

## **Task 5.6: Centro dimostrativo CREA-ING: Filiera energetica biomasse biogas/biometano: Utilizzo della biomassa e qualità delle emissioni dei sistemi di combustione nell'utilizzo del biogas/biometano, syngas e della biomassa**

### ***5.6.1 Breve stato dell'arte e riferimenti alla valenza di innovazione scientifica, economica e sociale dell'azione (max 1 pagina)***

Il centro dimostrativo all'interno del CREA-ING di Monterotondo tiene conto del nuovo D.M. sulle Energie rinnovabili (n.28 del 6 luglio 2012) che favorisce i piccoli impianti di micro generazione alimentati a sottoprodotti di origine biologica per almeno il 70% in peso dell'alimentazione complessiva. Il precedente D.M. sulle rinnovabili del 18/12/2008, il cui meccanismo di incentivazione era basato sulla Tariffa Onnicomprensiva, in alternativo ai Certificati Verdi. Tale meccanismo stabiliva per gli impianti qualificati IAFR (impianto alimentato da fonti rinnovabili), la cui potenza nominale media annua non superiore ad 1 MWe, un valore di 0.28 €/kWe per un arco temporale pari a 15.

Il nuovo D.M. sulle rinnovabili, come detto, favorisce gli impianti fino a 300kWe (vedi allegato 1 tab 1.1 del DM) alimentati a sottoprodotti di origine biologica (tab. 1-a del DM con particolare attenzione a quelli fino a 100 kWe nel caso di impianti biogas e di 200 kWe per gli impianti a biomasse; Questa tipologia di impianti ha diritto all'accesso diretto agli incentivi senza passare per il meccanismo delle aste e dei registri.

L'incentivo TO sarà dato dalla tariffa incentivante base + l'ammontare degli eventuali premi, come ad esempio il funzionamento in assetto CAR (cogenerazione ad alto rendimento), riduzione CO<sub>2</sub> (requisiti di emissione in atmosfera), recupero azoto (almeno del 40%) per produrre fertilizzanti etc. La caldaia da 350 kW<sub>t</sub> a griglia mobile (generatore di vapore, acqua calda e aria calda ad alta temperatura), presente all'interno del CREA-ING, per la produzione di energia termica e/o elettrica (turbo gruppo a vapore) e/o vapore del CREA-ING e l'annesso laboratorio L A S - E R - B (Laboratorio Attività Sperimentali– Energia Rinnovabile – da Biomasse) costituiscono il cuore del centro dimostrativo.

Il biocombustibile solido in ingresso, prima del suo utilizzo in caldaia, verrà analizzato e caratterizzato utilizzando le attrezzature presenti nel laboratorio L A S - E R - B (Laboratorio Attività Sperimentali – Energia Rinnovabile – da Biomasse) che permettono di determinarne le caratteristiche chimico/fisiche salienti della biomassa in ingresso tra le quali: umidità relativa (U), potere calorifico superiore e inferiore (PCS e PCI), l'analisi elementare (H, C, N, S), il contenuto in metalli, il residuo di ceneri e il relativo punto di fusione. Inoltre il laboratorio analitico è dotato della strumentazione idonea allo studio delle emissioni al camino che consentono di effettuare l'analisi quali-quantitativa dei macroinquinanti e microinquinanti presenti nelle emissioni gassose.

### ***5.6.2 Profilo ed esperienza dei proponenti e partecipanti in relazione all'attività (riportare anche max 5 pubblicazioni in totale) (max 1 pagina)***

#### **Task leader:**

**Francesco Gallucci** - UO CREA-ING, (vedi Paragrafo 1.8, pag. 22).

#### Partecipanti:

**Luigi Pari** - UO CREA-ING, (vedi Task 2.3).

**Corrado Costa** - UO CREA-ING, (vedi Task 1.4).

**Daniele Pochi** - UO CREA-ING, (vedi Paragrafo 1.8, pag. 21).

**Claudio Fabbri** - UO CRPA, (vedi Task 5.4).

Collaborazioni esterne:

- Lorenzo Maggioni - CIB, laureato in Scienze Agrarie e dottore di ricerca in Ecologia Agraria. Responsabile del Settore Ricerca e Sviluppo del Consorzio Italiano Biogas. Referente dei progetti Europei GreenGasGrids (Boosting the European market for biogas production, upgrade and feed-in into the natural gas grid) e BIOSURF (BIOMethane as SUstainable and Renewable Fuel). Membro del Gruppo di Lavoro del Comitato Italiano Gas “Mandato M475 EU - Biomethane”, Gruppo di Lavoro per il Biometano del Consorzio Italiano Biogas, Gruppo di Lavoro “Progetto Rete LNG”, Interporti; Comitato di Redazione della rivista “Biogas Informa”. Partecipa a numerosi corsi e convegni nazionali ed internazionali in qualità di relatore. Autore di numerosi articoli tecnico – divulgativi sul tema biogas e biometano su riviste di settore.

- Carlo Pieroni - CIB, laureato in biotecnologie industriali e molecolari presso l’Università di Bologna. Ha conseguito un master post laurea in International Master on Bioenergy and Environment (IMES) presso l’Università di Firenze. Ha effettuato uno stage lavorativo presso un impianto biogas come gestore dell’aspetto biologico dell’impianto. Attualmente lavora nell’area Ricerca e Sviluppo del Consorzio Italiano Biogas e sta partecipando al progetto europeo H2020 BIOSURF (BIOMethane as SUstainable and Renewable Fuel).

- Ettore Guerriero - CNR-IIA (Istituto Inquinamento Atmosferico del CNR, Roma), Ricercatore esperto di analisi chimiche e di emissioni inquinanti, produzione di biogas e upgrading a biometano

- Valerio Paolini - CNR IIA, nato a Roma l’11 Giugno 1988, si è laureato in Chimica Analitica (Laurea Magistrale) nel 2012 sotto la supervisione del prof. Alessandro Bacaloni e del dr. Ettore Guerriero. È dottorando in Scienze Chimiche alla Sapienza Università di Roma, e lavora come assegnista di ricerca presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto sull’Inquinamento Atmosferico (CNR-IIA). I suoi interessi di ricerca riguardano principalmente l’impatto sulla qualità dell’aria delle biomasse e delle bioenergie. Ha partecipato al progetto di ricerca “Bio GAME” (finanziato dalla Regione Lazio, Filas-CR-2011-1148), durante il quale ha sviluppato un metodo per la purificazione e l’upgrading del biogas a biometano, utilizzando gli scarti di tufo dell’industria edilizia. Si occupa inoltre degli artifacts nel campionamento di composti organici semivolatili, ed ha presentato una domanda di brevetto internazionale (WO 2014/049522, insieme con il dott. Ettore Guerriero), riguardante un metodo di campionamento simultaneo di inquinanti in fase vapore e particolato. È membro proponente del progetto “Grin BOX”, una start-up per il monitoraggio ed il controllo della qualità dell’aria indoor, finanziato dal Ministero Italiano dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca (Bando “Smart Cities and Communities and Social Innovation”, Avviso n. 391 / RIC 5 Luglio 2012).

- Paolo Benedetti - CNR-IIA, è nato a Tivoli (Roma) il 23 settembre 1986, si è laureato in Chimica Analitica (Laurea Magistrale) nel gennaio 2012 sotto la supervisione della prof.ssa Francesca Buiarelli de “La Sapienza” Università di Roma e del dr. Mauro Rotatori dell’Istituto sull’Inquinamento Atmosferico del CNR. È assegnista di ricerca presso l’Istituto sull’Inquinamento Atmosferico dal 2012 e la sua attività di ricerca è incentrata sull’analisi di microinquinanti organici in aria-ambiente e alle emissioni. Nello specifico si occupa dello sviluppo di nuovi metodi di campionamento, purificazione e analisi di inquinanti organici noti ed emergenti. Il campo di applicazione della sua attività di ricerca va dai composti organici volatili ai composti organici semivolatili. Oltre all’analisi di emissioni industriale di aria ambiente si è occupato anche dell’analisi di solidi (terreni, fanghi, rifiuti, biota...) e di acque. Ha partecipato a numerose campagne di misura per la valutazione della qualità dell’aria in alcune città italiane (Trieste, Ferrara, Gela, Monfalcone...) e delle emissioni di inceneritori, impianti di sinterizzazione, cementifici, centrali a carbone e a biomassa.

- Danilo Monarca - UniTuscia DAFNE, Prof. Ing. Danilo Monarca (Viterbo, 8/4/1957 - monarca@unitus.it). Prof. Ordinario di Meccanica Agraria (s.s.d. AGR/09), presso l'Università della Tuscia. Presidente della A.I.I.A (Associazione Italiana di Ingegneria Agraria), per il quadriennio 2014-2017. Membro dell'Accademia dei Georgofili, del Club di Bologna e dell'Accademia Nazionale di agricoltura, si occupa da oltre 30 anni di Meccanizzazione agricola e forestale, di Sicurezza del Lavoro in agricoltura e di Utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. Coordinatore di numerosi progetti di ricerca nazionali ed internazionali, fa parte di diversi tavoli di lavoro del MiPAAF ed ha ricoperto numerosi incarichi accademici ed istituzionali. È autore di oltre 270 lavori a stampa e di tre brevetti (54 documenti sulla banca dati Scopus, h-index 8).
- Massimo Cecchini - UniTuscia DAFNE, Professore Associato per il settore concorsuale 07/C1 (Ingegneria Agraria, Forestale e dei Biosistemi) settore scientifico disciplinare AGR/09 (Meccanica agraria) presso il Dipartimento DAFNE dell'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo. Coordinatore del Corso di Dottorato di Ricerca in "Ingegneria dei Sistemi Agricoli e Forestali". Responsabile tecnico del "Laboratorio di Ergonomia e Sicurezza del Lavoro" dell'Università degli Studi della Tuscia. Relatore di oltre 80 tra tesi di laurea e di dottorato. Autore di oltre 200 lavori a stampa su riviste e atti di convegno nazionali e internazionali. Dati Bibliometrici: H index 7 - RG score 22.93 (my score is higher than 75% of ResearchGate members).
- Andrea Colantoni - UniTuscia DAFNE, ricercatore confermato a tempo indeterminato per il settore disciplinare AGR09. Dottore di ricerca in Meccanica Agraria XIX° ciclo con tesi "Studio e sviluppo di tecnologie innovative applicabili a piccole e medie imprese, per l'utilizzo di risorse energetiche rinnovabili, con tematiche sulla gassificazione di biomasse tramite impianti di piccola scala e sulla digestione anaerobica. Conseguimento dell'Abilitazione scientifica nazionale come Professore di II° Fascia nel macrosettore 07/C1 "Ingegneria Agraria, Forestale e dei Biosistemi". Master post lauream in "Risorse Organiche Rinnovabili non convenzionali" svolto presso il Dipartimento di Produzione Vegetale della Facoltà di Agraria di Milano. È autore di oltre 130 pubblicazioni a stampa su riviste e atti di convegno nazionali e internazionali. Dati Bibliometrici: H index 7 - RG score 25.24 (my score is higher than 80% of ResearchGate members).
- Simone Di Giancinto - UniTuscia DAFNE, dottore di Ricerca in Ingegneria dei Sistemi Agrari e Forestali; ha discusso una tesi riguardante il recupero a fini energetici dei residui agricoli, presso il dipartimento DAFNE dell'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo. Ha conseguito la Laurea specialistica in Scienze e Tecnologie Agrarie con voto 110\110 lode. È attualmente borsista nell'ambito del progetto MiPAAF AGRES, riguardante la valorizzazione energetica dei residui di potatura del nocciolo, ottimizzazione degli aspetti qualitativi, organizzativi. Dati Bibliometrici: H index 3 - RG score 8.05 (my score is higher than 35% of ResearchGate members).
- Leonardo Longo - UniTuscia DAFNE, laureato in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio presso l'Università degli Studi di Tor Vergata Roma con voto 110\110 e lode, svolgendo una tesi di laurea riguardante lo sviluppo di un gassificatore a letto fluido bollente per il recupero energetico di fanghi di cartiera. È attualmente impegnato in attività di ricerca riguardante il settore delle bioenergie, con particolare riferimento al recupero energetico della biomassa da processi termochimici. Dottorando di ricerca in Ingegneria dei Sistemi Agrari e Forestali presso l'Università degli Studi della Tuscia. Dati Bibliometrici: H index 3 - RG score 10.32 (my score is higher than 42,5% of ResearchGate members).
- Lavinia Maria Priscilla Delfanti - UniTuscia DAFNE, Laurea in Conservazione e Restauro dell'Ambiente Forestale e Difesa del Suolo presso l'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo con 110/110 e lode. Dottoranda presso il DAFNE in Ecosistemi e sistemi produttivi curriculum in Ingegneria dei Biosistemi.

### Pubblicazioni

- Boubaker K, De Franchi M, Colantoni A, Monarca D, Cecchini M, Longo L, Allegrini E, Di Giacinto S, Biondi P, Menghini G, 2015. Prospective for hazelnut cultivation small energetic plants

outcome in Turkey: Optimization and inspiration from an Italian model. *Renewable Energy*, 74, 523-527.

- Catrambone M, Canepari S, Perrino C, Benedetti P, Dalla Torre S, Rantica E, Sargolini T, 2014. Seasonal variations in the concentration of the principal components of the atmospheric particulate matter, poster per PM2014, May 20<sup>th</sup>-23<sup>th</sup> 2014.
- Colantoni A, Allegrini E, Boubaker K, Longo L, Di Giacinto S, Biondi P, 2013. New insights for renewable energy hybrid photovoltaic/wind installations in Tunisia through a mathematical model. *Energy conversion and management*, 75, 398-401.
- Fabbri C, Shams-Eddin S, Bondi F, Piccinini S, 2011. Efficiency and management of an anaerobic digestion plant fed with energy crop. *Ingegneria Ambientale*, 15, 29-40.
- Fabbri C, Mantovi P, Bonazzi G, Verzellesi F, 2006. La microirrigazione con liquami suini. *L'informatore Agrario*, 41, 75-81.
- Labartino N, Fabbri C, Piccinini S, 2014. Validation of real productive efficiency of five full scale biogas plants, Conference: 22<sup>nd</sup> European biomass conference and exhibition, Humburg.
- Maggioni L, 2013. Un gas dalle grandi prospettive. *Servizi a rete*, 6, 61-64.
- Maggioni L, 2013. La Francia punta sul biometano. *Terra e Vita*, 29-30, 13-15.
- Maggioni L, 2014. Paesi Bassi, incentivi al biometano solo se immesso nella rete. *Terra e Vita*, 4, 13-15.
- Maggioni L, 2015. Italian Biomethane RoadMap, GreenGasGrids Project. [http://www.greengasgrids.eu/fileadmin/greengas/media/Markets/Roadmaps/Italian\\_Biomethane\\_Roadmap.pdf](http://www.greengasgrids.eu/fileadmin/greengas/media/Markets/Roadmaps/Italian_Biomethane_Roadmap.pdf)
- Maggioni L, 2015. Biometano verso lo sblocco. *Terra e Vita*, 13, 2-3.
- Mantovi P, Fabbri C, Verzellesi F, Soldano M, 2008. La microirrigazione rende l'azoto più efficace. *Suinicoltura*, 6, 48-56.
- Monarca D, Colantoni A, Cecchini M, Longo L, Vecchione L, Carlini M, Manzo A, 2012. Energy characterization and gasification of biomass derived by hazelnut cultivation: analysis of produced syngas by gas chromatography. *Mathematical problems in engineering*, 2012.
- Mosca S, Benedetti P, Guerriero E, Rotatori M, 2014. Assessment of N<sub>2</sub>O emission from cement plants: real data measured with both FTIR and NDIR. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 64(11), 1270-1278.
- Mosca S, Benedetti P, Guerriero E, Tramontana G, Torelli GN, Rotatori M, 2011. Determination of hidden organochlorinated contaminants in environmental samples by GC-MS/MS. *Organohalogen compounds*, 73, 1363-1366.
- Tambone F, Adani F, Gigliotti G, Volpe D, Fabbri C, Provenzano MR, 2013. Organic matter characterization during the anaerobic digestion of different biomasses by means of CPMAS 13C NMR spectroscopy. *Biomass and Bioenergy*, 48, 111-120.

### **5.6.3 Obiettivi della task**

L'obiettivo generale della task è la realizzazione di un centro dimostrativo che tenga conto del D.M. sulle Energie rinnovabili (n. 28 del 6 luglio del 2012) che ha come cuore l'impianto di microgenerazione da 350 kW<sub>t</sub> (acqua calda a 80÷90°C per il teleriscaldamento), con produzione di EE (25 kW<sub>e</sub>) mediante un turbogruppo a vapore. Inoltre l'impianto è dotato di scambiatore di calore fumi/aria per la produzione di aria calda ad alta temperatura che può essere utilizzata per l'essiccazione della biomassa in ingresso. L'impianto è anche in grado di produrre vapore saturo fino a 1.2 MPa (circa 199°C).

Il laboratorio LAS-ER-B annesso all'impianto è indispensabile per la determinazioni delle caratteristiche chimico fisiche della biomassa in ingresso e il rilievo dei microinquinanti organici al camino dell'impianto a biomasse e allo scarico dei cogeneratori alimentati a biogas/biometano.

Obiettivi specifici della task 5.6:

La task si articola sulle due filiere principali inerente bioenergie: filiera energetica biogas/biometano e filiera energetica biomasse e prevede l'analisi tecnico economica degli impianti di produzione e dei sistemi di upgrading del biometano anche alla luce del DM 5 dicembre 2013. Si valuteranno, inoltre, gli effetti dei pretrattamenti meccanici sulla produzione del biogas e sulla qualità del digestato.

#### **5.6.4 Descrizione delle attività che saranno sviluppate nella task**

Attività 1: Qualità delle emissioni dei sistemi di combustione nel biogas/biometano e nella biomassa

La qualità delle emissioni gassose allo scarico dei cogeneratori, provenienti dalla combustione del biogas o del biometano, contengono degli inquinanti che dipendono sostanzialmente dalla tipologia impiantistica e dalla biomassa vegetale che alimenta il digestore.

Infatti i prodotti di combustione possono differire tra loro per quantità e per tipologia. Per quanto riguarda i Macroinquinanti (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, Polveri, CO<sub>2</sub>) si possono ottenere differenti rapporti di concentrazione in funzione dell'essenza vegetale o della frazione di pianta impiegata nella produzione del biogas. La tipizzazione vera e propria può essere effettuata andando ad analizzare i prodotti organici volatili e semivolatili incombusti, di natura biogenica, ed i prodotti organici volatili e semivolatili presenti nelle emissioni come prodotti da reazione di ossidazione incompleta (PICs) e per riarrangiamenti del materiale organico originario. È quindi importante conoscere la natura di tali composti al fine di valutare appieno tutte le potenzialità di utilizzo degli impianti. Al fine di determinare l'emissione di composti organici volatili (VOC) organici volatili (VOC) e dei composti organici semivolatili (SVOC) verrà impiegato per i VOC un GC-MS QQQ abbinato ad un sistema di desorbimento termico mentre per i SVOC si impiegheranno tecniche di clean-up cromatografico e successiva determinazione strumentale sempre mediante l'impiego del GC/MS/MS già in dotazione presso il CREA-ING. Le analisi saranno effettuate previo campionamento degli analiti su specifici treni di campionamento basati sulla filtrazione, condensazione e adsorbimento specifico degli analiti e successivamente verranno o direttamente eluiti o dopo step di arricchimento e purificazione determinati in GC-MS QQQ.

Tra gli analiti di interesse si annoverano composti aromatici tipicamente emessi nei processi di combustione quali benzene, toluene, etilbenzene, xilene (BTEX), alcoli, fenoli, acidi organici e composti carbonilici (aldeidi e chetoni).

Il sistema così costituito per la determinazione dei microinquinanti organici volatili si integra con il sistema già presente presso il CREA ING che prevede il rilievo in continuo dei macroinquinanti gassosi e del carbonio organico totale (TOC) costituito da strumentazione portatile (FID Ratfish RS 53,) e un analizzatore multiparametrico Horiba PG 250 per la misura mediante NDIR di CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> degli NO<sub>x</sub> attraverso la chemilumescenza e un sensore galvanico per la misura dell'O<sub>2</sub>, misura fondamentale per caratterizzare le emissioni e valutare la presenza di un eccesso o un difetto di Ossigeno rispetto a quello di riferimento. Ad integrazione verrà impiegato anche un MicroGC (Micro GC 3000 SRA Instruments) a 3 canali per le analisi dei gas inorganici ed organici presenti nel biogas. Inoltre un sistema di campionamento isocinetico è pensato per il prelievo dei fumi emessi dagli impianti. Questo campionamento consente il prelievo corretto delle polveri, dei microinquinanti organici (PCDD/F, PAH e PCB etc) e dei metalli con successiva determinazione, rispettivamente, per l'analisi gravimetrica e morfologica (SEM), analisi in GC/MS/MS e in ICP/MS, strumentazione presente nei laboratori CREA-ING.

Per stabilire i fattori di emissione, verranno presi in considerazione alcuni aspetti importanti quali la velocità del flusso d'aria in uscita dall'impianto e/o il tempo di residenza dei gas di scarico all'interno dell'ambiente di combustione. L'interazione con il personale coinvolto nella gestione dell'impianto suggerirà l'approccio migliore da attuare. Si prevede inoltre attività modellistica volta a stimare e prevedere le emissioni dei composti al variare delle condizioni di substrato e ambientali che portano a variazioni di generazione di biogas. Per quanto riguarda la combustione della

biomassa, sarà svolta una analisi della qualità del biocombustibile solido (principalmente cippato e pellet) che sarà confrontata con le caratteristiche delle emissioni gassose. Saranno utilizzati e confrontati più impianti di combustione (da 80 fino a 350 kW termici). Verranno studiate le emissioni degli impianti tal quali e successivamente saranno studiati e testati opportuni sistemi di abbattimento, ove necessario. Tale studio permetterà di studiare l'efficienza e l'economicità dei sistemi di abbattimento di cui sopra. Inoltre saranno studiati i benefici ambientali e energetici derivanti da sistemi di essiccazione della biomassa, basati su parte dell'energia prodotta durante la combustione. Tra i vari inquinanti emessi che verranno monitorati, saranno presenti: idrocarburi policiclici aromatici, policlorobifenili, diossine, composti organici volatili, metalli pesanti, polveri totali, monossido di carbonio, ossidi di azoto e zolfo. Inoltre, saranno monitorati alcuni indicatori della combustione di biomasse, tra cui il potassio e il levoglucosano.

#### Attività 2: Swot analysis sistemi di upgrading biometano

I nuovi schemi di incentivazione della produzione di biometano, definiti dal DM 5 dicembre 2013, hanno reindirizzato l'attenzione degli operatori di settore verso questa nuova opportunità imprenditoriale. Le caratteristiche operative dei diversi sistemi di upgrading e la loro compatibilità con gli impianti di produzione di biogas esistenti o nuovi in relazione all'utilizzo del biometano stesso (immissione in rete o vendita diretta), sono i principali elementi che indirizzeranno la scelta dell'imprenditore su una tecnologia piuttosto che su un'altra. L'attività si pone l'obiettivo di fare un'analisi dettagliata dell'applicazione delle diverse tecnologie (Swot analysis: punti di forza "Strengths", debolezza "Weaknesses", opportunità "Opportunities" e le minacce "Threats") in due casi di studio relativi ad un impianto esistente che amplia la sua capacità produttiva e di un impianto nuovo dedicato con l'obiettivo di valorizzare il biometano sia immesso in rete che ceduto come biocombustibile. Gli aspetti tecnici, operativi ed economici saranno gli elementi di valutazione principali dei due studi di fattibilità che verranno analizzati.

#### Effetto pretrattamenti meccanici: valutazioni reologiche, microscopiche e produttive

In Europa il biogas è una fonte di energia alternativa consolidata, in Italia circa 1700 impianti sono stati costruiti nel giro di 5 anni con una potenza elettrica installata complessiva di circa 1400 MWe. La sostenibilità sia economica che ambientale della digestione anaerobica nei nuovi impianti e negli impianti esistenti passa da un migliore utilizzo delle biomasse che siano di tipo dedicato o di recupero. Buona parte della ricerca di biomasse passa per il recupero e la valorizzazione di biomasse di tipo fibroso, sino ad ora poco utilizzate a causa delle elevate difficoltà connesse alla loro difficile degradabilità. L'individuazione di una o più tecniche di ottimizzazione dello sfruttamento della fibra è alla base di quasi tutte le tecniche di pretrattamento.

Tutti i prodotti fibrosi hanno una degradabilità parziale e fortemente dipendente dal contenuto di lignina, emicellulosa e cellulosa. I pretrattamenti meccanici per migliorare la produzione di biogas sono relativamente semplici da applicare e in genere ormai noti al settore. Tuttavia, sono ancora considerati un metodo costoso, dati i requisiti di alta energia richiesta, e i risultati ottenuti sono spesso difficilmente riconducibili all'effettiva efficacia del trattamento. Il concetto generale di pretrattamento meccanico è quello di migliorare l'accessibilità dei microrganismi alla materia organica aumentando l'area superficiale e riducendo la cristallinità della cellulosa. In questo modo, gli zuccheri monomerici sono idrolizzati più rapidamente e con rese elevate. Tuttavia vi sono altri aspetti che spesso non vengono considerati negli studi e nell'analisi dei benefici ottenibili: fra questi uno degli aspetti più importanti riguarda la capacità di questi sistemi di migliorare le caratteristiche reologiche dei pretrattamenti e di conseguenza sia i consumi di energia per la miscelazione dei digestori ma, soprattutto, l'omogeneità del digestato con conseguente ottimizzazione dell'efficienza microbica nel suo complesso.

La seguente linea di ricerca mira a chiarire l'efficienza dei diversi metodi di pretrattamento meccanici applicati su diverse matrici a carattere fibroso per incrementare la produzione di biogas e ottimizzare le caratteristiche idrauliche degli impianti di digestione anaerobica. I test saranno

effettuati su una tipologia di biomassa strutturalmente e significativamente differente per caratteristiche chimico-fisiche dalle matrici insilate classiche, con le seguenti tecnologie di trattamento fisico:

- mulini
- disgregatori frantumatori a catene
- estrusori
- bioacceleratori a impatto
- cavitazione

Alcune delle tecnologie citate hanno effetto diretto sul prodotto tal quale, altre su flussi con vettore liquido.

Ogni metodo di pretrattamento verrà valutato sia biochimicamente (determinazione del Potenziale Biochimico di Metano, BMP, per valutare sia la velocità di produzione di metano che la degradabilità dei solidi volatili e di conseguenza la frazione indegradabile) e reologicamente. Quest'ultimo aspetto comporta in primo luogo la determinazione dell'analisi granulometrica del prodotto, ad una dimensione particellare fino a 0,1mm, e successivamente una valutazione dei tessuti vegetali mediante microscopia elettronica a scansione (SEM) prima e dopo ogni metodo di pretrattamento. Il SEM è già presente nel laboratorio L A S - E R - B (Laboratorio Attività Sperimentali Energia Rinnovabile da Biomassa) del CREA-ING. Inoltre, nel presente lavoro verrà valutata anche la correlazione tra i risultati ottenuti dal protocollo standard di determinazione del BMP in confronto con altri metodi alternativi, quali la conducibilità elettrica (CE) e la determinazione del COD (Chemical Oxygen Demand) solubile in rapporto al COD massimo potenziale ottenuto con idrolisi.

I parametri analizzati permetteranno di valutare:

- consumi energetici e CO<sub>2</sub> di pretrattamento
- effetto sulle caratteristiche particellari alla dimensione microscopica con identificazione di un indice di superficie in grado di fornire valutazioni oggettive dell'efficacia del pretrattamento
- effetto di incremento di potenziale metanigeno
- valutazione delle caratteristiche reologiche e conseguenze sui sistemi di miscelazione
- potenziale applicazione negli impianti costruiti per valutare i miglioramenti ottenibili
- costi di trattamento

Attività 3: Biogas Monitoring System – BMS: sviluppo software per il monitoraggio degli impianti a biogas/ biometano.

Biogas Monitoring System – BMS”

Obiettivo del progetto “Biogas Monitoring System”, BMS, è lo sviluppo un software che consentirà il monitoraggio degli impianti a biogas e di effettuare una analisi predittiva delle possibili problematiche degli impianti.

I principali parametri di monitoraggio saranno:

- la valutazione della quantità e della qualità delle biomasse in ingresso;
- la qualità del processo di digestione anaerobica che prevede il monitoraggio dei parametri bioanalitici (quali pH, Temperatura, potenziale redox, acidi grassi volatili) , i dati di input delle biomasse e i potenziali metanigeni;
- la produzione del biogas, la composizione del biogas, la produzione di energia elettrica e termica.

Il sistema sarà in grado di raccogliere tutti gli allarmi generati dalla centrale a biogas, classificarli per area di competenze e gravità, gestire la comunicazione degli stessi attraverso una pluricanalità (Voice, SMS, Mail) tracciando le attività di risoluzione e il processo di escalation e mettendo in relazione l'evento con l'attività produttiva della centrale.

Il sistema avrà collegamenti a PC e Mobile Application, con un software in grado di raccogliere tutti i dati di processo sia in tempo reale che su base giornaliera e di rappresentare gli indicatori di processo attraverso grafici interattivi, dashboard e rapporti predefinitivi.

La centralizzazione dei dati di processo (meccanici, elettrici, biologici) dell'impianto o della serie di impianti, permetterà di agevolare la comunicazione tra gli asset tecnologici, i manager, il responsabile tecnico dell'impianto e di tutte le figure coinvolte nella gestione e nell'ottimizzazione dell'impianto come il biologo, il ricercatore e il fornitore di materia prima. Tale centralizzazione permetterà una gestione ottimizzata dell'impianto.

Il progetto prevede due fasi:

- Fase 1. Consentirà di pervenire all'organizzazione della raccolta dati, della visualizzazione grafica, della gestione degli allarmi e della reportistica.
- Fase 2. Consentirà, attraverso l'applicazione di algoritmi e inferenza statistica, di valutare le interazioni tra biomasse in ingresso e produzione di energia; di effettuare una analisi predittiva delle possibili problematiche basandosi sugli indicatori degli eventi di processo, dei dati statistici di problemi riscontrati in passato, ecc. (fault detection predittiva).

Attività 4: La gestione dei residui delle lavorazioni agroforestali in termini di sostenibilità ambientale ed economica.

La gestione dei residui delle lavorazioni agroforestali in termini di sostenibilità ambientale ed economica è da sempre un argomento di interesse nazionale ed europeo. Nel contesto italiano lo smaltimento di tali residui è stato da sempre considerato come attività illecita in quanto tali materiali erano considerati "rifiuti speciali" e dovevano essere smaltiti in maniera adeguata, non essendone ammessa, ai sensi di legge, la bruciatura in campo. Da agosto 2014, e nello specifico con l'entrata in vigore della legge 11 agosto 2014, n. 116, si ammette la combustione in loco dei residui vegetali di natura agricola e forestale, solo per determinati quantitativi giornalieri e per ettaro e in determinati orari. In molti casi questo, però, può significare la rinuncia ad una opportunità dal punto di vista dello sfruttamento a fini energetici della biomassa.

Le problematiche connesse alla mancata valorizzazione energetica di tali biomasse, alle quali vanno aggiunti i rischi di emissioni in atmosfera non controllate (oltre la CO<sub>2</sub> anche il particolato PM<sub>10</sub>, ecc.), nonché i costi derivanti dalle operazioni di bruciatura in campo<sup>89</sup>, possono avere impatti negativi in termini di sostenibilità ambientale ed economica.

Nell'ambito del progetto AGROENERGIE 2020 e nel work package 6, il gruppo di ricerca dell'Università degli Studi della Tuscia (Dipartimento DAFNE) intende collaborare per il perseguimento dei seguenti obiettivi: i) valorizzazione energetica dei residui delle lavorazioni agroforestali (potature, disboscamenti, ecc.); ii) sostenibilità ambientale ed economica per la produzione dei biocombustibili solidi ai fini energetici; iii) ottimizzazione dei processi di pretrattamento dei residui lignocellulosici dai punti di vista energetico ed economico; iv) utilizzo energetico alternativo dei residui agroforestali e impatto economico sui biocombustibili tradizionali; v) valutazioni economiche tramite metodologia "Life Cycle Assessment" (L.C.A.).

Ai fini del raggiungimento dei sopradescritti obiettivi si procederà alle seguenti attività: a) studio per la valorizzazione energetica del biotriturato prodotto da residui di lavorazione agroforestale e confronto energetico ed economico con i biocombustibili tradizionali (cippato e pellet); b) caratterizzazione chimico-fisica del biotriturato in laboratorio in conformità alle norme tecniche di riferimento; c) prove in caldaia e valutazione delle emissioni e della resa energetica; d) produzione di biochar (carbone vegetale), tramite piro-gassificazione e caratterizzazione chimico-fisiche, ai fini della valorizzazione del "sottoprodotto del sottoprodotto", in un contesto di sviluppo precompetitivo e di ricerca di base.

---

<sup>89</sup> I costi sono stimabili intorno a 100 ÷ 150 €/ha nel caso del vigneto, a cui non corrisponde alcun ricavo, perché il materiale viene semplicemente distrutto. Negli oliveti i costi sono ancora maggiori, a causa della maggior quantità di residuo da smaltire (fonte PSR 2007-2013 Misura 124 Regione Sicilia).

Le ricadute ed i benefici, per quanto concerne l'unità operativa, riguardano sia aspetti scientifici che economici e divulgativi. Dal punto di vista scientifico si ritiene di poter fornire un interessante contributo allo studio e valorizzazione della biomassa residuale ottimizzando con la presente ricerca anche gli attuali standard tecnici, normativi e regolamentari. A questo proposito i risultati della ricerca saranno oggetto di pubblicazione su riviste scientifiche internazionali.

Come ricadute di tipo economico va segnalato il contributo che può derivare dalla definizione degli scenari tecnici e normativi che permettono di avvalersi di nuove forme di incentivo, riduzione dei costi di produzione dei biocombustibili, della riduzione dell'ampiezza della filiera energetica che si traduce anche in minor costi per gli agricoltori e i trasformatori delle biomasse.

Da un punto di vista divulgativo, si prevede la realizzazione di un report finale e la disponibilità ad organizzare e/o partecipare a convegni, giornate di dimostrative e, infine, la realizzazione di uno specifico sito WEB.

Attività 5: Metodi e procedimento per il calcolo del rendimento e per il rilievo delle emissioni al camino delle caldaie a biomassa e allo scarico cogeneratori alimentati a biogas/biometano e analisi statistica dei risultati.

Protocollo di prove di rendimento

Rendimento delle caldaie a biomassa di piccola taglia:

- procedure di prova;
- apparecchiatura
- strumentazione

È possibile valutare il rendimento delle caldaie a biomassa seguendo due metodi, che differiscono nella modalità con la quale viene quantificata la potenza termica ceduta al fluido termovettore. Il primo metodo prevede la misura diretta della potenza ceduta al fluido termovettore, il secondo prevede la misura della potenza termica persa verso l'ambiente esterno. La scelta fra i due metodi è guidata da considerazioni legate alle possibilità di effettuare i diversi tipi di misura richiesti.

A) Misura del rendimento con metodo diretto

Il rendimento della caldaia è definito come segue:

$$\eta = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{combustibile}}}$$

La procedura si basa sulla misura della potenza termica ceduta al fluido termovettore, rapportata alla potenza termica introdotta con il combustibile. Tale potenza viene calcolata sulla base del quantitativo di combustibile caricato prima della prova (a riscaldamento del sistema già avvenuto) e del relativo potere calorifico, tenendo conto della durata complessiva della prova. Le caldaie a biomassa di piccola potenzialità (fino a 35 kW th) sono dotate di sistemi di alimentazione discontinua della biomassa. Si utilizza per le prove un combustibile di riferimento, la cui combustione in condizioni ottimali produce quantitativi noti di calore e di ceneri.

Procedura di prova:

A.1) Passo primo

Una volta collegata la caldaia all'apparecchiatura di prova, la si avvia fino al raggiungimento della temperatura di esercizio al massimo carico. Completato il riscaldamento, si scaricano le ceneri. Si carica la caldaia con un quantitativo noto di biomassa di riferimento. Si avvia la combustione e si protrae il funzionamento fino ad esaurimento della biomassa.

A.2) Passo secondo

Durante tutto il processo di combustione vengono rilevate:

- temperatura di ingresso del fluido termovettore
- temperatura di uscita del fluido termovettore
- portata del fluido termovettore
- il periodo di tempo necessario all'esaurimento del combustibile

### A.3) Passo terzo

Sulla base dei rilievi sulla caldaia, vengono calcolate

- potenza ceduta al fluido termovettore
- potenza termica occultata per non completa combustione tramite pesatura del residuo di combustione e confronto con le specifiche del combustibile.

### B) Calcolo del rendimento con metodo indiretto

Il rendimento della caldaia viene valutato prendendo in considerazione le perdite di potenza termica verso l'ambiente esterno, ricavando indirettamente il valore della potenza ceduta al fluido termovettore

$$\eta = P_{\text{utile}} / P_{\text{combustibile}}$$

ove

$$P_{\text{utile}} = 1 - P_{\text{perdite}}$$

Per la valutazione delle perdite, il riferimento italiano e la normativa UNI-CTI 7708, in armonia a molte altre normative internazionali (ASME-PTC, DIN, ISO), secondo la quale vengono prese in considerazione le seguenti voci:

- perdita per calore sensibile allo scarico (gas secchi)
- perdita per umidità del combustibile
- perdita per umidità dell'aria comburente
- perdita per carbonio incombusto
- perdita per combustione incompleta
- perdita radiativa

Si assume che le perdite di carattere secondario (spurghi caldi, etc.) abbiano impatto trascurabile o che non abbiano luogo.

Procedura di prova:

### B.1) Passo primo

Una volta collegata la caldaia all'apparecchiatura di prova, la si avvia fino al raggiungimento della temperatura di esercizio al massimo carico. Completato il riscaldamento, si scaricano le ceneri. Si carica la caldaia con un quantitativo noto di biomassa di riferimento, si avvia la combustione e si protrae il funzionamento fino ad esaurimento della biomassa. Si procede alla pesatura del residuo. Il confronto fra il peso del residuo ed il peso delle ceneri prodotte da combustione ottimale consente di stabilire il quantitativo di biomassa incombusta presente nel residuo. In questo modo è possibile valutare il quantitativo di combustibile che ha effettivamente partecipato alla combustione rispetto al quantitativo complessivo introdotto.

### B.2) Passo secondo

Durante tutto il processo di combustione vengono rilevate:

- temperatura dei fumi
- portata dei fumi
- concentrazione di ossigeno o di anidride carbonica
- concentrazione di monossido di carbonio
- temperatura aria comburente
- umidità aria comburente
- il periodo di tempo necessario all'esaurimento del combustibile.

### B.3) Passo terzo

Sulla base dei rilievi sulla caldaia, vengono calcolate

- potenza persa per calore sensibile allo scarico
- potenza spesa per l'evaporazione dell'acqua presente nel combustibile
- potenza spesa per surriscaldamento del vapor d'acqua presente nell'aria comburente
- potenza termica occultata per non completa combustione.

Viene inoltre valutata la potenza termica trasmessa attraverso l'involucro della caldaia in funzione della temperatura dell'involucro, della superficie di scambio termico e della temperatura dell'ambiente in cui è disposta la caldaia.

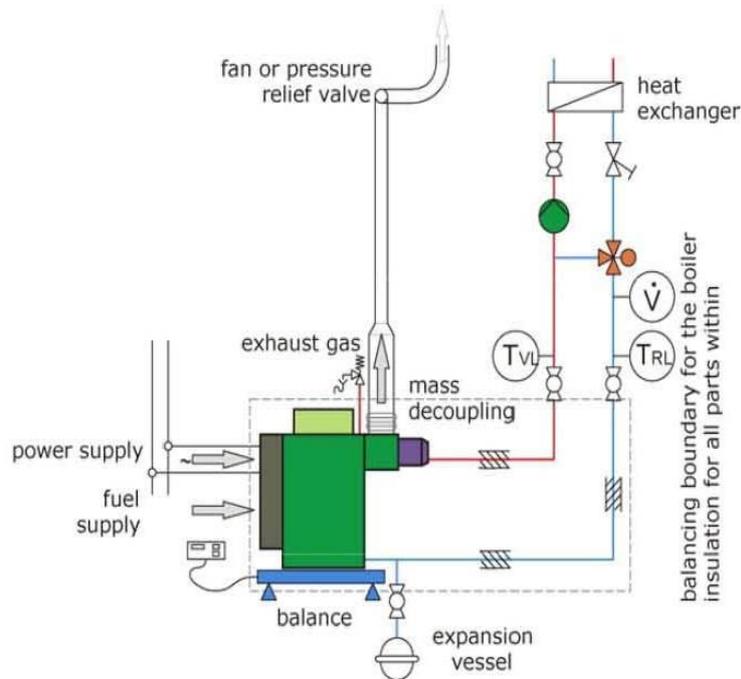


Figura 5.6.1: Apparecchiatura necessaria per la prova delle caldaie.

L'apparecchiatura per la prova è costituita da un banco di supporto, da una linea di scarico fumi e da una linea di circolazione di fluido termovettore (acqua). Il banco di supporto è provvisto di celle di carico per il rilievo della massa a vuoto della caldaia, del quantitativo di combustibile caricato e delle ceneri residue. Al banco sono disponibili gli allacci idraulici ed elettrici per la messa in esercizio della caldaia, mentre una linea di scarico fumi viene dedicata, nel rispetto delle prescrizioni del costruttore, allo smaltimento dei prodotti di combustione. L'utenza termica è costituita da uno scambiatore di calore che consente di smaltire la potenza termica prodotta durante la prova.

### **Metodi e procedimenti per il rilievo delle emissioni al camino delle caldaie a biomassa e allo scarico cogeneratori alimentati a biogas/biometano**

Rilievo degli inquinanti e caratterizzazione dei residui di combustione

#### **Polveri**

La procedura per la misura delle polveri totali prevede di prelevare una portata di fumi dallo scarico in condizioni isocinetiche, facendo depositare le polveri sospese su un filtro. Tramite pesatura si risale alla concentrazione di polveri totali presenti nell'effluente. Per effettuare questo tipo di misura, si utilizzano un sistema di campionamento dei fumi, un filtro su cui raccogliere le polveri ed una bilancia di precisione. Il sistema di campionamento fumi è costituito da una sonda capace di prelevare i fumi dal camino. Tale sonda è mantenuta ad idonea temperatura (per evitare la formazione di condensate) ed è collegata ad una pompa equipaggiata per realizzare le condizioni isocinetiche. La raccolta delle polveri avviene mediante filtrazione dell'effluente prelevato. Il filtro, una volta estratto e condizionato in ambiente idoneo, può essere pesato.

#### **Emissioni in atmosfera**

La misura delle emissioni gassose (e delle concentrazioni di gas indicativi del regime di combustione come ossigeno e biossido di carbonio) viene effettuata mediante analizzatori che

sfruttano i principi ammessi dalla normativa. È possibile utilizzare apparecchi, di recente introduzione, che integrano in un solo strumento i diversi misuratori prescritti dalla normativa. Pertanto, mediante una unica sonda è possibile prelevare fumi per la misura di ossidi di zolfo ( $\text{SO}_x$  - assorbimento delle radiazioni infrarosse), ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$  - chemiluminescenza), ossidi di carbonio ( $\text{CO}$  e  $\text{CO}_2$  - assorbimento delle radiazioni infrarosse) e ossigeno (susceptibilità paramagnetica).

Per il rilievo dei composti organici T.O.C./V.O.C. esistono apparecchiature dedicate operanti con misuratori a ionizzazione di fiamma ad alta temperatura. Tali apparecchi vengono collegati alla medesima sonda impiegata per la captazione degli altri inquinanti gassosi. Le portate di effluente vengono destinate allo strumento da utilizzare mediante valvolame dedicato.

Analisi dei depositi, dei composti e delle specie presenti allo scarico per fini di ricerca:

Il rilievo delle specie regolate dalla normativa costituisce un passo obbligato per stabilire l' idoneità dell'esercizio di un sistema per la combustione di biomassa; d'altra parte, tale passo non è sufficiente se le attività di sviluppo e ricerca sono finalizzate al miglioramento delle caratteristiche dei sistemi di combustione a biomassa (emissioni e aspetti tecnologici).

Per quanto concerne le problematiche relative alle emissioni e alla formazione di depositi, occorre affinare ed estendere i metodi di rilievo delle specie e dei composti presenti, completando la apparecchiatura.

In primo luogo è necessario espandere il sistema di campionamento isocinetico dei fumi. A valle del filtro per la raccolta del particolato, si dispongono due ulteriori moduli. Il primo è un sistema per la raccolta delle specie volatili (non adsorbite al particolato e quindi sfuggite al filtro) mediante condensazione. Il secondo è un sistema per la captazione delle specie incondensabili, operante mediante sorbenti. In questo modo si ottiene, da una unica linea di prelievo, la disponibilità di tre supporti su cui si raccolgono le specie emesse. In secondo luogo, si utilizzano due ulteriori strumenti di misura. Per la analisi dettagliata dei composti captati dall'effluente, è indicata la tecnica della gascromatografia-spettrometria di massa (apparecchio GC-MS). Ogni campione può essere trattato convenientemente al fine di evidenziare, mediante rilevatori ad alta sensibilità (di tipo quadrupolare multiplo) la presenza di molecole pericolose per l'uomo e l'ambiente (diossine, PAH, furani, PCB etc.) o rilevanti ai fini di vari aspetti tecnologici. Per l'analisi dettagliata delle specie o degli elementi presenti, è indicata la tecnica della spettrometria di massa con torcia al plasma (apparecchio ICP-MS). In tal modo, è possibile individuare le specie presenti sia allo scarico sia nei residui (ceneri e croste) prelevabili, in questo caso, direttamente dalla camera di combustione. La strumentazione per fini di ricerca può essere impiegata con successo anche per la analisi della composizione del combustibile. In particolare, è possibile mettere in relazione tale composizione con il contenuto di specie e composti allo scarico da un lato, e con le caratteristiche dei depositi in camera di combustione e sulle superfici di scambio termico (la cui importanza è stata discussa nella parte prima del documento) dall'altro.

Metodi e procedimenti per la caratterizzazione emissioni:

Metodo per Analisi gravimetrica

I metodi di riferimento adottati per le determinazioni gravimetriche delle polveri è la norma UNI EN 13284-1.

I mezzi filtranti impiegati per il campionamento (filtri in fibra di quarzo) saranno condizionati e pesati in laboratorio prima e dopo il campionamento, pertanto il principio si basa sulla differenza di pesata in condizioni controllate.

Procedimento

Ciascun filtro sarà condizionato in stufa a  $130^\circ\text{C}$  per un'ora quindi trasferito per un'altra ora in essiccatore prima della pesata. Ciascun filtro sarà identificato in modo univoco mediante contrassegno. Dopo il campionamento, il filtro dovrà subire lo stesso procedimento di

condizionamento quindi di pesatura. Entrambi i pesi saranno registrati su apposito registro con l'indicazione dell'operatore e della data di esecuzione della prova. Solo per i filtri destinati a campionamenti per la determinazione dei microinquinanti organici, (al fine di evitare una eventuale perdita del campione) sarà preferibile evitare il condizionamento in stufa dopo il campionamento. Pertanto si procederà ponendo i filtri vergini in stufa a 130°C per un'ora in modo da evitare successive perdite di peso dovute alla temperatura del camino; seguirà la successiva conservazione nella scatola originale. I filtri saranno condizionati esclusivamente in essiccatore prima di ciascuna pesata. Al fine di preservare i campioni da possibili contaminazioni (in particolare di metalli), saranno utilizzate pinzette rivestite in teflon e un supporto plastico monouso per evitare il contatto con il piatto metallico della bilancia. Per la pesatura sarà utilizzata una bilancia analitica con risoluzione 0.01 mg.

Metodo per microinquinanti organici (diossine, furani, IPA e PCB):

Per la determinazione di diossine, furani (PCDD/DF) e policlorobifenili (PCB) si farà riferimento alla norma UNI EN 1948 del luglio 2006 mentre per gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) saranno seguite le indicazioni fornite dal Decreto Ministeriale del 25 agosto 2000.

Procedimento:

Il campione (filtri e XAD2) sarà estratto in soxhlet con una miscela 1:1 diclorometano/esano e filtrato su sodio solfato anidro; la condensa verrà estratta invece in diclorometano. Gli estratti ottenuti saranno evaporati a piccolo volume e sottoposti separatamente a due purificazioni successive attraverso colonna multistrato e allumina. Le due frazioni raccolte, che conterranno rispettivamente PCB la prima e PCDD/DF la seconda, verranno analizzate indipendentemente in spettrometria di massa. Il campione, prima della fase di estrazione, verrà addizionato di una quantità nota di standard contenente una miscela di composti marcati al <sup>13</sup>C di PCDD/DF e composti marcati al <sup>13</sup>C PCB. La determinazione quantitativa di PCDD/PCDF sarà effettuata utilizzando un gascromatografo interfacciato a spettrometro di massa con triplo quadrupolo (GC/MS/MS).

L'identificazione e il riconoscimento di tutti i congeneri PCDD/DF e PCB si baserà sulla verifica dei tempi di ritenzione e dei rapporti di intensità delle masse dei frammenti stessi. Il valore di concentrazione sarà ottenuto mediante curva di taratura a più livelli utilizzando il metodo della diluizione isotopica associato al fattore di risposta.

Per quanto concerne gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) il metodo prevede che l'estratto venga purificato su colonna di gel di silice. L'identificazione e il dosaggio dei singoli IPA saranno effettuati mediante un gascromatografo interfacciato allo spettrometro di massa acquisendo le masse M e M+1. Il valore di concentrazione sarà ottenuto mediante curva di taratura a più livelli.

Metodo per la determinazione dei metalli totali:

Per la determinazione dei metalli si è scelto di seguire il metodo UNI EN 14385, applicato all'analisi dei campioni di particolato atmosferico per la ricerca di piombo, cadmio, arsenico e nichel. Tale metodo sarà adattato all'analisi non solo di materiale particellare ma anche di soluzioni di gorgogliamento e della condensa; inoltre sarà ampliato il set di metalli ricercati.

Procedimento:

Per quanto riguarda l'analisi del materiale particellare, la preparazione del campione prevederà una digestione del supporto di campionamento (filtro) con acido nitrico e perossido di idrogeno. La soluzione così ottenuta verrà filtrata, se necessario, con materiale monouso quindi trasferita quantitativamente in matracci tarati, addizionata con l'acqua di lavaggio del contenitore utilizzato per la digestione e portata a volume con acqua ultrapura. La condensa e le soluzioni di gorgogliamento saranno analizzate tal quali previa acidificazione della prima con acido nitrico. La concentrazione dei singoli metalli sarà determinata con ICP-MS utilizzando i fattori di risposta relativi a ciascun metallo precedentemente ottenuti da curve di calibrazione.

Metodo per determinazione della concentrazione in massa di singoli composti organici in forma gassosa:

In questo caso si seguirà il metodo UNI EN 13649 dell'ottobre 2002 che specifica i procedimenti per il campionamento su carboni attivi, la preparazione e l'analisi di campioni di composti organici volatili. I risultati ottenuti utilizzando la presente norma sono espressi come concentrazione in massa (mg/m<sup>3</sup>) di singoli composti organici in forma gassosa.

Procedimento:

Vi sono tre fasi nella misurazione dei singoli composti organici in forma gassosa. Esse sono: il campionamento dell'effluente gassoso, il trattamento del materiale campionato e l'analisi chimica mediante gascromatografia.

I composti organici provenienti da un volume misurato di gas devono essere adsorbiti sul carbone attivo. Il materiale particolato che potrebbe interferire con la misurazione dovrebbe essere rimosso. Deve essere impedita la condensa d'acqua. Il materiale organico raccolto deve essere desorbito utilizzando un solvente di estrazione. Una porzione del campione viene iniettata in un sistema di gascromatografia dotato di una colonna capillare e di un rivelatore appropriato (per esempio rivelatore a ionizzazione di fiamma, rivelatore di massa selettivo, ecc.). I composti sono separati mediante gascromatografia. I segnali del rivelatore sono valutati utilizzando la funzione di taratura.

### **Determinazione della concentrazione in massa del carbonio organico totale in forma gassosa a basse concentrazioni in effluenti gassosi**

Metodo in continuo con rivelatore a ionizzazione di fiamma:

In questo caso si seguirà il metodo UNI EN 12619 del giugno 2002, in cui ci si avvale di uno strumento che utilizza la rivelazione a ionizzazione di fiamma (FID), unitamente ai procedimenti per la taratura e il funzionamento dello stesso, per la misurazione della concentrazione in massa del carbonio organico totale in forma gassosa (TOC) in emissioni di combustione da sorgente fissa. La norma è idonea per la misurazione delle emissioni, a basso livello, del TOC in fase gassosa o in fase vapore.

Determinazione della concentrazione di NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO:

Per la determinazione di queste sostanze, è stato acquistato un analizzatore di gas di scarico portatile certificato che risponde alle norme vigenti del caso.

Nello specifico:

Per gli NO<sub>x</sub>: UNI EN 14211: Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di azoto e monossido di azoto mediante chemiluminescenza.

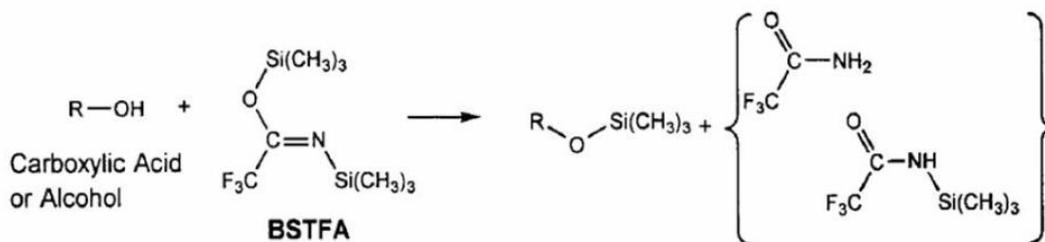
Per il CO: UNI EN 14626: Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di monossido di carbonio mediante spettroscopia a raggi infrarossi non dispersiva.

Per l'SO<sub>x</sub>: UNI EN 14212: Metodo normalizzato per la misurazione della concentrazione di diossido di zolfo mediante fluorescenza ultravioletta.

La facilità e la maneggevolezza di tale strumento consentirà agli operatori di svolgere sia analisi in laboratorio, che in campo.

### **Metodo per la determinazione degli acidi organici solubili**

Essendo questi composti fortemente polari, la tecnica prevede un'iniziale l'utilizzo di N,O-bis(trimetilsilil)trifluoacetamide (BSTFA), catalizzato da una piccola percentuale di trimetilclorosilano (TMCS), come agente sililante. La reazione di derivatizzazione avviene secondo il seguente schema:



Procedimento:

Il campione è sciolto in acqua deionizzata (milliQ) e successivamente filtrato su filtro PTFE (0.45 µm). Poi la soluzione acquosa è portata a secchezza a temperatura ambiente sotto atmosfera di azoto: in seguito viene aggiunto il derivatizzante (BSTFA, 20 µl) e un solvente inerte e bassobollente (i-Ottano) per arrivare ad un volume totale di 100 µl; la soluzione verrà quindi lasciata reagire per 90 minuti a 75°C. Nella miscela saranno presenti anche due standard interni, alla concentrazione di 20 µg/ml: l'Esadecano (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>) e l'Acido Tridecanoico (C<sub>13</sub>H<sub>26</sub>O<sub>2</sub>).

Il primo servirà come standard interno per l'analisi quantitativa dell'analita, il secondo come composto di controllo del processo derivativo. Il metodo dovrà essere messo a punto utilizzando soluzioni standard di acidi carbossilici.

Una volta derivatizzato il campione, questo verrà analizzato al GC/MS, con caratterizzazione qualitativa delle varie specie componenti il campione.

Attività 6: Report, giornate dimostrative, organizzazione di workshop e incontri tematici, pubblicazioni scientifiche etc.

Redazione di articoli scientifici su riviste nazionali ed internazionali; organizzazione di visite guidate, workshop e giornate dimostrative.

### 5.6.5 Descrizione degli output della task (deliverable)

D.5.6.1: Filiera biogas e biomasse: Valutazione della qualità delle emissioni al camino di caldaie a biomasse e allo scarico di cogeneratori a biogas/biometano.

D.5.6.2.1: Filiera biogas: Analisi tecnico/economica dei sistemi di upgrading del biometano alla luce del DM 5 dicembre 2013.

D.5.6.2.2: Filiera biogas: Valutazione degli affetti dei pretrattamenti meccanici sulla composizione del biogas e del digestato.

D.5.6.3: Filiera biogas: sviluppo software per il monitoraggio e la gestione degli impianti a biogas/biometano.

D.5.6.4: Filiera biomasse: Valutazione delle ricadute di tipo economico che può derivare dalla definizione degli scenari tecnici e normativi che permettono di avvalersi di nuove forme di incentivo, riduzione dei costi di produzione dei biocombustibili, della riduzione dell'ampiezza della filiera energetica che si traduce anche in minor costi per gli agricoltori e i trasformatori delle biomasse.

D.5.6.5: Filiera biogas e biomasse: Messa a punto di procedimenti per lo studio degli impianti alimentati a biomasse e per impianti a biogas/biometano in termini di rendimento termico e rilievo e studio delle emissioni gassose allo scarico.

D.5.6.6: Filiera Biogas e biomasse: Da un punto di vista divulgativo, si prevede la realizzazione di un report finale e la disponibilità ad organizzare e/o partecipare a convegni, giornate di dimostrative e la realizzazione di uno specifico sito WEB.

### 5.6.6. Articolazione temporale delle attività e dei deliverable previsti nella task (Gantt)

	Attività	Deliverable
--	----------	-------------

Quadrimestri	1	Attività 1,5	
	2	Attività 1,5	
	3	Attività 1,5	
	4	Attività 1,5	D.5.6.1 D.5.6.2 D.5.6.5
	5	Attività 1,2,4,5	
	6	Attività 1,2,4,5	
	7	Attività 1,2,4,5	D.5.6.1 D.5.6.2 D.5.6.4
	8	Attività 1,2,4,5	D.5.6.2.1 D.5.6.2.2
	9	Attività 1,2,4,5	
	10	Attività 1,2,3,4,5	
	11	Attività 1,2,3,4,5	D.5.6.3
	12	Attività 6	
	13	Attività 6	
	14	Attività 6	
	15	Attività 6	D.5.6.6

### **5.6.7 Risultati attesi, ricadute e benefici, ostacoli prevedibili ed azioni correttive**

#### **Attività 1**

L'attività in esame prevederà un'approfondita analisi e studio delle emissioni allo scarico degli impianti a biogas/biometano e biomasse in abbinamento alle caratteristiche chimico/fisiche delle matrici in ingresso.

#### **Attività 2**

L'attività prende in esame i nuovi schemi di incentivazione della produzione di biometano, definiti dal DM 5 dicembre 2013 e si pone l'obiettivo di fare un'analisi dettagliata dell'applicazione delle diverse tecnologie (Swot analysis: punti di forza "Strengths", debolezza "Weaknesses", opportunità "Opportunities" e le minacce "Threats").

#### **Attività 3**

L'attività prevede lo sviluppo un software che consentirà il monitoraggio degli impianti a biogas e di effettuare una analisi predittiva delle possibili problematiche degli impianti biogas/biometano.

#### **Attività 4**

L'attività prevede lo studio e la gestione dei residui delle lavorazioni agroforestali in termini di sostenibilità ambientale ed economica.

#### **Attività 5**

L'attività prevede la messa a punto di modelli e metodi per il calcolo del rendimento degli impianti e per il rilievo delle emissioni allo scarico con valutazione degli effluenti gassosi potenzialmente pericolosi per l'uomo e l'ambiente.

#### **Attività 6**

L'attività prevede l'organizzazione di giornate dimostrative, workshop e incontri tematici per presentare il centro dimostrativo.

### **5.6.8 Piano di sfruttamento e divulgazione dei risultati**

Alcune delle attività descritte prevedono l'organizzazione di prove sperimentali di campo a cui saranno invitati operatori del settore e/o soggetti pubblici (Regioni, Servizi di sviluppo agricolo, Enti locali) interessati ad ulteriori sviluppi.

Dall'attività scientifica è attesa la produzione di pubblicazioni su riviste nazionali ed internazionali con Impact Factor. I risultati ottenuti saranno oggetto di presentazione a seminari, workshop e convegni nazionali ed internazionali.

### **5.6.9** *Tabelle delle richieste finanziarie per singola azione (Task? )*

**Tabella 5.6.9.1:** Attrezzature tecnico-scientifiche di cui si richiede il finanziamento.

**Tabella 5.6.9.2:** Richiesta complessiva di finanziamento per la task.