UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

FLORE
Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Filiera foresta-energia in Toscana: effetti economici, ambientali e sociali di alcune realtà montane

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

Filiera foresta-energia in Toscana: effetti economici, ambientali e sociali di alcune realtà montane / Claudio Fagarazzi, Alessandro Tirinnanzi. - In: SHERWOOD. FORESTE ED ALBERI OGGI. - ISSN 1590-7805. - STAMPA. - 194:(2012), pp. 11-17.

Availability:

The webpage https://hdl.handle.net/2158/816679 of the repository was last updated on

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf)

Publisher copyright claim:

La data sopra indicata si riferisce all'ultimo aggiornamento della scheda del Repository FloRe - The above-mentioned date refers to the last update of the record in the Institutional Repository FloRe

(Article begins on next page)

16 September 2026

Va a questo proposito evidenziata l'incoerenza tra le affermazioni di principio nei documenti di pianificazione e nelle ultime leggi regionali e l'attuale direzione dei cambiamenti istituzionali; da un lato, infatti, le Regioni riconoscono l'alto valore delle foreste pubbliche e l'importanza della loro multifunzionalità, dall'altro si assiste invece ad una sostanziale destrutturazione del settore ed una riduzione delle risorse necessarie a garantirne il buon funzionamento. Come previsto, la maggiore influenza sui cambiamenti è esercitata dalle autorità politiche, mentre le altre categorie di portatori d'interesse sono coinvolte nel processo decisionale molto raramente, influenzandolo in modo del tutto marginale.

Un altro aspetto chiave che emerge dai risultati è l'assenza di valutazioni *ex ante* ed *ex post* sulla convenienza finanziaria dei cambiamenti; anche in questo caso le opinioni dei funzionari forestali e degli impiegati spesso non sono tenute in considerazione. Ci sono difficoltà nel dialogo e nella collaborazione tra le organizzazioni e gli uffici interni al settore, probabilmente a causa di un'ancora non chiara distribuzione dei compiti e delle competenze. Va segnalato che questi cambiamenti si verificano parallelamente ad una riduzione del valore delle produzioni legnose e non legnose come registrate nelle statistiche nazionali (il 2011, ultimo anno di cui si dispongono dati di fonte ISTAT, rappresenta un minimo storico nei prelievi di legname degli ultimi 30 anni). Riduzione delle produzioni commerciali - ormai inferiori allo 0,02% del Prodotto Interno Lordo nazionale, riduzioni degli investimenti pubblici nel settore, minor ruolo dell'apparato amministrativo, sono tre aspetti dello stesso processo, ma forse anche **tre indicatori della stessa incapacità** delle istituzioni pubbliche di valorizzare una risorsa che copre un terzo del territorio nazionale.

Per i motivi sopra citati sono desiderabili e necessari, secondo l'opinione di tutti gli intervistati, ulteriori cambiamenti istituzionali, in particolare una riorganizzazione del settore che comporti una distribuzione più bilanciata ed efficace del potere decisionale tra gli operatori e perciò più chiarezza sui ruoli delle differenti istituzioni. Peraltro la presenza di tanti diversi processi di riforma potrebbe essere l'occasione per un utile confronto tra i decisori pubblici volto all'individuazione dei modelli istituzionali più efficaci; ciò presuppone tuttavia uno sforzo di comparazione critica, di coordinamento e integrazione che solleva non poche resistenze tra i rappresentanti delle istituzioni. In conclusione le istituzioni del settore forestale nel Nord Italia non sembrano essere adeguatamente preparate per fronteggiare le sfide imposte dai cambiamenti sociali ed economici su scala globale e regionale.

Di fronte a questo scenario, il settore e soprattutto tutte le istituzioni forestali regionali dovrebbero organizzarsi nel breve periodo al fine di trovare delle nuove forme di confronto e collaborazione, orientate al miglioramento dell'efficienza e della *governance* interna alle istituzioni forestali, ma anche della *governance* complessiva del settore scegliendo in futuro di coinvolgere nel processo decisionale anche gli altri attori della società civile.

Bibliografia

Berkes F., 2010 - **Devolution of environment and resources governance: Trends and future.** Environmental Conservation, 37(4): 489-500.

Boutefeu B., 2008 - **La réforme de l'Office National des Forêts: Quelles conséquences pour les forestiers publics et leur système de valeurs?** Revue Forestière Française, 60(6): 691-709.

Buttoud G., 2007 - **Forêt et réforme: Un secteur en transition?** Revue Forestière Française, 59(5): 570-576.

Buttoud G., Kouplevatskaya-Buttoud I., Slee B., Weiss G., 2011 - **Barriers to institutional learning and innovations in the forest sector in Europe: markets, policies and stakeholders.** Forest Policy and Economics, 13(2): 124-131.

Calvo E., 2013 - ERSAF Regione Lombardia, comunicazione personale.

Carbone F., Savelli S., 2009 - **Forestry programmes and the contribution of the forestry research community to the Italy experience.** Forest Policy and Economics, 11 (7): 508-515.

Casini L., Gravano E., Perulli D., Ventre T., 2011 - **Come nasce una foresta modello. L'esperienza toscana.** Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi, 171: 13-16.

Gatto P., Pettenella D., Secco L., 2009 - **Payments for Forest Environmental Services: organisational models and related experiences in Italy.** i-Forest, 2: 133-139.

Hodgson G. M., 2006 - **What Are Institutions?** Journal of Economic Issues. 40 (1): 1-24.

Hogl K., Pülzl H., 2013 - **European Forest Governance: issues at stake and the way forward.** Presentazione dei risultati preliminari dello studio "ThinkForest", European Forest Institute (EFI). *www.thinkforest.efi.int/files/attachments/events/2012/presentations_hogl_and_pulzl.pdf*

Krott M., Stevanov M., 2008 - **Comprehensive comparison of state forest institutions by a causative benchmark-model.** Allgemeine Forst- Und Jagdzeitung, 179(4): 57-64.

Montiel C., Galiana L., 2005 - **Forest policy and land planning policy in Spain: A regional approach.** Forest Policy and Economics, 7(2): 131-142.

North D.C., 1990 - **Institutions, Institutional Change and Economic Performance.** Cambridge University Press.

Rota O., 2011 - **Intervento al convegno "Parliamo della montagna veneta nell'anno internazionale della foresta", Fai-Cisl, Flai-Cgil - e Uila-Uil del Veneto, Fondazione Giuseppe Corazzin Onlus.** Legnaro (PD), 28 Novembre 2011. *www.fondazionecorazzin.it/2011/resoconto-e-materiali-dal-convegno-parliamo-della-montagna-veneta-nellanno-internazionale-della-foresta-28-novembre-2011*

Secco L., Pettenella D., 2006 - **Participatory processes in forest management: the Italian experience in defining and implementing forest certification schemes.** Schweizerische Zeitschrift fur Forstwesen (Swiss Forestry Journal), 157 (10): 445-452.

Vidale E., Pettenella D., Secco L., Gatto P., 2012 - **Pagamenti per servizi ambientali. Teoria, sistema giuridico e implementazione.** Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi, 180: 21-26.

INFO.ARTICOLO

Autori: Luca Saccone, *Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali (TESAF), Università degli Studi di Padova. E-mail* luca.saccone.job@gmail.com
Laura Secco, *Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali (TESAF), Università degli Studi di Padova. E-mail* laura.secco@unipd.it
Davide Pettenella, *Dipartimento Territorio e Sistemi Agroforestali (TESAF), Università degli Studi di Padova. E-mail* davide.pettenella@unipd.it

Parole chiave: *Politica forestale, amministrazione pubblica, gestione forestale, cambiamento istituzionale,* governance, *Nord Italia.*

Abstract: ***Public forest administrations in the North of Italy. Rationalising or dismantling?*** *In the last 5-10 years, the forest policy agenda and public forest administrations' tasks and influence have significantly changed. As a consequence, many countries are experiencing a profound re-organization of public forest institutions. The paper gives a pilot analysis of changes occurred and expected in 6 Italian Northern Regions. The analysis, based on direct interviews to 24 forest officials, shows the progressive significant loss of importance of the sector in the political.*

Keywords: *Forest policy, public administrations, forest management, reforms, institutional changes, governance, North of Italy.*

Ringraziamenti: *si ringraziano coloro che hanno cortesemente risposto alle interviste, i dipendenti regionali che hanno testato il questionario e il dott. Enrico Calvo che ha anche offerto preziosi suggerimenti nell'impostazione dell'indagine.*

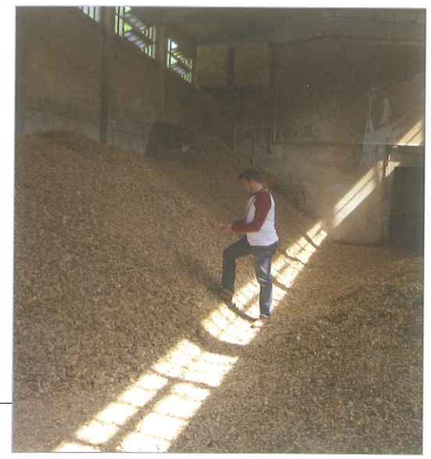
Filiera foresta-energia in Toscana

Effetti economici, ambientali e sociali in alcune realtà montane

di Claudio Fagarazzi
Alessandro Tirinnanzi

Nell'ambito di un progetto transfrontaliero denominato BIOMASS(1) sono stati monitorati due impianti di teleriscaldamento installati in Garfagnana e Lunigiana. I risultati rappresentano uno strumento di supporto per progettare, organizzare e gestire filiere simili, anche in termini di previsione degli effetti socio-economici su comunità locali e imprese.

La strutturazione di una filiera biomassa-energia economicamente ed ecologicamente efficiente richiede un'adeguata valutazione degli effetti economici, ambientali e territoriali connessi all'introduzione delle nuove tecnologie produttive. La scelta delle tecnologie, siano esse basate su processi termochimici (combustione diretta, carbonizzazione, pirolisi, gassificazione o *stream explosion*), che su processi biochimici (digestione anaerobica/aerobica, fermentazione alcolica, ecc.) rappresenta infatti l'elemento cardine da cui dipende la sostenibilità economica della filiera nel medio e lungo periodo. Tale scelta è infatti condizionata dalle tipologie di biomasse disponibili nella zona e dallo sviluppo tecnologico dei diversi sistemi di conversione energetica. Alcune di queste tecnologie possono ritenersi ormai mature e giunte a un livello di sviluppo tale da consentirne la commercializzazione, altre invece, più recenti e molto complesse, necessitano di ulteriore sperimentazione al fine di aumentare i rendimenti e ridurre i costi di conversione energetica. Ad eccezione della combustione diretta, tutte le altre tecnologie rappresentano pretrattamenti volti a incrementare la resa termica, sfruttare sino in fondo il materiale disponibile, migliorarne la praticità di trasporto, di impiego e le caratteristiche di stoccaggio.



La stessa combustione, realizzata con caldaie a ventilazione forzata abbinate ad esempio a reti di teleriscaldamento, mira proprio a innalzare i rendimenti dei sistemi di conversione energetica, così da minimizzare sia i costi di produzione, sia l'uso di risorse rinnovabili come le biomasse di origine forestale e agricola. L'analisi economico-ambientale delle filiere realizzate rappresenta, dunque, un tassello importante per verificare l'effettiva sostenibilità del sistema ed eventuali problematiche. Il presente contributo è quindi diretto a esaminare alcune filiere biomassa-energia realizzate in Toscana con caldaie ad alta efficienza basate su un processo di combustione diretta configurato con tecnologie di teleriscaldamento.

In particolare, lo studio è volto a valutare l'effettiva efficienza economica della tecnologia, la sostenibilità economica di lungo periodo della filiera, gli effetti sociali indotti sulle imprese e sulla comunità e gli effetti ambientali determinati da queste nuove tecnologie, nonché eventuali

(1) BIOMASS: Politiche e strumenti per la valorizzazione delle biomasse come fonte energetica rinnovabile.

problematiche gestionali e organizzative rilevate dai vari attori coinvolti nella filiera. Le esperienze illustrate nel presente contributo sono il risultato di due anni di attività di monitoraggio, realizzate nell'ambito del progetto transfrontaliero BIOMASS che ha esaminato le imprese di fornitura del combustibile, i gestori degli impianti termici e le utenze finali.

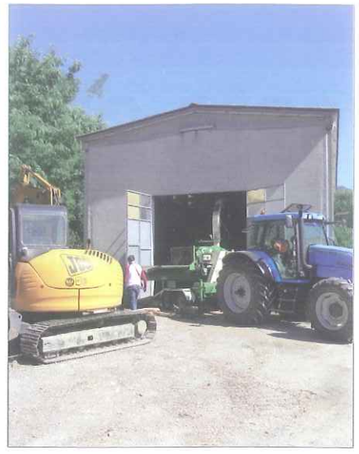
Filiere esaminate

Nell'ambito del suddetto progetto, sono state monitorate molteplici configurazioni della filiera foresta-legno-energia, basate su tecnologie di teleriscaldamento con caldaie ad alta efficienza (vedi **www.biomass.it-fr.eu**). Ciò allo scopo di verificare le scelte organizzative, i punti di forza e di debolezza e proporre adeguamenti sulla base delle esperienze incrociate, così da migliorarne le *performance* energetiche e socio-economiche (Marinelli *et al*. 2012).

Fra le filiere monitorate nell'area toscana, due tipologie sono risultate particolarmente interessanti sia per le *performance* economiche conseguite sia perché rappresentano modelli organizzativi replicabili, con maggiore facilità, nel contesto territoriale di riferimento. **La filiera dell'Unione dei Comuni Montagna Lunigiana (UCML)** è basata su produzione di cippato proveniente dalle foreste demaniali e su un impianto di teleriscaldamento gestito in proprio a servizio di tre utenze pubbliche. **La filiera del Comune di San Romano in Garfagnana** è basata invece sull'acquisto del cippato da imprese forestali e da segherie locali per alimentare un impianto di teleriscaldamento gestito in proprio a servizio di strutture pubbliche e di privati cittadini (Fagarazzi *et al*. 2011).

La prima filiera utilizza cippato originato da interventi di miglioramento, come diradamenti e sfolli, in boschi situati a distanze variabili tra i 5 ed i 50 km dall'impianto termico. I tronchi prodotti vengono poi accumulati in cataste presso una piattaforma logistica (AA.VV. 2006) situata a 1,8 km di distanza dall'impianto. Lo stoccaggio dei tronchi per tutta la stagione estiva permette di ridurre il Contenuto Idrico (M) dal 45-50% iniziale, al 25-30%.

La cippatura è eseguita, da contoterzista, i primi di settembre di ogni anno e il cippato realizzato è direttamente stoccato all'interno di un capannone presente nella piattaforma logistica. L'impianto termico ha una potenza di 220 KW e riscalda la sede dell'UCML, una scuola materna e la sede della Pubblica Assistenza, per complessivi 6.300 m^3.



L'accensione avviene nel solo periodo invernale e il rendimento energetico medio annuo dell'impianto è pari a circa il 65%.

Nella seconda filiera il cippato impiegato ha invece origini diverse: tagli fitosanitari delle pinete litoranee pisane; diradamenti e ripuliture di alvei dell'area garfagnina; scarti legnosi forniti da una segheria.

La gestione dell'impianto è effettuata direttamente dall'Amministrazione comunale che impiega il calore per riscaldare utenze pubbliche: il municipio, la biblioteca, l'asilo, la scuola materna e la scuola elementare, cui si aggiungono altre 80 utenze private che si sono allacciate in tempi diversi: 40 utenze il primo anno, 11 utenze al terzo anno e 29 utenze al quarto anno.

In questo caso l'impianto è costituito da due caldaie di 500 e 320 KW di potenza, utilizzate, sia per il periodo invernale sia per quello estivo, per la produzione di acqua sanitaria. Il consumo medio annuo di cippato è stato di 624 t s.f. con 51 utenze, ma dall'inverno 2012/2013 si attesterà a circa 860 t s.f./anno. Il rendimento energetico, su base annua, supera il 77%. Il Comune (gestore) effettua la vendita dell'energia alle utenze private a 45 €/MWh più IVA al 10%, cui deve essere aggiunto il credito d'imposta pari a 25,82 €/MWh.

Valutazione economica

La valutazione dell'efficienza economica è stata effettuata in un'ottica strettamente contabile-finanziaria, capace di fornire risultati utili a supportare le scelte gestionali delle PP.AA. (Marinelli *et al*. 2012). Sono stati quindi presi in considerazione i soli costi espliciti. In particolare, sono stati definiti i flussi dei costi attualizzati, relativi all'impianto a biomassa legnosa (VAC), rispetto al flusso dei costi attualizzati che avremmo dovuto sostenere se avessimo realizzato un impianto analogo alimentato a combustibili fossili (Fagarazzi e Bernetti 2008). Per i casi esaminati la comparazione è stata eseguita rispetto a gasolio e GPL, poiché le aree non sono servite da rete del gas metano. Gli indicatori di efficienza economica impiegati sono quindi rappresentati dalla differenza dei costi attualizzati (ΔVAC)[2], dal tasso interno di rendimento (TIR), dal tempo di ritorno dell'investimento, o *Payback period* (PBP), dal prezzo di *Break Even Point* (BEP) del cippato. In particolare, nel caso del Comune di San Romano, è stato necessario impiegare un approccio analitico traslato dalla contabilità operativa, ovvero il metodo del costo pieno (Fagarazzi 2007)[3]. In tal modo è stato possibile definire gli elementi di costo delle due linee produttive:

- energia per autoconsumo delle strutture pubbliche;
- energia per la vendita agli utenti privati.

La modalità di attribuzione dei costi indiretti, ritenuta più coerente, è risultata quella di attribuirli secondo il criterio della quantità di prodotto, stante l'ipotesi che l'entità dei fattori produttivi impiegati è proporzionale alla quantità dei prodotti (energia) realizzati da ciascuna linea produttiva[4].

Risultati economici

UCML

L'investimento ammonta a 142.999 €, totalmente a carico dell'Unione dei Comuni Montagna Lunigiana. L'impianto è stato cofinanziato dalla Regione Toscana sulla base di accordo volontario settoriale D.G.R.882/2005 per 36.000 €. Non sono presenti investimenti legati alla realizzazione della piattaforma, poiché era già nelle disponibilità dell'UCML prima della realizzazione dell'impianto.

(2) Formalmente avremo:

$$\Delta VAC = VAC^{R} - VAC^{F} = \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t^R}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t^F}{(1+r)^t}$$

dove "CRt" e "CFt" rappresentano, rispettivamente, i costi totali annui sostenuti all'anno t-esimo per l'impianto a cippato (R) e per l'impianto a gasolio (F); n rappresenta la durata dell'investimento e r il saggio di interesse, o tasso di sconto.

(3) Lo studio del costo pieno si basa sulla classificazione dei costi in:

- *diretti, ovvero quelli direttamente connessi alla realizzazione del prodotto (es. combustibile);*
- *indiretti, cioè i costi legati a fattori produttivi impiegati congiuntamente per entrambi i prodotti (es. costi di ammortamento dei materiali, costi amministrativi, ecc.)*

(4) La valutazione ha anche considerato il fatto che le utenze private non si sono allacciate tutte al momento della realizzazione dell'impianto, ma in tempi diversi.

Altri parametri caratterizzanti sono i seguenti:

- **vita utile impianto:** 15 anni (scelta cautelativa, poiché le esperienze gestionali nord e centro europee dimostrano vite utili di 20 o più anni);
- **saggio di attualizzazione applicato:** 2,25% (tasso reale derivato dalla differenza tra la media dei tassi applicati negli anni 2009, 2010 e 2011 dalla Cassa Depositi per i fidi ventennali accesi dal Comune di San Romano e la media dei tassi di inflazione verificatisi nello stesso periodo);
- **costo di produzione del cippato:** 43,50 €/t (solo costi espliciti; in questo caso, i costi annui includono anche i costi di gestione della piattaforma di stoccaggio e della corrispondente logistica);
- **consumo medio annuo del cippato:** 72 t s.f./anno;
- **contenuto idrico medio:** 24%;
- **energia primaria media immessa nell'impianto:** 271 MWh/anno;
- **energia utile media:** 176 MWh/anno (media dei consumi verificati alle utenze negli anni 2010/2011 e 2011/2012);
- **rendimento impianto:** stagioni 2010/2011 e 2011/2012 64,94% (rapporto tra energia utile e energia primaria immessa);
- **contenuto energetico medio cippato:** 3,75 MWh/t s.f..

Un primo risultato, emerso dalle attività di monitoraggio, è la verifica della rilevante entità dei costi legati al consumo di energia elettrica (2.059 €/anno), che se confrontati con i costi sostenuti per l'approvvigionamento del cippato (3.147 €/anno) rappresentano oltre il 65% di questi ultimi. L'altro rilevante aspetto economico è l'elevata efficienza dell'investimento. In questo caso l'approccio comparativo tra investimenti alternativi (ΔVAC), **ha stimato un risparmio attualizzato, calcolato sulla durata dell'investimento, di ben 237.203 € nei 15 anni di vita dell'impianto,** cui corrisponde un TIR di oltre il 74% e un tempo di ritorno dell'investimento di appena 2 anni (Tabella 1). Il prezzo di BEP del cippato raggiunge addirittura i 303 €/t s.f., confermando l'ottima efficienza dell'investimento anche rispetto ai costi di produzione in ambito forestale (circa 76 €/t s.f. in area Lunigiana - Fonte UCML). Si tratta quindi di un investimento estremamente efficiente che **nei 7 anni di attività ha già fatto risparmiare alla P.A. 106.620 €, tenuto conto del cofinanziamento regionale.**

Comune di San Romano

L'investimento realizzato dal Comune di San Romano in Garfagnana è stato pari a 684.450 €, parzialmente cofinanziato dalla Regione Toscana con il Programma straordinario degli investimenti (2005) e con bando POR-Creo per un importo complessivo di 254.000 €. Ulteriori parametri caratterizzanti la valutazione dell'investimento sono:

- **vita utile impianto:** 15 anni (scelta cautelativa, vedi caso precedente);
- **saggio di attualizzazione applicato:** 2,25% (vedi caso precedente);
- **tasso interesse:** 4,803%, ponderato delle rate mutui 20 anni attivati con Cassa Depositi e Prestiti (CDP);
- **quota interessi:** mutui ventennali ricalcolata su 15 anni di vita utile dell'impianto;
- **prezzo del cippato:** 56,5 € + IVA;
- **consumo annuo di cippato:** stagioni 2009/2010 e 2010/2011: 532 t s.f./anno; 2011/2012: 624 t s.f./anno; 2012/2013: 868 t s.f./anno (stimato);
- **contenuto idrico medio cippato:** 38,7%;
- **energia immessa nell'impianto:** stagioni 2009/2010 e 2010/2011: 1.559 MWh/anno; 2011/2012: 1.828 MWh/anno; 2012/2013: 2.544 MWh/anno (stimato);
- **energia prodotta**: stagioni 2009/2010 e 2010/2011: 1.184,84 MWh/anno; 2011/2012: 1.391 MWh/anno; 2012/2013: 1.934 MWh/anno (stimata);
- **rendimento impianto:** 2010/2011: 77,06%;
- **prezzo di vendita dell'energia termica:** 70,28 €/MWh (incluso credito d'imposta al netto IVA);
- **energia venduta:** stagioni 2009/2010 e 2010/2011: 748 MWh; 2011/2012: 955 MWh; 2012/2013: 1.498 MWh (stimata);
- **energia termica media autoconsumata da strutture pubbliche:** (2009/2010 e 2010/2011): 436 MWh/anno;
- **fatturato vendita energia:** 2009/2010 e 2010/2011 56.100 €/anno; 2011/2012 71.625 €/anno; 2012/2013 112.350 €/anno (stimata).

	Senza finanziamento iniziale	Con finanziamento della Regione del 25%
Tempo di ritorno (anni)	4	2
ΔVAC (€)	198.933	237.203
Tasso Interno di Rendimento (%)	32%	74%
Prezzo di BEP del cippato (€/t s.f.)	262	303
Risparmio medio annuo(*) (€/anno)	15.773	18.808

(*) A parità di energia

Tabella 1 - Indici di efficienza finanziaria dell'investimento con "solo autoconsumo" (UCML).

	Senza finanziamento iniziale	Con finanziamento Regionale del 37%
Tempo di ritorno (anni)	>16	8
ΔVAC (€)	-40.055	331.166
Saggio di Rendimento Interno (%)	NC	14,9%
Prezzo di BEP del cippato (€/t s.f.)	57,8	97,9
Risparmio medio annuo (€/anno)(*)	-3.176	26.258
Prezzo di BEP dell'energia (€/MWh)	77,50	54,30
Costo medio di produzione dell'energia *ex-ante* (€/MWh)	147,12	
Costo medio di produzione dell'energia ex-post (€/MWh)	65,84	53,04

(*) Tali valutazioni non sono a parità di energia erogata ex-ante *ed* ex-post. *Nella situazione* ex-post *i consumi delle utenze sono superiori del 37% (Tabella 4). In questo caso il parametro di riferimento appropriato è rappresentato dal costo medio di produzione dell'energia.*

Tabella 2 - Valutazione complessiva della linea produttiva "autoconsumo" più linea produttiva "vendita energia" termica (Comune di San Romano).

In Tabella 2 sono illustrati i risultati economici nelle condizioni di dinamica reale delle utenze. Con tale configurazione **il "tempo di ritorno" dell'investimento si attesta a 8 anni, il risparmio attualizzato sarà pari a 331.166 €** e il TIR raggiungerà il 14,9%, quindi superiore rispetto al costo del denaro acquisito c/o la CDP (4,08%). Il prezzo di BEP del cippato si attesterà a 97,9 €. In queste condizioni la somma dei risparmi medi annui conseguiti dalle strutture pubbliche e degli utili annui derivati dalla vendita dell'energia alle 80 utenze private, si attesterà a 26.258 €/anno. Il prezzo di BEP del calore venduto si attesterà a 54,3 €/MWh (incluso credito d'imposta al netto IVA).

Nel caso specifico, gli indicatori di efficienza finanziaria tradizionali non si prestano molto bene per la verifica di efficienza. Questo perché la valutazione è stata eseguita rispetto ai consumi realmente sostenuti sia nella confi-

gurazione *ex-ante* sia *ex-post*. Nella configurazione attuale, la produzione energetica supera del 37% quella *ex-ante* realizzazione dell'impianto. Ne consegue che gli indicatori tradizionali (VAC, TIR, ecc.) sottostimano l'efficienza dell'investimento. Per tale ragione si è proceduto anche al calcolo dei costi medi di produzione energetica nella condizione *ex-ante* ed *ex-post* realizzazione impianto. **È subito evidente che il costo di produzione dell'energia è molto inferiore alla situazione *ex-ante* anche in assenza di finanziamento pubblico.** Nello specifico, esso si attesta a 65,84 €/MWh con una riduzione dei costi rispetto alla situazione pregressa che supera il 55%. **Ne consegue un'elevata efficienza dell'investimento anche in assenza di finanziamento.**

La valutazione di efficienza dell'investimento per le abitazioni private è stata eseguita per singola utenza. In pratica, per ciascun utente privato della rete di teleriscaldamento, sono stati indagati i mix di consumi energetici pregressi (GPL, gasolio, legna da ardere, *pellet*, ecc.), l'energia termica attualmente consumata attraverso la rete di teleriscaldamento e le eventuali integrazioni energetiche legate all'uso di stufe a legna, caminetti, ecc..

I risultati evidenziano una variabilità nei costi di produzione energetica che è frutto del mix di tecnologie installate presso ciascuna abitazione (es. caminetto, stufa a legna, caldaia a GPL, ecc.). In particolare, emerge che le utenze con le migliori *performance* economiche sono quelle che hanno grandi assorbimenti termici dalla rete di teleriscaldamento ed un limitato ricorso a fonti energetiche integrative. In questi casi, i costi medi dell'energia termica impiegata nell'abitazione sono variabili tra i 50 e i 70 €/MWh. Nel caso, invece, di cospicuo uso di fonti energetiche integrative (legna da ardere) i costi medi sono compresi tra i 70 €/MWh ed i 100 €/MWh. In questo caso l'innalzamento dei costi di produzione è legato soprattutto all'uso di tecnologie a bassa efficienza (caminetti e stufe) di vecchia generazione, che determinano un maggior consumo di combustibili a parità di energia termica utile per l'abitazione.

In ogni caso, per le utenze private allacciate alla rete di teleriscaldamento, i costi medi dell'energia termica sono sempre inferiori rispetto ai costi sostenuti nella configurazione pregressa, quando il cospicuo consumo di combustibili fossili determinava un costo medio dell'energia tra i 95 €/MWh ed i 140 €/MWh.

Sostenibilità economica di medio-lungo periodo

Per realizzare filiere energetiche basate su fonti rinnovabili è necessario garantire vantaggi economici a tutti gli attori della filiera. Senza questo basilare requisito qualsiasi intervento, anche se fondato su virtuosi presupposti ambientali, è destinato a fallire. Nel caso in esame è dunque necessario che i soggetti coinvolti realizzino un vantaggio economico dall'operazione di strutturazione della filiera energetica fondata su biomasse solide di origine forestale. Nel caso delle imprese di utilizzazione forestale toscane, lo sviluppo di questa nuova "linea produttiva" richiede però investimenti legati alla trasformazione del prodotto (cippatrice), alla logistica (piattaforme) e all'organizzazione dei cantieri in relazione ai mezzi disponibili (*full tree system*, esbosco in due tempi, ecc.). Di conseguenza, l'attivazione della "linea produttiva cippato" è strettamente correlata a idonee garanzie di sostenibilità economica di lungo periodo dell'investimento, che si traducono in valutazioni sui prezzi spuntati (o spuntabili) dal cippato sul mercato. In ragione di questo, i principali "indicatori di sostenibilità della filiera" sono quindi rappresentati da due differenziali: quello tra prezzo di mercato del cippato (Pm) e i costi di produzione dell'impresa di utilizzazione forestale (c), e quello tra il prezzo di *Break Even Point* degli impianti di produzione energetica (Pbep) (teleriscaldamento o cogenerazione) e il prezzo di mercato del cippato (Pm) (Figura 1). In particolare, è possibile definire due margini di sicurezza rispetto al prezzo di mercato:

- Ms_1 indica, in percentuale, la diminuzione massima del prezzo di mercato del cippato capace di garantire la copertura dei costi di produzione del cippato per l'impresa di utilizzazione forestale;

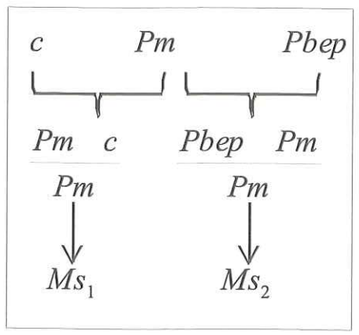


Figura 1 - Margini di sicurezza rispetto al prezzo di mercato del cippato per alcuni attori della filiera.

- Ms_2 indica invece, in percentuale, l'incremento massimo del prezzo di mercato del cippato capace di garantire comunque la copertura dei costi di produzione dell'impresa di produzione energetica (termica o elettrica o termo-elettrica). È evidente che maggiori sono i margini di sicurezza dei due operatori della filiera e maggiori saranno le garanzie di sostenibilità economica di lungo periodo della filiera. Per garantire ciò è quindi necessario che vi sia la massima differenza assoluta tra c e Pbep.

UCML

Sviluppando una simulazione per la filiera rappresentata dell'impianto di teleriscaldamento dell'UCML, considerato che il costo di produzione del cippato è circa 76 €/t s.f. (fonte: Area Forestazione UCML) e che il Prezzo di BEP del cippato per il suddetto impianto è pari a 303 €/t s.f., è evidente che, rispetto agli attuali prezzi di mercato del cippato (60-70 €/t s.f.), il margine di sicurezza Ms1 risulta pari a circa -6% mentre Ms_2 è pari a circa 321%[5]. Il gestore dell'impianto ha dunque ampi margini di sicurezza dell'investimento, mentre l'impresa di utilizzazione forestale non ha convenienza a realizzare tagli con produzione congiunta (assortimento principale e residui di lavorazione) in assenza di contribuzione pubblica. Prezzi di mercato del cippato prossimi agli 80-90 € potrebbero dunque favorire anche l'interesse delle imprese a realizzare tagli per produzioni congiunte, pur garantendo ampi margini per il gestore dell'impianto (237% ≤ Ms_2 ≤ 270%).

Comune di San Romano

Passando ad esaminare la filiera del Comune di San Romano, osserviamo che il margine Ms_1 per l'impresa forestale è variabile, poiché i costi di produzione dei fornitori possono variare dai 35-40 €/t s.f. per materiale derivato da ripuliture alvei, diradamenti e tagli fitosanitari (considerando taglio, abbattimento, allestimento e esbosco coperti da finanziamenti PSR), ai 90 €/t s.f. per produzioni forestali congiunte in particelle abbastanza disagiate (Spinelli e Nati 2009). Rispetto ai prezzi di mercato del cippato, rilevabili localmente (56,5 € + IVA), Ms_1 può quindi variare dal 29 al 47% per materiale derivato da manutenzione forestale a -65% per materiale derivato da produzione forestale congiunta. Considerato che il prezzo di BEP del cippato è pari a 97,9 €/t s.f., il gestore dell'impianto ha margine Ms_2 positivo e pari a circa il 70% del prezzo di mercato.

In entrambi i casi sussitono quindi i presupposti per la sostenibilità economica di medio-lungo periodo della filiera, anche se, nel caso di San Romano, sarebbe stato opportuno l'allaccio di tutte le utenze in tempi molto più contenuti e la vendita dell'energia termica a un prezzo superiore (ad esempio 70 €/MWh escluso credito d'imposta) rispetto a quello attualmente praticato (45 €/MWh escluso credito d'imposta), mantenendo comunque elevati margini di competitività rispetto al mix energetico consumato in precedenza dalle singole utenze (da 95 a 140 €/MWh).

Valutazione degli effetti socio-economici locali

Gli impianti di teleriscaldamento a biomassa solida sono tradizionalmente realizzati nelle aree montane, sia per la prossimità delle risorse forestali, sia per effetto dei contributi economici di cui godono gli investimenti realizzati in queste aree svantaggiate (credito d'imposta, contributi a fondo perduto, ecc.). I nuclei abitati dove vengono collocati gli impianti di teleriscaldamento si caratterizzano per l'uso cospicuo di combustibili fossili come il gasolio e il GPL, ma anche per il consumo di legna da ardere. Ricordiamo infatti che la Toscana è il principale consumatore, a livello nazionale, di legna da ardere, con circa 1,4 milioni di metri cubi annui (Pettenella e Andrighetto 2011, Istat 2011). Per verificare gli effetti sul tessuto sociale locale, determinati dall'introduzione di un impianto di teleriscaldamento a cippato di legno, è quindi indispensabile verificare la dinamica dei consumi energetici prima e dopo la realizzazione degli impianti.

UCML

Nel caso dell'impianto dell'UCML si è verificata una sostituzione totale di combustibile fossile (gasolio) con combustibile rinnovabile (cippato di legno) (Tabella 3). L'indagine, relativa ai consumi pregressi e attuali della struttura pubblica, ha permesso anche la verifica delle variazioni di consumo energetico. In particolare, emerge un incremento netto di benessere dei fruitori delle tre strutture (sede UCML, scuola e pubblica assistenza) in quanto l'energia impiegata attualmente per il riscaldamento è circa il 76% in più rispetto alla situazione pregressa (con uso combustibili fossili). Gli effetti sul settore forestale locale sono riconducibili al coinvolgimento di un'impresa di utilizzazioni nelle attività di trasporto e cippatura del materiale, mentre le attività selvicolturali vere e proprie (taglio, abbattimento ed esbosco) sono rimaste invariate poiché riconducibili a interventi di manutenzione realizzati anche in precedenza.

Comune di San Romano

Nel caso dell'impianto di San Romano, è stata approntata un'indagine su tutte le utenze private allacciate alla rete di teleriscaldamento per conoscere le tipologie di impianti termici disponibili e i consumi energetici corrispondenti. Come è infatti osservabile dall'esame della Tabella 4, le utenze private allacciate alla rete di teleriscaldamento mantengono comunque attivi anche altri sistemi di riscaldamento domestico.

Di conseguenza, solo attraverso l'indagine diretta è stato possibile definire il mix energetico pregresso e attuale delle singole utenze. I risultati illustrati in Tabella 4 evidenziano che il consumo energetico delle utenze pubbliche (2 scuole, 1 asilo, biblioteca e Municipio) è notevolmente aumentato anche in questo caso, passando da circa 200 MWh/anno a oltre 430 Mwh/anno, con un incremento di circa il 118%. Di conseguenza il benessere termico dei fruitori delle strutture pubbliche è aumentato sensibilmente.

La stessa dinamica è osservabile anche per le utenze private che passano dai 1.448 Mwh/anno ai 1.828,79 MWh/anno della situazione attuale, con un incremento di circa il 26% dell'energia termica consumata. Si determina quindi un incremento di benessere termico per gli utenti privati, anche se di entità inferiore rispetto alle utenze pubbliche. Relativamente alle utenze private, osserviamo l'abbandono dei combustibili fossili, mentre i consumi di combustibili rinnovabili tradizionali (legna da ardere e *pellet*) si riducono drasticamente. La legna da ardere passa dai 713,84 MWh/anno ai 315,28 MWh/anno, con una riduzione di circa il 56%, mentre il *pellet*, passa dai 42,70 MWh/anno ai 15,51 MWh/anno. In termini quantitativi, il consumo di legna da ardere è passato da 432,71 t s.f./anno a 199,06 t s.f./anno, con una contrazione del 54% circa, mentre il consumo di *pellet* è passato da 9,26 t/anno

Consumi Energetici per Riscaldamento			*Ex-ante* energia		*Ex-post* energia		Variazione %
Settore	**Fonti**		**Mwh/anno**	**%**	**Mwh/anno**	**%**	***ex-ante/ex-post***
Pubblico	Energia fossile	Gasolio	100	100%			-100%
		GPL					
	Energie rinnovabili	Cippato			176	100%	+100%
		Legna ardere					
		Pellet					
		TOTALE	**100**	**100**	**176**	**100**	**76%**

Tabella 3 - Dinamica dei consumi di combustibili per riscaldamento per edifici connessi alla rete di teleriscaldamento dell'Unione Comuni Montagna Lunigiana.

Consumi Energetici per Riscaldamento			*Ex-ante* energia		*Ex-post* energia		Variazione %
Settore	**Fonti**		**Mwh/anno**	**%**	**Mwh/anno**	**%**	***ex-ante/ex-post***
Pubblico	Energia fossile	Gasolio	51,04	26%	0	0%	-100%
		GPL	149,02	74%	0	0%	-100%
	Energie rinnovabili	Cippato			436,10	100%	+100%
		Totale	**200,06**	**100%**	**436,10**	**100%**	**118%**
Consumi Energetici per Riscaldamento			***Ex-ante* energia**		***Ex-post* energia**		**Variazione %**
Settore	**Fonti**		**Mwh/anno**	**%**	**Mwh/anno**	**%**	***ex-ante/ex-post***
Privato	Energia fossile	Gasolio	296,43	20%		0%	-100%
		GPL	395,62	27%		0%	-100%
	Energie rinnovabili	Cippato			1.498,00	82%	+100%
		Legna ardere	713,84	49%	315,28	17%	-56%
		Pellet	42,70	3%	15,51	1%	-64%
		Totale	**1.448,59**	**100%**	**1.828,79**	**100%**	**26%**
Consumi energetici totali			**1.648,65**		**2.264,89**		**37%**
Consumi energetici Teleriscaldamento					**1.934,10**		

Tabella 4 - Dinamica dei consumi di combustibili per riscaldamento per edifici connessi alla rete di teleriscaldamento del Comune di San Romano in Garfagnana.

(5) Le attuali fonti di biomassa legnose sono rappresentate quasi esclusivamente da:
• sfolli e diradamenti;
• tagli di avviamento all'alto fusto;
• tagli fitosanitari;
• ripuliture alvei fluviali.
Si tratta di interventi, tradizionalmente a macchiatico negativo, ma che, per effetto dei contributi concessi, ad esempio dalla misura 122 del P.S.R. 2007-2013, possono risultare economicamente sostenibili. Grazie agli interventi favoriti dal PSR, si rendono quindi disponibili biomasse legnose, franco imposto, a costi molto contenuti, se non prossimi a zero. Di conseguenza il margine Ms1 non risulta attualmente negativo poiché parte dei costi di produzione sono coperti dai suddetti finanziamenti.

a 3,26 t/anno. Considerato che molti utenti effettuavano auto approvvigionamento di legna da ardere (nella situazione pregressa le quantità di legna da ardere auto approvvigionata erano pari a 140 t s.f./anno, mentre attualmente sono 74,76 t s.f./anno), le quantità acquistate sul mercato locale sono passate da 295,73 t s.f/anno a 124,30 t s.f./anno, con una spesa annua che è passata da 27.650 € a 11.691 €. Localmente si è dunque verificata una contrazione di fatturato per l'assortimento legna da ardere pari a circa 15.958 €/anno, mentre si è verificato un incremento di fatturato per l'assortimento cippato di legno di entità pari a 53.946 €/anno.

Valutazione effetti ambientali

Nelle aree montane, dove l'uso di legna da ardere per riscaldamento domestico rappresenta una realtà consolidata, l'introduzione di impianti di teleriscaldamento ad alta efficienza determina un effetto ambientale positivo dovuto all'uso più efficiente delle biomasse vegetali. Ciò vale ovviamente per gli impianti termici che coinvolgono anche utenze private, tradizionalmente legate all'uso di combustibili legnosi per riscaldamento domestico (Tabella 4). Nel caso di San Romano, la legna da ardere era impiegata con tecnologie che consentivano un rendimento medio del 60% mentre adesso le biomasse sono impiegate con un rendimento che supera il 77%. In questo caso, l'incremento di efficienze delle tecnologie impiegate per il riscaldamento ha consentito un risparmio annuo di biomassa pari a oltre 240 t s.f./anno. L'esame della Tabella 4 evidenzia anche un effetto ambientale, in termini di modificazione della gestione del patrimonio forestale. Nello specifico, la contrazione della domanda di legna da ardere (-233 t s.f./anno) delle 80 utenze private allacciate alla rete di San Romano in Garfagnana, determina una contrazione delle superfici boschive annualmente soggette al taglio pari a circa 2 ha. Per contro, si verifica un recupero di biomasse residuali (oltre 860 t s.f./anno) provenienti da interventi di manutenzione forestale. Si tratta quindi di un processo di valorizzazione di residui. Dal punto di vista ambientale assume particolare rilevanza l'effetto di riduzione delle emissioni di gas climalteranti, come CO_2, CH_4, N_2O, ecc., indotto dalla realizzazione di impianti alimentati a biomassa. Conoscendo l'entità delle produzioni energetiche e soprattutto le quantità dei diversi combustibili impiegati nel processo termochimico, è possibile ricostruire il bilancio delle emissioni, espresse in tonnellate di CO_2 equivalente per tipologia di utenza, comparando le emissioni *ex-ante* con quelle *ex-post* realizzazione degli impianti di teleriscaldamento (Krajnca e Domacb J., 2007).

Le valutazioni delle emissioni fanno riferimento all'intero ciclo produttivo dei diversi combustibili impiegati. Sono quindi stimate anche le emissioni di gas climalteranti generate durante ogni fase del processo produttivo: estrazione, lavorazione, stoccaggio, conversione energetica del combustibile e dei macchinari necessari per la loro produzione. La stessa produzione di biomasse vegetali richiede l'uso di combustibili fossili e di conseguenza delle cosiddette "emissioni grigie" (Tabella 5 e 6). Nel caso dell'impianto dell'UCML, la riduzione annua di emissioni di gas è pari a 52,3 t cui corrisponde una riduzione delle emissioni di oltre il 92%. Nel caso dell'impianto di San Romano, la riduzione annua supera le 222 t di CO_2 equivalente cui corrisponde una riduzione delle emissioni pari a circa l'80%.

Conclusioni

Il presente lavoro riassume alcuni risultati di oltre due anni di monitoraggio di due filiere biomassa-energia presenti in Toscana. Esso esamina sia gli aspetti prettamente finanziari, legati alla conduzione degli impianti energetici, sia la compatibilità di tali risultati con la sostenibilità di lungo periodo dell'intera filiera. In particolare, sono stati esaminati due tipi di filiera bosco-legno-energia che sembrano avere maggiori opportunità di replicabilità e sostenibilità nel contesto regionale toscano.

Il contributo cerca di fornire, con dati oggettivi, indicazioni sulla sostenibilità degli investimenti nel settore bioenergetico legato a biomasse di origine forestale e sugli effetti che si possono verificare sulle economie forestali locali.

Rispetto alla sostenibilità degli investimenti, **emerge chiaramente l'elevata efficienza degli interventi caratterizzati da impianti termici a biomassa, autogestiti dalla P.A. per il solo autoconsumo energetico (il caso dell'UCML) e caratterizzati da biomasse autoprodotte dalle tradizionali attività di gestione e manutenzione delle aree demaniali.** In tale configurazione, anche in assenza di contribuzione pubblica, l'investimento risulta estremamente efficiente e presenta margini di sicurezza, rispetto al prezzo del cippato, molto elevati e capaci di garantire la sostenibilità di lungo periodo dell'intera filiera anche in presenza di forti variazioni dei prezzi dei combustibili. Anche dal punto di vista ambientale, l'uso delle biomasse provenienti da tali attività favorisce lo sviluppo di interventi selvicolturali che apportano un miglioramento tangibile al soprassuolo forestale, sia in termini di qualità della componente arborea che di stabilità dei versanti e di riduzione del rischio idrogeologico e di incendio. Nel caso di progetti misti, che prevedono anche la vendita di energia a privati (il caso del Comune di San Romano), **i risultati finanziari sono positivi ma esigono il soddisfacimento di alcuni prerequisiti progettuali,** ovvero:

- garantire fin dal primo anno di funzionamento l'allaccio alla rete da parte di tutte le utenze private previste in fase progettuale;
- proporre vantaggiosi prezzi di vendita dell'energia per le utenze private, ma comunque compatibili con la sostenibilità economica dell'investimento.

Relativamente agli effetti economici locali dei progetti misti, osserviamo che, da un lato, possono garantire una forte riduzione della spesa per energia termica da parte della comunità locale (variabile dal -64% al -22% delle utenze di San Romano), e dall'altro una contrazione del mercato locale della legna da ardere a favore del mercato del cippato ligneo. Nel caso specifico, è stata verificata una contrazione del 58% in volume e del 57% in valore di assortimenti energetici (legna da ardere). Il mercato del cippato ha invece avuto un incremento sostanziale (868 t s.f./anno). Considerato che gli interventi forestali da cui proviene attualmente il cippato legnoso sono esclusivamente finanziati con varie misure del Piano di Sviluppo Rurale è evidente che la strutturazione delle filiere foresta-legno-energia sta avendo un effetto di amplificazione delle politiche di miglioramento della componete forestale avviate grazie al PSR. Nel caso specifico però, **il coinvolgimento di utenze private, determina effetti contraddittori nell'ambito della gestione del patrimonio forestale,** poiché da un lato induce un miglioramento tangibile della componente forestale non solo in termini di qualità della componente arborea ma, anche, in termini di sicurezza della popolazione grazie al miglioramento della stabilità dei versanti, alla riduzione del rischio idrogeologico e al rischio di incendi, dall'altro, **si genera una riduzione della domanda di legna da ardere, che porterà a una riduzione delle superfici boschive annualmente utilizzate**.

Di conseguenza, la strutturazione di filiere foresta-legno-energia che coinvolgono utenze private determina sì un incremento di interventi di manutenzione e miglioramento forestale, tipicamente a macchiatico negativo realizzati da imprese con grandi dotazioni, ma induce anche ad una riduzione degli interventi per la produzione di legna da ardere, tipicamente a macchiatico positivo, realizzati da piccole imprese a conduzione familiare e con limitate dotazioni. Per garantire uno sviluppo equilibrato del settore e delle filiere è dunque necessario verificare preliminarmente l'esistenza di possibili *trade-off* che si possono originare nell'economia locale, facendo sì che la produzione di biomassa e la sua utilizzazione energetica a livello locale possano rappresentare una via di sviluppo del territorio rurale, di mantenimento delle aree rurali e di miglioramento della qualità della vita, favorendo lo sviluppo di positive ricadute economiche connesse alle attività selvicolturali.

Tipo di utenze	*ex-ante* CO_2 eq. (t/anno)	*ex-post* CO_2 eq. (t/anno)	Variazione annua CO_2 eq. (t/anno)	Variazione *ex-ante*/*ex-post* CO_2 eq. (t /15 anni)
Pubbliche	56,70	4,40	**-52,30**	**-784,50**

Tabella 5 - Dinamica delle emissioni di gas climalteranti in CO_2 eq. - impianto UCML.

Tipo di utenze	*ex-ante* CO_2 eq. (t/anno)	*ex-post* CO_2 eq. (t/anno)	Variazione annua CO_2 eq. (t/anno)	Variazione *ex-ante*/*ex-post* CO_2 eq. (t /15 anni)
Pubbliche	57,65	10,90	**-46,75**	**-701,25**
Private	219,95	44,00	**-175,95**	**-2.639,25**
Bilancio complessivo	277,60	54,90	**-222,70**	**-3.340,50**

Tabella 6 - Dinamica delle emissioni di gas climalteranti in CO_2 eq. impianto Comune di San Romano in Garfagnana.

Bibliografia

AA.VV. 2006 - ***Woodland energy.*** **La filiera legno - energia come strumento di valorizzazione delle biomasse legnose agroforestali.** Programma PROBIO MiPAF, ARSIA.

Fagarazzi C., 2007 - **La contabilità operativa nelle imprese industriali del settore legno.** In (a cura di) Bernetti I, Romano S., Economia delle risorse forestali, Liguori Editore.

Fagarazzi C., Bernetti I., 2008 - **Valutazione della domanda di biocombustibili solidi (legno cippato) nell'area dell'Appennino Pistoiese**. A cura di C. Fagarazzi, I. Bernetti, Centro Editoriale Toscano, ISBN 10: 88-7957-287-3, ISBN 13: 88-7957-287-3, Firenze.

Fagarazzi C., Nibbi L., Tirinnanzi A., 2011 - **Come monitorare le filiere e gli impianti esistenti al fine di massimizzare la resa economica e migliorare l'impatto ambientale**. In: Politiche e strumenti per la valorizzazione delle biomasse come fonte energetica rinnovabile - Le biomasse nell'area di cooperazione transfrontaliera: disponibilità di risorsa e proposte di *governance*. Provincia di Lucca, *www.biomass-it-fr.eu*.

ISTAT - **Le utilizzazioni forestali.** *www.istat.it/agricoltura/datiagri/foreste* (03/2011), Roma, 2007.

Krajnca N., Domacb J., 2007 - **How to model different socio-economic and environmental aspects of biomass utilisation: Case study in selected regions in Slovenia and Croatia.** Energy Policy 35 6010-6020.

Marinelli A., Fagarazzi C., Tirinnanzi A., 2012 - **La biomassa ad uso energetico: valutazione della sostenibilità economica di alcune filiere foresta-legno-energia in Toscana.** Rivista di Economia e Diritto Agroalimentare n. 2 anno 2012, Firenze University Press ISSN 1826-0373 (print) ISSN 1970-9498 (online)

Pettenella D., Andrighetto N., 2011 - **Le biomasse legnose a fini energetici in italia: uno *sleeping giant*?** Agriregioneuropa Anno 7, Numero 24.

Spinelli R., Nati C., 2009 - **Indagine sulle disponibilità di biomasse forestali in Toscana.** Report interno CNR - IVALSA.

INFO. ARTICOLO

Autori: Claudio Fagarazzi, *GESAAF - Università degli Studi di Firenze. E-mail* claudio.fagarazzi@unifi.it
Alessandro Tirinnanzi, *GESAAF - Università degli Studi di Firenze. E-mail* alessandro.tirinnanzi@unifi.it

Parole chiave: *Legno-energia, economia forestale, cippato, teleriscaldamento, valutazione economica, Toscana.*

Abstract: ***Forest-energy chain in Tuscany. Economic, environmental and social effects in mountain areas.*** *The study examines two models of forest-energy chain in Tuscany: on one hand a chain linked only to a public authority (involved in all phases of the energy-chain, including end users); on the other hand, a mixed chain with public and private end users and with public authority that manages the energy plant. For these two scenarios are assessed: financial efficiency of investment, long-term economic sustainability of the chain, social effects induced on local enterprises and community and the environmental effects. Furthermore the study also evaluated management issues indicated by the stakeholders (forest owners, forestry enterprise, energy plant operators, end users). The results are a useful support tool for the design of the supply chain and the plant in terms of logistics, infrastructures and for the evaluation of the socio-economic effects on the local communities and on the local enterprises.*

Key words: *wood-energy chain, forest economy, district heating, evaluation local effects, renewable energy, biomass, woodchips, Tuscany.*