

Caratterizzazione delle biomasse

Il laboratorio del CRB



FIGURA 1 - Vista d'insieme del Laboratorio di caratterizzazione delle biomasse

La biomassa può essere utilizzata per la produzione energetica mediante processi di conversione di tipo biochimico o termochimico. La scelta del processo di conversione più opportuno dipende dalle caratteristiche della biomassa, quindi un importante passo nello studio della tecnologia risulta essere, oltre alla valutazione della disponibilità della biomassa stessa, l'analisi delle sue caratteristiche energetiche, fisiche e chimiche. Per le colture energetiche esse dipendono in primo luogo dalla tipologia colturale, ma altrettanta importanza rivestono le metodologie di coltivazione, irrigazione, concimazione, raccolta e stoccaggio. La disponibilità energetica di biomassa di un'area definita è quindi funzione di numerosi parametri non sempre disponibili al progettista e/o pianificatore, pertanto presso il Centro di Ricerca sulle Biomasse, istituito dal Ministero dell'Ambiente presso l'Università di Perugia, è stata avviata un'attività di censimento e monitoraggio della disponibilità energetica da biomassa sul territorio nazionale, supportata da analisi di laboratorio per la caratterizzazione chimico-fisica e da attività sperimentali per la valutazione in campo delle rese di particolari colture; si sono inoltre appositamente realizzati alcuni impianti pilota per la valutazione delle prestazioni di tecnologie di interesse. Nel campo di biocombustibili e biocarburanti particolare importanza riveste infine la qualità del prodotto, la cui garanzia può essere attestata mediante certificazione della filiera di produzione e tracciabilità e rintracciabilità dell'intero processo, dalla produzione alla conversione energetica e alle emissioni in atmosfera ad essa connesse; certificazione, etichettatura e tracciabilità costituiscono un altro filone di studio e ricerca del CRB. Nel seguito saranno brevemente illustrate le attività in corso presso il CRB relativamente alla caratterizzazione di biomasse e biocombustibili, alla gestione di campi ed impianti sperimentali e alla certificazione ed etichettatura delle filiere di conversione energetica delle biomasse.

Analisi chimico-fisica ed energetica

Nel 2003 il Ministero dell'Ambiente e l'Università degli Studi di Perugia hanno istituito il Centro di Ricerca sulle Biomasse (CRB) che, nell'ambito delle sue attività istituzionali, ha realizzato presso la sede del centro stesso un Laboratorio per la caratterizzazione energetica, chimica e fisica della biomassa e dei biocombustibili. Il Laboratorio risulta attivo dal Febbraio 2005 e già sono state realizzate numerose analisi su diverse tipologie di biomassa; i risultati ottenuti sono archiviati in una banca dati sviluppata dagli operatori del Centro. La biomassa può essere caratterizzata energeticamente conoscendo alcuni parametri quali il Potere Calorifico Superiore (PCS) ed Inferiore (PCI),

Prof. Francesco Fantozzi, ing. Marco Barbanera, dott. Pietro Bartocci, ing. Sara Massoli, prof. Cinzia Buratti, CRB-Centro di Ricerca sulle Biomasse, Università degli Studi di Perugia.

le caratteristiche chimiche (contenuto di Carbonio, Idrogeno e Azoto) e le caratteristiche fisiche (contenuto di umidità, ceneri, sostanze volatili e carbonio fisso). Il Laboratorio di caratterizzazione energetica delle biomasse del CRB è dotato delle seguenti strumentazioni:

- mulino Retsch SM 2000 per la preparazione dei campioni;
- TGA 701 LECO per analisi prossima (contenuto di umidità, ceneri e sostanze volatili, carbonio fisso);
- TRUSPEC CHN LECO per analisi ultima (contenuto di Carbonio, Idrogeno Azoto);
- Calorimetro AC350 LECO per misure di potere calorifico superiore;
- Lignotester New Dolmen Tekpro per misure di durabilità del pellet;
- Cromatografo ionico Dionex per misure del contenuto di Cloro e Zolfo.

Ogni analisi di caratterizzazione della biomassa è effettuata in conformità con le normative italiane ed internazionali, secondo quanto riportato in Tabella 1 [1, 2, 3, 4] per la preparazione del campione, in Tabella 2 per l'analisi prossima [5, 6, 7, 8, 9]; l'analisi ultima si effettua in osservanza della direttiva procedurale indicata nella norma ASTM D-5373 [10], il potere calorifico superiore è misurato in conformità con la normativa UNI 9017 [11], il potere calorifico inferiore è determinato a partire da quello superiore tramite una relazione analitica. Il contenuto di cloro e zolfo, infine, è determinato ai sensi della CEN15289 del 2006 [12]. In Figura 1 è riportata una vista di insieme del Laboratorio. Ad oggi sono stati analizzati oltre 200 campioni di biomasse, di cui circa 50 di biomasse legnose, circa 60 di biomasse erbacee ed il resto costituito da diverse varietà di biomasse residuali, quali reflui zootecnici e patate, e biocombustibili, quali pellet e olii vegetali.

Analisi	Metodo
Preparaz. del campione	pr CENT/TS 14778-1 pr CENT/TS 14779 pr CENT/TS 14780 UNI 9903-3

TABELLA 1 - Normativa di riferimento per la preparazione dei campioni

Analisi	Metodo
Umidità	CENT/TS 14774-1 CENT/TS 14774-2 CENT/TS 14774-3
Ceneri	CENT/TS 14775

TABELLA 2 - Normativa di riferim. per la determinaz. dell'umidità e delle ceneri



FIGURA 2 - Digestore anaerobico pilota del CR

Impianto pilota di gestione anaerobica

Considerando la poca disponibilità di dati di Letteratura circa la resa di biogas di diversi substrati, presso il Laboratorio del Centro di Ricerca sulle Biomasse è stato progettato, realizzato, messo a punto e tarato un impianto pilota di digestione anaerobica, descritto in precedenti lavori [13, 14]. L'impianto è composto da un reattore anaerobico, da un gasmetro per lo stoccaggio e la misura del biogas prodotto e da un sistema di gestione, realizzato mediante strumenti hardware e software (Figura 2). Nel digestore anaerobico, di tipo batch completamente miscelato e della capacità di 17l, attraverso un sistema di tenuta e di termoregolazione si garantiscono le condizioni di anaerobiosi e termiche desiderate per tutta la durata del processo. Sono monitorati in continuo i parametri di processo, ovvero temperatura e pH, e la produzione di biogas istantanea e cumulata, grazie all'apposito gasmetro strumentato. Le sonde e il dispositivo di agitazione sono inseriti nel reattore, garantendo comunque la tenuta. Il gasmetro, realizzato a pressione atmosferica, sfrutta un

principio di funzionamento di tipo idraulico: lo spostamento di un volume noto di fluido di controllo (acqua addizionata con glicole etilenico) indica la variazione della quantità di biogas prodotto nel digestore, grazie all'inserimento nel corpo del recipiente di un trasduttore di livello magnetorestrictivo a risoluzione infinita. I parametri di gestione e controllo del sistema sono acquisiti in forma digitale, mediante un software appositamente realizzato.

In Figura 3 è mostrato il risultato di una prova di digestione su substrato bovino. Il sistema è alloggiato in un box trasportabile e impermeabile (dimensioni max cm 160x90x210), conforme alla normativa vigente. È munito di bocchette per favorire il ricircolo d'aria al suo interno, quindi la sicurezza del sistema. Il biogas prodotto durante la fase di sperimentazione nell'impianto è caratterizzato mediante un analizzatore per biogas in grado di fornire le percentuali in volume di CO_2 , CH_4 , O_2 , H_2S , CO presenti nella miscela. Prima di dar inizio al processo fermentativo, si procede generalmente alla caratterizzazione del substrato mediante le strumentazioni in dotazione al CRB descritte in precedenza.

Certificazione, etichettatura e tracciabilità

Oggi il mercato dei biocombustibili è in continua crescita, in particolare per il pellet ed i biocarburanti (biodiesel e bioetanolo) per autotrazione. Ciò comporta la necessità di assicurare la qualità del prodotto sia dal punto di vista merceologico, ma anche ambientale, tramite la valutazione di bilanci di massa ed energia relativi alla produzione del biocarburante, cioè all'intera filiera. In tale modo è possibile valutare l'impatto ambientale ed energetico del combustibile e quindi esprimere un giudizio sulla sua sostenibilità (Figura 4).

È in tale ottica che la recente Legge Finanziaria ha indicato nei 70 km il limite di approvvigionamento da "filiera corta", che permetterebbe di beneficiare di un incentivo da certificato verde maggiorato. Diventa quindi importante garantire la tracciabilità della materia prima per poterne certificare e garantire l'origine. Il CRB si è già mosso in questa direzione, redigendo la procedura di campionamento, tracciabilità e rintracciabilità della biomassa per un importante produttore nazionale di energia da biomassa. Tale procedura, se imple-

tata correttamente ed adeguatamente monitorata, permette altresì il computo dei consumi di materia ed energia e delle emissioni introdotte nell'ambiente per ogni fase del ciclo di produzione e trasporto. Così a ciascun kWh (elettrico o termico) prodotto da biomasse può essere associato un parametro che indica quale sia la tecnica di produzione più sostenibile, mediante un'etichetta di efficienza energetica ed ambientale (Figura 5).

È in fase di allestimento presso il laboratorio del CRB un banco prova caldaie e stufe a biomassa, ai sensi della UNI EN 303-5 *Caldaie per combustibili solidi, con alimentazione manuale e automatica, con una potenza termica nominale fino a 300 kW (terminologia, requisiti, prove e marcatura)* [15] e UNI EN 14785 *Apparecchi per il riscaldamento domestico alimentati con pellet di legno - Requisiti e metodi di prova* [16]; per le diverse prove previste sono state disposte

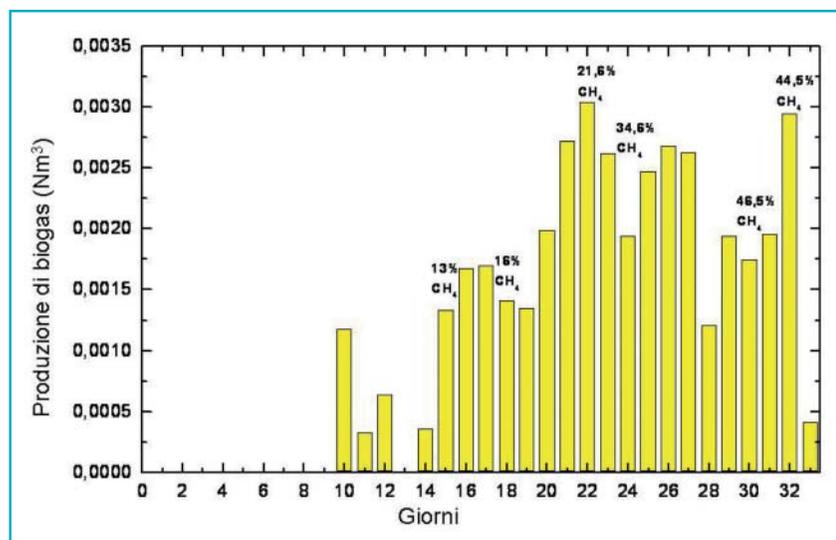


FIGURA 3 - Produzione giornaliera di biogas da liquame bovino

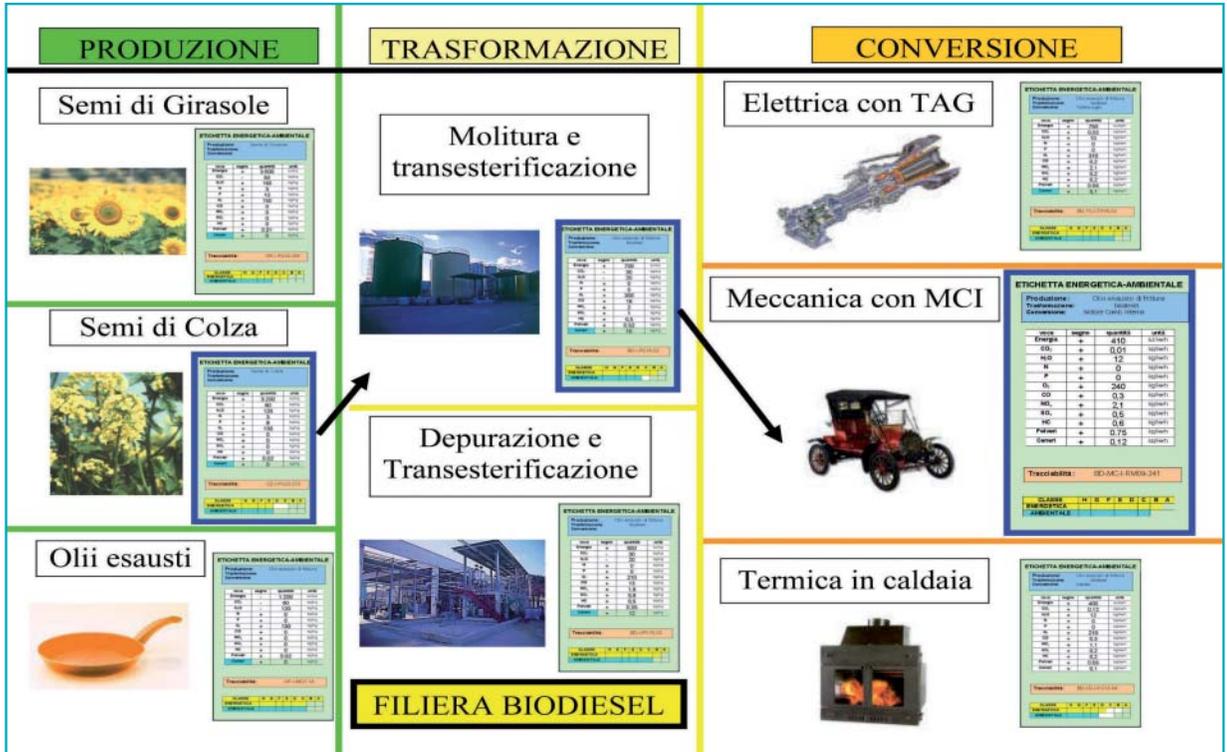


FIGURA 4 - Esempio di certificazione di filiera

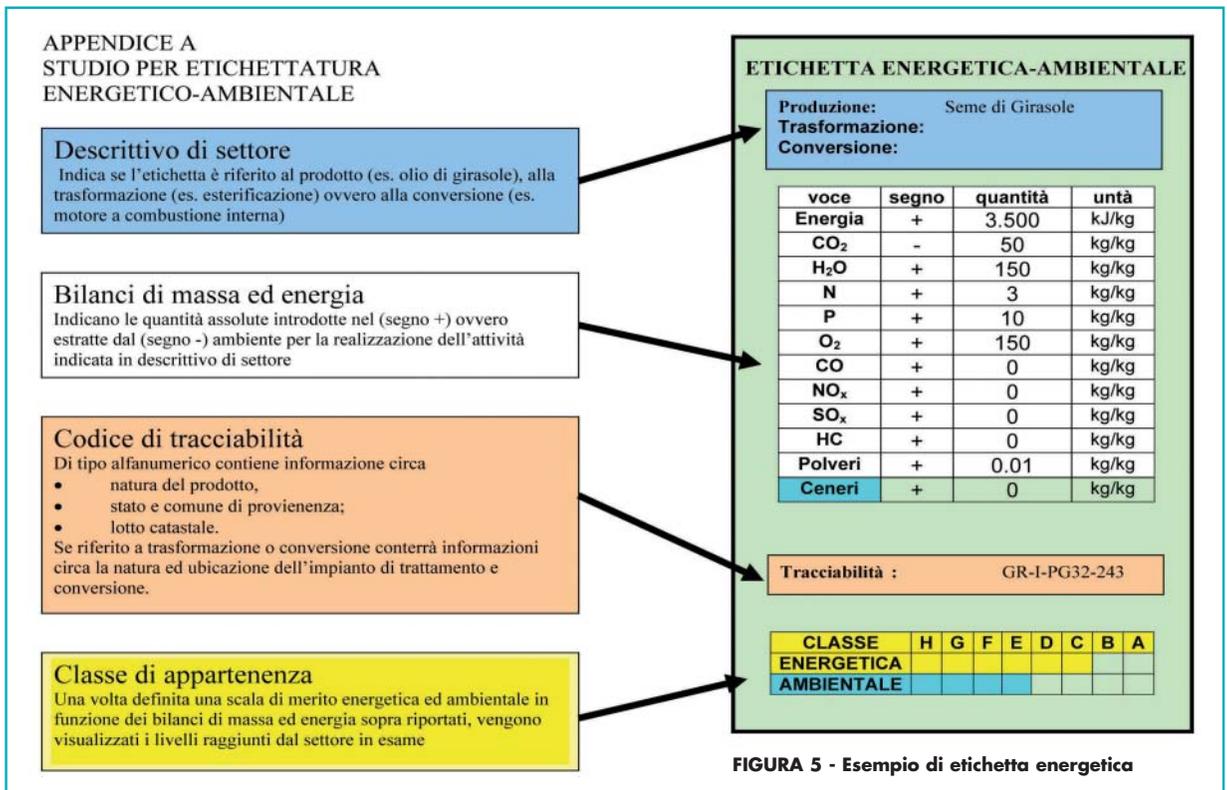


FIGURA 5 - Esempio di etichetta energetica

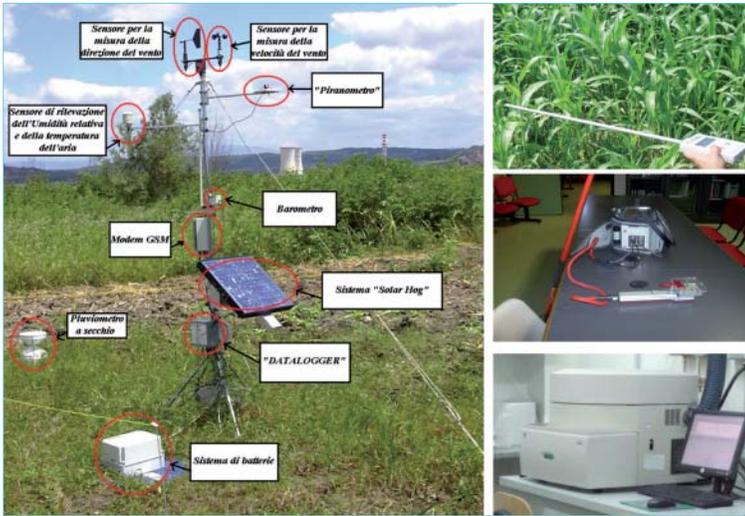


FIGURA 6 - Centralina meteorologica (in alto a sinistra), rilevatore di superficie fogliare (Leaf Area Index -LAI) (in alto a destra), rilevatore CHN (in basso a sinistra), rilevatore efficienza fotosintetica (in basso a destra)

delle apposite procedure. Per il calcolo delle prestazioni energetiche della caldaia, nel banco prova sono misurate le seguenti grandezze: portata di combustibile caricata, temperatura dei fumi, temperatura ambiente, temperatura acqua fredda di alimentazione dall'acquedotto, temperatura dell'acqua di mandata, temperatura dell'acqua di ritorno, portata dell'acqua nel circuito esterno della caldaia e sono considerati parametri quali il potere calorifico inferiore del com-

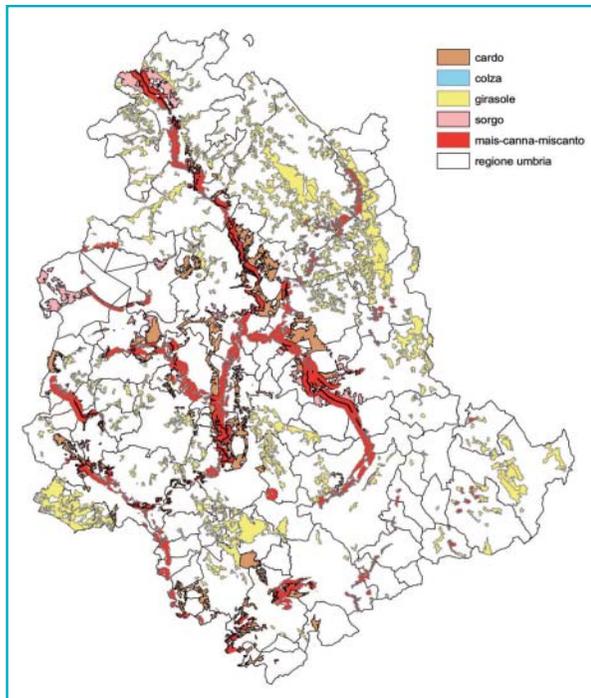


FIGURA 7 - Aree vocate per la coltivazione di biomasse erbacee nella regione Umbria

bustibile, determinati in laboratorio. Le prestazioni ambientali sono infine valutate sulla base delle analisi delle emissioni in atmosfera e dei residui della combustione al fine di garantire le specifiche di certificazione relativamente a tutte le attività di Laboratorio, il CRB ha avviato le procedure di accreditamento ISO 9001 e SINAL.

Campi sperimentali

Le attività nei campi sperimentali di biomasse dedicate riguardano la coltivazione di diverse specie a rapido accrescimento, legnose o erbacee, annuali o poliennali, sulle quali sono effettuate analisi in campo e in laboratorio, al fine di definire dei modelli di accrescimento utili nella stima della produttività media delle diverse colture.

La rete di monitoraggio dei campi realizzata dal CRB ha inoltre lo scopo di individuare la tecnica colturale ottimale, ricavare dati da impiegare nella redazione di bilanci di massa ed energia utili nelle procedure di certificazione, effettuare valutazioni sulla convenienza ambientale ed economica delle

diverse colture, mettere a punto modelli previsionali della produzione di biomassa sulla base degli agenti climatici e pedologici. Nelle stagioni 2006-2007 si sono monitorati quattro campi sperimentali:

- 10 ha di colture erbacee situate nei campi sperimentali dell'Università di Perugia (presso l'azienda agricola della Fondazione Agraria di Casalina);
- 10 ha piantumati con diversi cloni di pioppo nei campi sperimentali dell'Università di Perugia (presso l'azienda agricola della Fondazione Agraria di Casalina);
- 10 ha di robinia e pioppo situati nei pressi di Pietrafitta, gestiti in collaborazione con la Comunità Montana Monti del Trasimeno;
- parcelle coltivate con sorgo, canapa, kenaf in collaborazione con l'Istituto di Genetica Vegetale del CNR.

Alcune delle attrezzature impiegate nel monitoraggio sono proposte in Figura 6.

Banca dati e catasto delle biomasse

I risultati delle analisi sulle biomasse e dei test di produzione di biogas sono archiviati sistematicamente in una banca dati in cui la registrazione avviene secondo tre livelli: il primo consiste nella caratterizzazione del campione (codice identificativo, gruppo di appartenenza, descrizione), il secondo nella determinazione dell'origine (località di origine, fornitore, quantità pervenuta, campionamento), il terzo contiene i risultati delle analisi effettuate: umidità, ceneri, sostanze volatili, carbonio fisso, PCS, PCI, contenuto di C,H,N, rapporto C/N. Tutti i dati registrati possono essere rintracciati con differenti chiavi di ricerca (codice identificativo, tipo di biomassa, origine, valore di PCS o PCI, rapporto C/N, intervallo di umidità ecc.).

Il catasto delle biomasse, realizzato dal CRB nell'ambito delle sue attività istituzionali, ha lo scopo di censire le disponibilità di biomasse dedicate, residuali e forestali sul territorio nazionale e al contempo individuare i centri di impiego delle stesse (impianti di trasformazione in biocarburanti, impianti di conversione energetica per la produzione di calore ed energia elettrica). Il censimento della biomassa può essere effettuato per fasi, identificando in una fase iniziale

obiettivi e utenti, sulla base dei quali è individuato il livello di dettaglio dei dati da raccogliere (dati più o meno aggregati). È quindi importante identificare un sistema di classificazione della biomassa ed analizzare i dati già disponibili (database nazionali, regionali, locali e statistiche). Un importante passo consiste nella scelta delle modalità di misura della biomassa e delle relative unità di misura e differenziare la produzione reale da quella potenzialmente ottenibile. È opportuno che i dati, laddove disponibili, siano riferiti ad un numero di anni statisticamente significativo, in modo da fornire stime il più possibile attendibili. Sulla base dei dati a disposizione occorre infine individuare le aree critiche nella domanda e offerta di biomasse, in modo che pianificatori e policy makers abbiano strumenti efficaci per indirizzare la politica energetica. Il CRB ha messo a punto una metodologia per il censimento delle biomasse e l'elaborazione del relativo catasto, che è stata testata sulla Regione Umbria.

A titolo di esempio, è stata effettuata l'analisi delle aree vocate alla coltivazione di biomasse erbacee nella Regione, tenendo conto delle caratteristiche climatiche e pedologiche delle diverse zone, confrontate con le esigenze delle diverse colture in termini di clima, presenza di acqua, caratteristiche del suolo ecc., individuando le aree nelle quali sono potenzialmente producibili le diverse colture erbacee dedicate prese in considerazione (Figura 7). Da esse, sulla base dei valori di produttività (generalmente espressi in t/ha) e dei poteri calorifici delle diverse specie, è possibile effettuare una stima della potenzialità energetica della Regione in termini di impiego delle biomasse, e sviluppare i relativi scenari energetici.

Conclusioni

L'impiego di fonti energetiche rinnovabili quali le biomasse dedicate o residuali è una delle azioni strategiche più significative nell'ottica dell'ottenimento degli obiettivi volti alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti e alla produzione di energia ambientalmente ed economicamente sostenibile. Un impiego ottimale di tali risorse necessita di attività di sperimentazione in laboratorio e in campo, utili nella definizione del potenziale energetico ottenibile e dei processi di produzione e conversione ottimali; inoltre, ai fini di un'attestazione di qualità di biocombustibili e filiere di conversione energetica delle biomasse, di grande importanza risulta la messa a punto di procedure di certificazione ed etichettatura energetico-ambientale di processi, componenti e intere filiere. In quest'ottica, presso il Centro Ricerca sulle Biomasse dell'Università degli Studi di Perugia, sono state avviate e sono in corso diverse attività volte a fornire dati utili agli operatori del settore, pubblici e privati, sia a livello politico (di pianificazione energetica) sia a livello tecnico (di progettazione di impianti).

È stato realizzato un laboratorio per l'analisi chimica, fisica ed energetica della biomassa, dotato di strumentazioni per le seguenti prove: Analisi Prossima, Analisi Ultima, misura del Potere Calorifico, del contenuto di Cloro e Zolfo, della durabilità del pellet; tutte ai sensi della normativa tecnica in materia. Il laboratorio, attivo dal 2005, dispone di un database appositamente elaborato per l'archiviazione e la consultazione dei risultati delle analisi. Si è inoltre realizzato un impianto pilota di digestione anaerobica, per l'analisi delle rese di biogas da differenti substrati; il sistema è opportunamente strumentato e permette di effettuare bilanci di massa ed energia del processo, un'analisi chimica del biogas prodotto e una valutazione del relativo contenuto energetico. Si sono avviate alcune attività di certificazione ed etichettatura energetica, che sono state applicate a diverse filiere di conversione energetica delle biomasse; è in corso di realizzazione un banco prova caldaie ai sensi della UNI EN 303-5 per

la certificazione delle prestazioni energetiche ed ambientali di caldaie a combustibili solidi. Si sono allestiti alcuni campi sperimentali di colture erbacee e legnose, annuali e poliennali, che sono stati monitorati mediante misure in campo (parametri per determinare l'accrescimento, dati meteorologici) e in laboratorio (proprietà chimico-fisiche ed energetiche); grazie ai risultati derivanti dai campi è possibile stimare la produttività delle biomasse dedicate, anche a valle di processi di ottimizzazione delle pratiche colturali. Il CRB ha infine messo a punto e attuato una metodologia per la redazione del catasto delle biomasse, attraverso il quale sono state censite le disponibilità di biomasse attualmente presenti sul territorio nazionale e quelle potenzialmente ottenibili, sulla base delle caratteristiche climatiche e pedologiche delle varie zone; il catasto costituisce un importante strumento di pianificazione delle strategie e degli scenari energetici sia per le singole regioni sia a livello nazionale.

Bibliografia

- [1] CENT/TS 14778-1: Solid Biofuels - Sampling-Part 1: Methods for sampling, (2004).
- [2] CENT/TS 14779 : Solid Biofuels - Sampling - Methods for preparing sampling plans and sampling certificates, (2004).
- [3] CENT/TS 14780: Solid Biofuels - Methods for sample preparation, (2004).
- [4] UNI 9903-3: Combustibili solidi non minerali ricavati da rifiuti (RDF). Indicazioni di base per il campionamento sistematico dei combustibili (in Italian), (1992).
- [5] CENT/TS 14774-1: Solid Biofuels - Methods for determination of moisture content - Oven dry method. Part 1: Total moisture - Reference method, (2004).
- [6] CENT/TS 14774-2: Solid Biofuels - Methods for determination of moisture content- Oven dry method. Part 2: Total moisture - Simplified method, (2004).
- [7] CENT/TS 14774-3: Solid Biofuels - Methods for determination of moisture content-Oven dry method. Part 3: Moisture in general analysis sample, (2004).
- [8] CENT/TS 14775: Solid Biofuels - Methods for determination of ash content, (2004).
- [9] UNI 9903-8: Combustibili solidi non minerali ricavati da rifiuti (RDF). Determinazione delle sostanze volatili. (in Italian), (1992).
- [10] ASTM D5373: Standard test method for instrumental determination of carbon, hydrogen, and nitrogen in laboratory sample of coal and coke, (2002).
- [11] UNI 9017: Legno da ardere - Determinazione delle caratteristiche energetiche (in Italian), (1987).
- [12] CEN/TS 15289 Solid biofuels - Determination of total content of sulphur and chlorine, 2006.
- [13] C. Buratti, I. Costarelli, F. Fantozzi: Laboratory scale anaerobic digestion at the Italian Biomass Research Centre, 14th European Biomass Conference and Exhibition, Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Parigi, 17-21 ottobre 2005.
- [14] G. Bidini, F. Cotana, C. Buratti, F. Fantozzi, I. Costarelli: Digestore anaerobico da laboratorio del Centro di Ricerca sulle Biomasse. 61° Congresso Nazionale ATI. Perugia 12-15 Settembre 2006.
- [15] UNI EN 303-5 Caldaie per combustibili solidi, con alimentazione manuale e automatica, con una potenza termica nominale fino a 300 kW (terminologia, requisiti, prove e marcatura), 2004.
- [16] UNI EN 14785 Apparecchi per il riscaldamento domestico alimentati con pellet di legno - Requisiti e metodi di prova, 2006. ■