiamma è accesa, ma, essendo molto pulita, risulta in pratica invisibile. La potenzialità termica è attorno ai 250 kW.

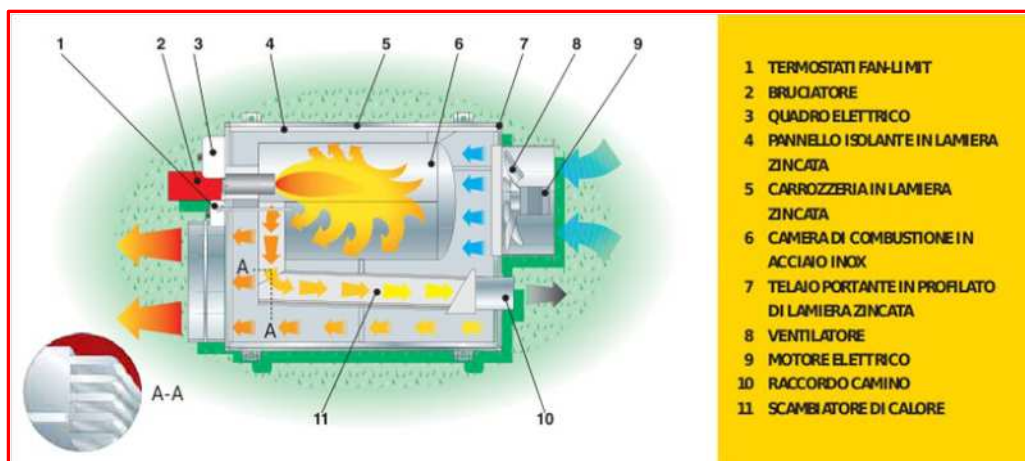


Esattamente la configurazione dell'impianto **SynBurner** appena vista, una volta che sia dotata di caricatore automatico di cippato e di maggiore estensione del tubo di alimentazione del syngas al bruciatore premiscelato, consentirà di posizionare quest'ultimo direttamente all'interno della vicina serra per incrementare significativamente la concentrazione di CO₂ nell'aria ambiente. La conseguente 'concimazione carbonica' delle colture che ne risulterà (da condursi esclusivamente in presenza di buon irraggiamento solare) non sarebbe concepibile ove la fiamma provenisse da una normale combustione su griglia di un solido come il cippato, per via degli inquinanti, gassosi e particolati, che si concentrerebbero nella serra.

Al di là del più diffuso riscaldamento ad acqua calda, l'alternativa, solo un po' meno praticata, di riscaldare 'a gas' (nel nostro caso 'a syngas'), ma con aria pulita, le serre o i magazzini ovvero gli essiccatoi, comporta il ricorso all'utilizzo di **aerotermini** ove il syngas viene alimentato ad una camera di combustione (dotata di camino per lo scarico esterno dei gas combusti) che riscalda tramite fascio tubiero una corrente d'aria pulita introdotta da un ventilatore: nelle foto che seguono si vedono sia il funzionamento di un aerotermino che diverse sistemazioni nell'ambito di serre agricole o floricole.

Aerotermino a syngas per riscaldare con aria pulita una grossa serra floricola.





Schema funzionale di aerothermo ad aria calda pulita.



Riscaldamento serre ad aria calda

4. Sviluppi innovativi: produzione di idrogeno 'green'

Dopo aver conseguito, e verificato con diverse prove continuative, la affidabile operatività del gasogeno Tecnoforest, alimentato da cippato di legno, nel produrre un flusso di syngas estremamente pulito e a buon contenuto energetico (come dimostrato dalla potenzialità della fiamma che ha raggiunto i 280 kW termici) si è passati, se pur in via del tutto preliminare, a sperimentare la possibilità di incrementare la concentrazione di idrogeno, e quindi anche il potere calorifico, del syngas prodotto. Come ben noto, tale concentrazione nei processi di gassificazione 'ad aria' alimentati da cippato di legno, può variare da un minimo del 12 a un max del 18%. Misure se pur approssimative, da noi effettuate con un semplice misuratore 'tascabile' (prodotto cinese) di H_2 durante le prove sopra discusse, hanno indicato livelli di concentrazione all'interno di quel range. Tali livelli potrebbero essere aumentati passando dalla gassificazione 'ad aria' a quella 'ad O_2 ' ma con costi, impiantistici e operativi, del tutto proibitivi (liquefazione dell'aria).

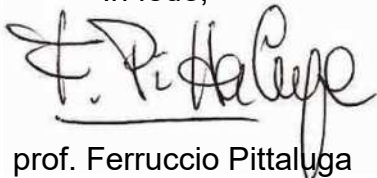
Si è allora indagata sperimentalmente la possibilità di incrementare le concentrazioni di H_2 nel syngas alimentando il gasogeno con un mix di cippato (p.c.i. sui 19 MJ/kg) e di biochar (p.c.i. ben più elevato, sui 28 MJ/kg). L'obiettivo, invero ambizioso, è quello di conseguire temperature di gassificazione così elevate (superiori a 1150 °C) da indurre la dissociazione dell' H_2O e quindi passare dalla gassificazione 'a gas d'aria' a quella 'a gas d'acqua' decisamente più energetica, a fronte di concentrazioni di H_2 dell'ordine del doppio, e anche più, di quelle sopra indicate, il tutto con il vantaggio di avere ben minori concentrazioni di N_2 (idealmente fino a zero) essendo O_2 fornito dall'acqua e non più dall'aria.

Ebbene, le prime prove effettuate presso CREA con un mix di cippato (50%) e biochar (50%) hanno fornito risultati molto interessanti, che si possono sintetizzare nei seguenti punti:

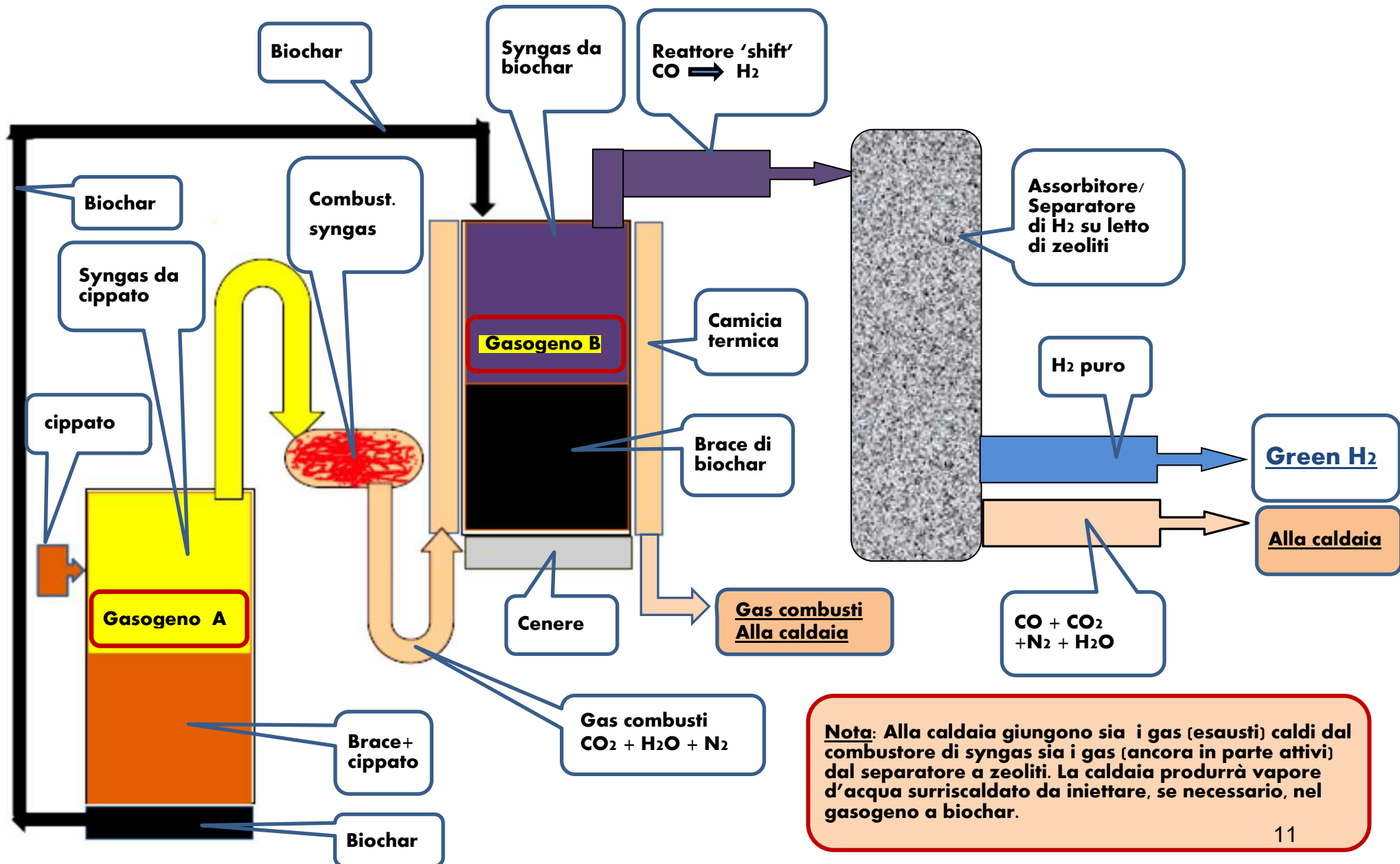
- Il processo di gassificazione appare parecchio più energetico, con fiamma talmente calda da indurre ondulazioni termiche (dell'indice di rifrazione dell'aria) con 'numeri d'onda' (cioè frequenze spaziali) così alti da non poter venire osservati; questo fenomeno, tipico delle fiamme 'ad idrogeno', è indice della presenza di questo elemento in concentrazioni molto elevate; ciò rende il syngas ancora più adatto ad utilizzi energetici efficienti, inclusi gli impianti cogenerativi
- Le temperature di fiamma misurate con un sensore ad irraggiamento (anch'esso semplice e 'tascabile') sono apparse superiori alle soglie strumentali di misura, mentre le temperature del mantello del gasogeno hanno sfiorato i 500 °C
- Tali osservazioni lasciano ipotizzare che, incrementando ulteriormente la percentuale di biochar nel mix di alimentazione fino al 100% (cioè solo carbonella), si dovrebbe senz'altro entrare nel regime di gassificazione 'a gas d'acqua' con percentuali di H₂ nel syngas attorno al 40%, tali da renderne semplice la sua separazione, ad esempio grazie ad adsorbimenti/desorbimenti su letti di zeoliti; tale modalità di produzione di 'green H₂' risulterebbe più efficiente ed economica della modalità standard, basata sull'elettrolisi dell'acqua, indicando come, almeno in questo caso, i processi foto-sintetici si dimostrino vincenti rispetto a quelli foto-voltaici. Si veda, a riguardo, una ipotesi di schema di impianto riportata (come allegato) alla pagina successiva.

Cordiali saluti.

Savona, 12/09/2022

In fede,

prof. Ferruccio Pittaluga
Presidente Tecnoforest

IPOTESI DI IMPIANTO A 'CICLO INTEGRALE' DA CIPPATO A IDROGENO VERDE



Characterization of biochar produced from pruning residues of different species for use in vegetable and flower production.

A. Copetta¹, O. Arimondo¹, F. Pittaluga², C. Mascarello¹, P. Mussano¹, B. Ruffoni¹

¹CREA - Research Centre for Vegetable and Ornamental Crops, Corso Inglesi 508, 18038 Sanremo (IM) Italy;

²Technoforest srl - via Piave 50/2, 17019 Varazze (SV) Italy

Contact: andrea.copetta@crea.gov.it

INTRODUCTION AND AIM

Biochar can be used as soil or substrate conditioner as it guarantees the supply of micro-and macronutrients; thanks to the high porosity it improves soil aeration, water absorption capacity and guarantees a habitat for the development of beneficial microorganisms. The **AIM** of this work is to clarify the effect of different biochar, produced from a set of different pruning residues, on the germination rate and growth of vegetables and flowers compared to industrial wood chips consisting of beech, chestnut and birch mixture (bcb).

MATERIAL AND METHODS

Biochar production

Wood chips from different feedstocks



- ❖ industrial (bcb)
- ❖ laurel (lau)
- ❖ privet (pri)
- ❖ lentisk (len)
- ❖ rosemary (ros)

4 Kg



Pyrolysis at 500-700 °C
Gas generator (Technoforest)

biochar



bcb
lau
pri
len
ros

Weight loss analysis

Germination test



Perlite or perlite and biochar mix

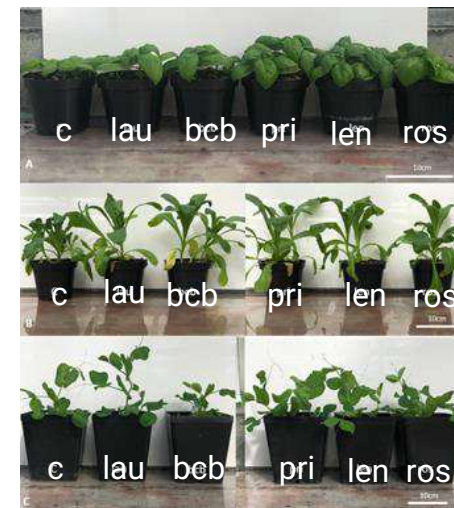
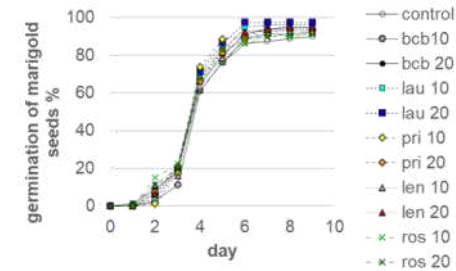
- ❖ basil and marigold seeds
- ❖ biochar (10%) or (20%)
- ❖ test for each biochar
- ❖ 23 °C in the dark
- ❖ daily observation
- ❖ root length (9 days)

Plant cultivation

- ❖ basil, marigold and pea
- ❖ plastic pots filled with
 - peat and pumice substrate (control)
 - or same substrate plus biochar (20 %)
- ❖ 1 month in greenhouse
- ❖ morphological and weight analysis

RESULTS

Feedstocks	Weight loss (%)
bcb	80,56 ± 1,69
lau	83,96 ± 0,26
pri	85,81 ± 1,53
len	77,80 ± 1,65
ros	78,94 ± 5,32



- ❖ 90 to 98% of seeds germinated (no differences)
- ❖ some biochar stimulate root elongation
- ❖ basil, marigold, and pea pot culture showed few significant differences
- ❖ biochar prepared from pure woody raw material can be used as a culture media additive to replace peat at least partially.

FUTURE PROSPECTS

- ❖ biochar chemical analysis
- ❖ test higher percentages of biochar in the culture substrate
- ❖ test the biochar with different cultures

