

# **FASCE TAMPONE BOScate NEL RETICOLO IDRICO SECONDARIO: UNA FILIERA “ECO-ENERGETICA”**

## ***REPORT FINALE***

**Università degli Studi di Parma, Dipartimento di Bioscienze**

Dott.ssa Elisa Soana

Dott. Marco Bartoli

Prof. Francesco Giusiano

Prof. Michele Donati

Prof. Pierluigi Viaroli

Dicembre 2013

## INDICE

1. OBIETTIVI E APPROCCIO DI LAVORO .....	1
2. PREMESSA.....	2
3. CRITERI PER LA LOCALIZZAZIONE DI UNA MICROFILIERA FTB-LEGNO-ENERGIA .....	3
4. STIMA DEI COSTI DI IMPIANTO E GESTIONE DELLE FTB .....	7
5. STIMA DEI COSTI DI PRODUZIONE DELLA BIOMASSA DA FTB.....	9
6. STIMA DEI COSTI DI UTILIZZO ENERGETICO DELLA BIOMASSA DA FTB .....	11
7. MONETIZZAZIONE DEL SERVIZIO ECOSISTEMICO DI ATTENUAZIONE DEI CARICHI AZOTATI FORNITO DA FTB .....	14
8. PROPOSTA DI ANALISI TERRITORIALE A SUPPORTO DELLA MICROFILIERA.....	14

## 1. OBIETTIVI E APPROCCIO DI LAVORO

Il progetto è consistito in uno studio di fattibilità riguardo la realizzazione di fasce tampone boscate (FTB) adiacenti il reticolo idrografico secondario in territori di pianura ad elevata vocazione agro-zootecnica. La finalità è di valutare i vantaggi economici e ambientali connessi all'attivazione di una filiera FTB-legno-energia ad integrazione della microeconomia locale. In specifico sono stati analizzati i margini di convenienza economica per un'azienda agricola nell'adottare un sistema di riscaldamento domestico a biomasse, alimentato in forma autonoma dalla legna proveniente dalle fasce boscate messe a dimora in un ristretto intorno spaziale. Parallelamente ai benefici economici, sono stati valutati anche i vantaggi ambientali legati all'impianto di fasce boscate, in particolare è stato monetizzato il servizio ecosistemico di attenuazione dei carichi azotati fornito da questa tipologia di ambienti.

I contenuti scientifici della ricerca si articolano in due principali ambiti:

- I. elaborazione di un'analisi dei costi di tutte le fasi della microfiliera (dall'impianto di FTB all'impiego energetico della biomassa legnosa ottenuta)
- II. proposta di una metodologia di analisi territoriale di fattibilità mediante approccio GIS per l'implementazione della microfiliera.

Lo studio è stato sviluppato in 4 di tavoli tecnici di lavoro guidati dall'Università di Parma e coordinati dalla Fondazione Cogeme Onlus, a cui hanno partecipato vari partner mettendo a disposizione eterogenee professionalità e competenze. L'approccio alla base della ricerca ha infatti previsto la definizione di un percorso condiviso con gli attori potenzialmente coinvolti nell'attivazione di una microfiliera locale FTB-legno-energia, con lo scopo di valutarne in modo partecipato i reali margini di fattibilità e convenienza economica. I 4 tavoli tecnici hanno avuto come oggetto le seguenti tematiche:

- servizi ecosistemici forniti dalle fasce tampone boscate e inquadramento nel contesto di tematiche strategiche di portata globale – Tavolo Tecnico, 29 novembre 2012, Rovato
- stima dei costi legati alle fasi di impianto e gestione delle FTB in ambiti di pianura – Tavolo Tecnico, 28 febbraio 2013, Brescia
- stima dei costi legati alle fasi di taglio, raccolta e prima trasformazione della biomassa legnosa – Tavolo Tecnico, 23 aprile 2013, Brescia
- aspetti energetici della microfiliera – Tavolo Tecnico, 13 novembre 2013, Rovato

Le stime dei costi sono state elaborate sulla base di un'analisi approfondita di esperienze nazionali realizzate negli ultimi decenni e aventi per oggetto l'impianto di fasce tampone boscate in contesti di pianura. Le valutazioni sono state condotte integrando anche informazioni fornite direttamente dai partecipanti ai tavoli tecnici. La fase iniziale della ricerca ha previsto infatti la redazione di un elenco delle informazioni necessarie all'elaborazione dell'analisi dei costi connessi all'implementazione della microfiliera. L'elenco è stato discusso e condiviso con i partecipanti, i quali sono stati poi supportati nella fase di fornitura delle informazioni richieste tramite momenti di confronto. La finalità era di ottenere dati sito-specifici per elaborare un'analisi di fattibilità che fosse il più possibile aderente alla realtà locale. In ciascun tavolo, parallelamente alle valutazioni

economiche, sono stati forniti dettagli di natura prettamente tecnica (es. individuazione delle migliori specie arboree da impiegare nelle FTB, tipologia di impianti, rese ottenibili in biomassa legnosa, etc.). In occasione del primo tavolo tecnico è stato anche sottoposto ai partecipanti un questionario per testarne il background conoscitivo e l'interesse alle tematiche trattate.

---

## 2. PREMESSA

Il presente studio può risultare propedeutico all'elaborazione di un programma ad ampia scala di riqualificazione dell'agro-ecosistema che passi anche attraverso il ritorno delle fasce boscate lungo i corsi d'acqua minori, le quali offrono enormi potenzialità per la trasformazione paesaggistica ma soprattutto economica dei territori. L'introduzione delle FTB può assumere importanti valenze non solo ambientali ma anche di carattere economico e sociale e rappresentare una concreta possibilità di generare reddito integrativo per le aziende agricole, come esperienze nazionali o internazionali hanno dimostrato in contesti simili nell'ultimo decennio. Nella maggior parte dei casi però sono rimaste esperienze pilota di carattere isolato e non ne è seguita una diffusione della filosofia alla base di questa tipologia di interventi, ovvero un approccio generale che tenga conto da un lato delle aspettative economiche degli imprenditori agricoli e, contemporaneamente, delle esigenze di gestione sostenibile del territorio nell'interesse della collettività.

A partire dalla fine degli anni '50 si è assistito alla progressiva eliminazione e scomparsa delle FTB. Nel territorio della provincia di Brescia ad esempio filari e siepi sono diminuiti di oltre il 50% negli ultimi 50 anni: nel 1954 l'estensione era di oltre 16.000 km (Uso Suolo Storico, volo GAI), ridotta a meno di 8.000 km nel 2009 (DUSAF 3.0). I motivi a supporto dell'eliminazione di questi ecosistemi sono stati diversi, tra cui il recupero di piccole superfici non coltivate, la regolarizzazione delle forme dei campi per una maggiore efficienza nell'uso delle macchine agricole, nonché l'eliminazione di elementi che possono determinare ombreggiatura ed essere serbatoi di organismi nocivi. Attualmente diversi sono gli elementi che aprono nuovamente la strada ad un loro diffuso ritorno (Christen & Dalgaard, in stampa): 1) il carattere multifunzionale che ormai viene unanimemente assegnato alle FTB e la possibilità di remunerazione non solo di beni ma anche di servizi in termini ambientali ed ecologico-paesaggistici (esternalità); 2) le elevate estensioni lineari della rete idrografica secondaria in contesti di pianura, quale potenziale sito di interventi; 3) il loro utilizzo per opera diffusa di riqualificazione ambientale e paesaggistica; 4) i costi crescenti dei combustibili fossili; 5) la messa a punto e la presenza nel mercato di sistemi di combustione della legna ad elevata efficienza (rendimento termodinamico paragonabile a quello dei combustibili fossili) e di facile gestione. Nell'ambito delle letterature scientifica sono stati recentemente pubblicati interi numeri speciali dedicati ad approfondire il carattere multifunzionale delle FTB, come quello apparso nel 2012 sul Journal of Environmental Quality ("Riparian buffer strips as a multifunctional management tool in agricultural landscapes"; <https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/41/2/297>). La realizzazione di questa tipologia di interventi è anche strettamente connessa a tre tematiche strategiche e di portata globale, ma rispetto alle quali, a livello locale, in particolare il settore agro-forestale sarà chiamato

a svolgere un ruolo chiave nel prossimo futuro, ovvero la riqualificazione del territorio, la questione energetica e la qualità delle risorse idriche.

---

### **3. CRITERI PER LA LOCALIZZAZIONE DI UNA MICROFILIERA FTB-LEGNO-ENERGIA**

Nel comprensorio in cui si propone di sviluppare una piattaforma produttiva FTB-legno-energia economicamente sostenibile devono sussistere una serie di presupposti per garantire il successo duraturo di questo nuovo assetto del territorio:

- informazione e coinvolgimento del comparto agricolo e dei consorzi di bonifica, consapevolezza sulle funzioni e sulle utilità delle FTB, percezione della FTB non come imposizione o limitazione all'attività agricola o di gestione del reticolo idrografico secondario, bensì come possibilità di riconversione, espansione o valorizzazioni delle stesse;
- stipula di accordi tra tutti gli operatori della filiera;
- individuazione della localizzazione idonea delle FTB e della connessa microfiliera.

Numerosi sono gli elementi e le relazioni tra essi da considerare per arrivare a definire l'idoneità di un territorio ad ospitare FTB o individuare le aree prioritarie per la messa a dimora, quali idrologia, carichi inquinanti e uso del suolo (Fig. 1). Ma questo approccio è valido per la realizzazione di FTB con stretta finalità tampone, ovvero per massimizzarne l'azione depurativa. Se si considera il loro carattere multifunzionale e si vogliono sfruttare anche altri beni/servizi che offrono è necessaria la presenza anche di altri elementi per rendere idonea una zona. Nella fattispecie per l'implementazione di una microfiliera che sia sostenibile in termini non solo ambientali ma anche economici è necessaria la presenza di tutti i partecipanti in un ristretto intorno spaziale, oltre al sussistere di una condizione di compatibilità con le attività agricole e di gestione dei canali.

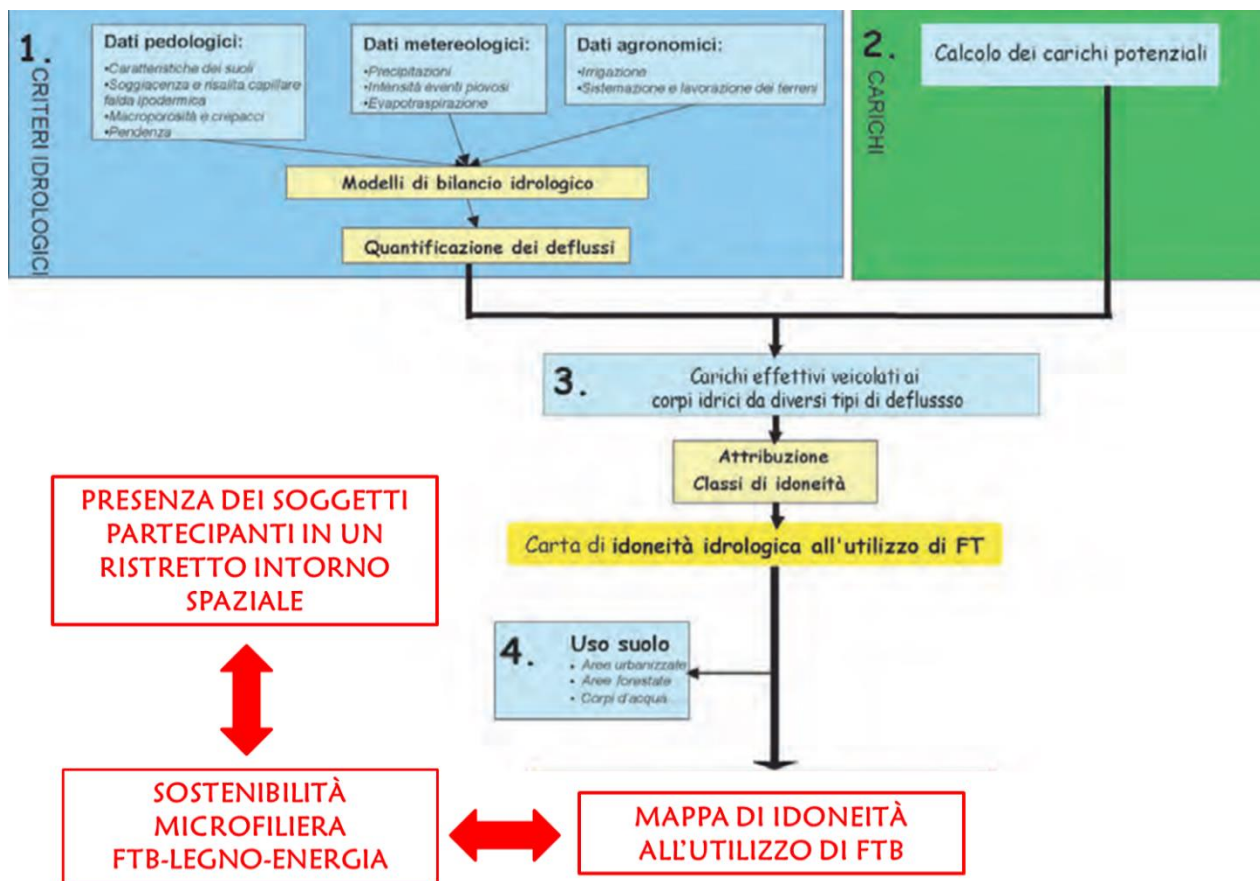


Figura 1. Elementi per l'individuazione dell'idonea localizzazione di una microfiliera FTB-legno-energia (modificato da Piano stralcio Eutrofizzazione, Autorità di Bacino del fiume Po).

La messa a dimora di una FTB sui terreni di un'azienda agricola deve essere pianificata in modo accurato, al fine di raggiungere un giusto compromesso tra gli obiettivi di salvaguardia ambientale e di ottenimento di un beneficio per l'imprenditore. In Italia è stata maturata un'ampia e consolidata esperienza nell'ultimo decennio riguardo criteri di progettazione, realizzazione e gestione delle fasce tampone. In funzione delle caratteristiche dell'azienda agricola, dei terreni presenti e delle finalità e opportunità economiche che si vogliono perseguire, sono possibili diverse soluzioni progettuali per la realizzazione e manutenzione di una fascia tampone vegetata. Operativamente le fasi da seguire per l'inserimento delle FTB in un'azienda agricola sono le seguenti:

- 1) Indagine conoscitiva generale riguardo azienda (organizzazione, indirizzi colturali, proprietà, disponibilità mezzi, manodopera, capacità tecniche, tipologia impianti di riscaldamento) e contesto (caratteristiche climatiche, pedologiche, morfologia, idrologia, composizione vegetazione spontanea)
- 2) Scelta della localizzazione dell'impianto
- 3) Scelta di dimensione, struttura e composizione
- 4) Realizzazione
- 5) Gestione

Per indicazioni di natura strettamente tecnica riguardo la realizzazione di FTB (dimensione, struttura, moduli compositivi, specie) si rimanda a esperienze maturate a livello italiano nell'ambito di sperimentazioni condotte negli ultimi decenni, specialmente in Regione Veneto, ma facilmente esportabili anche altri contesti di pianura ([www.passanteverde.it](http://www.passanteverde.it); [www.acquerisorgive.it](http://www.acquerisorgive.it); [www.venetoagricoltura.org/basic.php?ID=2070](http://www.venetoagricoltura.org/basic.php?ID=2070); [www.life-inhabit.it/cnr-irsa-activities/it/progetti-principali/rimedia](http://www.life-inhabit.it/cnr-irsa-activities/it/progetti-principali/rimedia)). Un breve accenno relativamente alla scelta delle specie vegetali da impiegare. La prima condizione da rispettare è l'idoneità alle caratteristiche pedo-climatiche della stazione, condizione irrinunciabile per il successo dell'impianto soprattutto quando esso abbia anche finalità produttive. Ogni specie, infatti, presenta una situazione di optimum per ciascuno dei parametri che caratterizzano un sito (temperatura, precipitazioni, pH del suolo, tessitura e grado di umidità del suolo, profondità della falda, etc.). Poiché le FTB vengono inoltre impiegate in ambito agricolo è necessario valutare il contesto agronomico in cui vengono inserite, evitando la messa a dimora di specie che possono ospitare patogeni o parassiti comuni alle coltivazioni e favorendo quelle che, invece, forniscono habitat a insetti pronubi e predatori. E' poi necessario vagliare le diverse specie secondo le loro attitudini produttive e le loro caratteristiche peculiari in relazione alla funzione attribuita alla siepe: per la produzione di legna da ardere si dovranno scegliere specie dotate di buona produttività/rapida crescita per il governo a ceduo dell'impianto, elevata densità del legno, buona capacità pollonifera, per il cippato invece la densità del legno non ha importanza, per cui ogni specie può essere considerata idonea. Per un elenco di specie arboree e arbustive autoctone in provincia di Brescia, impiegabili nella realizzazione di FTB a fini produttivi, si rimanda alla pubblicazione *"Prontuario per la scelta e l'impiego razionale degli alberi e degli arbusti più diffusi nella provincia di Brescia"* di Zanotti E. (1996). Una volta selezionate le specie è possibile definire il modulo compositivo, ovvero l'alternanza sulla singola fila e tra le file, e le relative distanze delle diverse essenze. La scelta della posizione deve avvenire secondo le regole della "convivenza" tra le specie. Il ritmo di accrescimento deve essere omogeneo ed è opportuno salvaguardare le specie dedicate alle produzioni principali affiancando loro specie accompagnatrici, di dimensioni piccole o medie, e che sopportino l'ombreggiamento.

Nell'ambito delle sperimentazioni in Regione Veneto sono stati messi a punto diversi modelli compositivo-strutturali di FTB, particolarmente produttivi ma contemporaneamente in grado di soddisfare anche obiettivi di carattere ecologico-ambientale (Tabella 1). I moduli si distinguono per il portamento delle specie (ceppaia, arbustivo e arboreo), l'attitudine prevalente e per i turni di ceduzione:

- Modulo 1: funzione strettamente agro-ambientale, introdotto per le situazioni in cui sono necessari frequenti interventi sul canale, fornisce materiale di dimensioni ridotte adatte per la produzione di cippato;
- Moduli 2,3,4: progettati con l'obiettivo di fornire biomasse legnosa in tronchetti per caldaie a legna e si distinguono sostanzialmente per le specie impiegate e la loro mescolanza.
- Modulo 5: misto di specie arbustive, a ceppaia e ad altofusto, quest'ultime destinate alla produzione di legna da opera.

**Tabella 1. Moduli compositivo-strutturali di fasce tampone lineari sperimentati nell'ambito del progetto LIFE99 ENV/IT/00083 (CS=ceduo semplice, A=altofusto).**

MODULO	TESI	GOVERNO	TURNO	PIANTE/Km				Platano	Robinia	Olmo campestre	Ontano nero	Farnia (ceduo)	Acerò campestre	Carpino bianco	Frassino m. (altofusto)	Farnia (altofusto)
					% piante ad altofusto	% piante a ceppaia	% piante arbustive									
1	1	CS	3-4	1000	0	0	100									
	2	CS	3-4	1000	0	0	100									
	3	CS	3-4	1000	0	0	100									
2	1	CS	5-7	666	0	50	50	50.0								
	2	CS	5-7	666	0	50	50	25.0	25.0							
	3	CS	5-7	666	0	50	50	25.0		25.0						
	4	CS	5-7	666	0	50	50	25.0			25.0					
	5	CS	5-7	666	0	50	50			10.0	10.0	10.0	10.0	10.0		
3	1	CS	6-8	666	0	33	67	33.3								
	2	CS	6-8	666	0	33	67	16.6	16.6							
	3	CS	6-8	666	0	33	67	16.6		16.6						
	4	CS	6-8	666	0	33	67	16.6			16.6					
4	1	CS	4-5	666	0	67	33	66.6								
	2	CS	4-5	666	0	67	33	33.3	33.3							
	3	CS	4-5	666	0	67	33	33.3		33.3						
	4	CS	4-5	666	0	67	33		33.3	33.3						
	5	CS	4-5	666	0	67	33		66.6							
5	1	CS+A	5-6/30-40	666	25	25	50			12.5		12.5			12.5	12.5
	2	CS+A	5-6/30-40	666	25	25	50	12.5				12.5			12.5	12.5
	3	CS+A	5-6/30-40	666	25	25	50			12.5	12.5				12.5	12.5

I moduli 2,3,4 presentano valenza prevalentemente produttiva e sono stati elaborati prestando particolare attenzione alla creazione di consociazioni ragionate tra le specie arboree e arbustive e alla fornitura di un prodotto legnoso in grado di avere un potenziale rilievo positivo sui bilanci delle aziende agricole. Aspetto di notevole rilevanza nella valutazione della fattibilità di una filiera FTB-legno-energia è infatti la produttività, ovvero la resa in biomassa di una formazione arborea lineare. Si riportano in Tabella 2 esempi di range di produttività valutati per le singole specie comunemente impiegate nella formazione di FTB secondo i moduli elaborati nell'ambito delle sperimentazioni condotte in Veneto. Sono valori che si riferiscono alla singola ceppaia alla scadenza del turno di ceduzione (6° anno) e che derivano da un'integrazione di informazioni bibliografiche da esperienze simili e dati raccolti presso le aziende agricole coinvolte nel progetto. Disponendo del dato di produttività legato alla singola ceppaia e della composizione specifica dei diversi moduli, si può ottenere una stima della produttività di 100m di FTB (come legna da ardere in tronchetti) delle varie combinazioni. Le produttività annuali di formazioni di 100 m lineari variano da 0,3 a 1,3 t anno<sup>-1</sup>.



**Tabella 2. Rese delle singole ceppaie e dei moduli compositivo-strutturali di fasce tampone lineari sperimentati nell'ambito del progetto LIFE99 ENV/IT/00083 (\*peso secco commerciale, umidità 15-20%).**

SPECIE	RESA A CEPPAIA (T*, TURNO 6 ANNI)								Produttività t*/100 m
		platano	robinia	olmo camp.	ontano nero	farnia (cepp)	ac campestre	carpino b	
Acero campestre	0,06-0,07								
Carpino bianco	0,06-0,07	M2 T1	33						4,3
		M2 T2	16	16					4,0
		M2 T3	17		17				4,4
		M2 T4	16			16			3,0
		M2 T5			7	7	7	7	7
Farnia	0,06-0,07	M3 T1	22						2,9
		M3 T2	11	11					2,7
		M3 T3	11		11				2,9
		M3 T4	11			11			2,1
Olmo campestre	0,13-0,14	M4 T1	44						5,7
		M4 T2	22	22					5,4
		M4 T3	22		22				5,7
		M4 T4		22	22				5,4
Platano	0,13-0,14	M4 T5		44					5,1

Questi dati risultano in linea con quelli ottenuti nell'ambito di uno studio triennale promosso dalla Camera di Commercio di Padova ("Produzione ed uso energetico del legno nell'azienda agricola", 2003-2006) sulle formazioni arboree lineari di un campione di oltre 30 aziende. La produttività dei sistemi arborei classificati come razionali (ovvero nei quali sussiste attualmente una possibilità di utilizzazione razionale mediante sistemi di meccanizzazione moderni ed efficienti) è stata misurata mediante rilievo diretti di campo e quantificata nel range 0,84 - 1,4 t anno<sup>-1</sup> per 100m, con turno di ceduzione medio di 6 anni.

#### 4. STIMA DEI COSTI DI IMPIANTO E GESTIONE DELLE FTB

I costi relativi alle fasi di realizzazione e manutenzione di una FTB possono differire da azienda ad azienda in relazione a numerose variabili, oltre ovviamente alla tipologia di FTB e alla qualità del materiale vegetale impiegato, la disponibilità di mezzi e manodopera, l'accessibilità del sito di impianto. L'impianto e la gestione delle FTB in ambito agricolo richiedono un basso livello di meccanizzazione e la tipologia dei mezzi necessari, sono compatibili con macchine e competenze disponibili presso le aziende agricole, inoltre le superfici investite sono solitamente ridotte.

Si riporta di seguito un computo metrico estimativo di tutte le possibili spese da sostenere (sebbene non sempre tutte indispensabili) per la realizzazione e la successiva gestione/manutenzione di una FTB con finalità produttive. I prezzi unitari delle singole azioni e/o materiale impiegato sono stati tratti dal Prezziario regionale dei lavori forestali (D.d.s. 1 luglio 2011 - n. 6061, Regione Lombardia). Quale scenario di minima da quantificare in termini monetari è stato scelto, tra le diverse opzioni di impianti con finalità produttive sviluppati in regione Veneto, una FTB di 3 m di ampiezza, monofilare, con alternanza di arbusti e alberi a ceppaia e una distanza entro fila di 1,5 m (Moduli 2,3,4; densità ~2200 piante/ha, 67 piante in 100 m). I costi sono riferiti ad una lunghezza standard di 100m. Lo stesso calcolo si può replicare per realizzare scenari

differenti di FTB (ampiezza, sestri di impianto e moduli compositivi diversi) a cui sono associate produttività e servizi ecosistemici differenti. Le operazioni considerate sono: preparazione del terreno, concimazione, pacciamatura, acquisto e messa a dimora del materiale vegetale. La preparazione del terreno include la lavorazione (ripuntatura, aratura superficiale, erpicatura o fresatura), l'eventuale diserbo o decespugliamento: il costo di questa fase può variare in relazione alla disponibilità di attrezzature in azienda o il ricorso a contoterzisti. L'operazione di concimazione può non essere necessaria in terreni con una buona dotazione organica. La voce di costo tra le operazioni di impianto che incide di più sul totale è l'acquisto e la messa a dimora del materiale forestale, il range di costi riportato è da ricondurre all'impiego di materiale differente per altezza ed età. I costi per l'impianto di 100 metri di una FTB di 3 m variano da 400 a 730 € (Tabella 3).

Per le FTB governate a ceduo (con turno di ceduazione di 5-6 anni) e finalizzate alla produzione di biomassa le operazioni di manutenzione post-impianto comprendono l'irrigazione, lo sfalcio delle infestanti e l'eventuale risarcimento delle fallanze. Per irrigazione e sfalcio sono stati ipotizzati un numero di interventi di 4 o 6 per i primi tre anni dopo l'impianto e una moria delle piante massima del 10%. Nel caso di utilizzo di film pacciamante in materiale plastico non biodegradabile, è necessario considerare anche i costi per la sua rimozione e smaltimento. I costi per la manutenzione di 100 metri di una FTB di 3 m variano da 355 a 540 € (Tabella 3).

**Tabella 3. Costi delle fasi di impianto e di gestione di una FTB monofilare di ampiezza 3m e lunghezza 100m.**

FASE	OPERAZIONE	Range costi (€)
IMPIANTO	Preparazione terreno	15-30
	Concimazione	25-40
	Pacciamatura	120-150
	Acquisto e messa a dimora materiale forestale	240-510
	<b>TOTALE €/100 m</b>	<b>400-730</b>
GESTIONE	Irrigazione	115-170
	Sfalcio vegetazione infestante	190-280
	Risarcimento fallanze	30-60
	Rimozione film pacciamante (eventuale)	20-30
	<b>TOTALE €/100 m</b>	<b>355-540</b>

I valori sono calcolati in base a costi di servizi operati da parte di contoterzisti, rappresentano quindi range di prezzi massimi, ovvero identificano lo scenario meno favorevole, al fine di valutare se comunque esistono i margini di convenienza economica nell'attuazione di una filiera di questo tipo. Le voci di costo per la realizzazione di 100 m di impianto ex novo e successiva manutenzione risultano però in linea con quelli sostenuti in cantieri o sperimentazioni realizzati negli ultimi anni nella pianura padana (in Veneto e Lombardia).

In contesti di pianura con climi temperati, una FTB progettata allo scopo di fornire biomassa ad uso energetico è in grado di produrre mediamente ~1 t di biomassa secca (umidità 15-20%) per anno ogni 100 metri lineari. Se si considera l'autoconsumo, ovvero il riscaldamento e la

produzione di acqua calda sanitaria per una casa rurale di dimensioni 200-300 m<sup>2</sup> durante tutto l'anno, in situazioni climatiche del Nord-Centro Italia, con un impianto tecnologicamente avanzato, sono necessarie 7-10 t legna secca per coprire il fabbisogno. Adottando un turno di 5 anni, il fabbisogno sarebbe soddisfatto da una FTB di 700-1000 m (senza considerare che la produzione di legna può essere integrata con lo sfruttamento di residui di potatura) con un investimento iniziale per l'impianto stimabile tra 2.800-7.300 € e costi relativi di manutenzione tra 2.500 e 5.400 €. In base alle tipologie di impianti e alle relative rese è possibile simulare vari scenari di FTB calibrate secondo la disponibilità di terreno da dedicare a questo utilizzo e alle necessità delle singole aziende in termini di biomassa. Sulla base dei costi unitari riportati nei Prezziari dei lavori forestali è infine possibile operare una valutazione economica di massima, poi affinabile in base alla specificità dei singoli interventi.

Generalmente elementi quali siepi campestri e filari ad oggi ancora presenti in ambiti agricoli di pianura sono formazioni non di recente impianto ma ormai pluri-decennali, caratterizzate da una forte disomogeneità per quanto riguarda la loro struttura e composizione. Questa irregolarità non contribuisce ad agevolarne gestione e manutenzione e in molti casi impedisce la meccanizzazione delle operazioni di raccolta e di estrazione del prodotto legnoso secondo modalità razionali ed economiche. Nell'ambito del progetto promosso dalla Camera di Commercio di Padova citato in precedenza, è stato messo a punto un piano di miglioramento che individua le linee guida per la razionalizzazione dei sistemi arborei lineari. Inoltre, presso una delle aziende campione è stata effettuato un cantiere sperimentale di miglioramento colturale di un tratto di siepe irrazionale monofilare, con l'obiettivo di determinare il costo dell'intervento e quindi la sua fattibilità tecnico-economica. Nel caso specifico il miglioramento è stato realizzato modificando l'assetto compositivo della siepe e creando un filare ex-novo, sulla base di canoni e criteri razionali improntati alla multifunzionalità delle siepi lineari campestri. Il cantiere è stato appositamente eseguito su un tratto di siepe campestre che ha richiesto un intenso intervento migliorativo, al fine di verificare l'ipotesi economicamente più gravosa. È emerso come nel caso in cui sia già disponibile una FTB ma in condizioni critiche (e non sia disponibile altra zona per un impianto ex-novo), i costi stimati del solo impianto ex-novo aumentano fino ad oltre due terzi, data la fase di rimozione della FTB irrazionale esistente. Il costo complessivo di miglioramento della siepe viene però ridotto di circa il 50% ipotizzando la vendita del cippato ottenuto dal soprassuolo, come verificato nel cantiere sperimentale.

---

## **5. STIMA DEI COSTI DI PRODUZIONE DELLA BIOMASSA DA FTB**

Nella produzione di biomassa da FTB si possono individuare tre fasi di lavoro, ognuna delle quali richiede la scelta delle macchine più idonee alla tipologia di impianto:

- taglio/abbattimento
- raccolta/esbosco
- prima trasformazione

A differenza delle macchine per le precedenti operazioni di impianto e gestione di FTB, quelle per questa fase possono non essere tutte disponibili in azienda, quindi in base alla disponibilità

economica dei soggetti interessati alla creazione della piattaforma, si può procedere all'acquisto delle macchine e delle attrezzature necessarie (scelta sicuramente gravosa per una singola azienda) oppure propendere per il noleggio di tali mezzi presso locali imprese contoterziste. In molte circostanze attualmente è ancora diffuso il ricorso a cantieri a basso grado di meccanizzazione: questo si verifica per tradizione, o molto più spesso perché non vi sono risorse economiche disponibili per dotarsi di cantieri a più alta tecnologia. Effettuare una valutazione dei costi di questa fase risulta quindi un'operazione complessa e di difficile generalizzazione, a causa della varietà di scenari possibili. Alcune stime sono disponibili derivanti da cantieri sperimentali a bassa meccanizzazione allestiti per la raccolta di biomassa da siepi campestri della pianura veneta, ma comunque rappresentativi per l'intero contesto padano. Il metodo analitico impiegato ha previsto: 1) assegnazione del costo orario della manodopera; 2) assegnazione del costo orario delle macchine (voci di costo variabili - carburante, lubrificante etc., voci di costo semifisse - quota di manutenzione, quota di ammortamento, e voci di costo fisse - interessi, assicurazioni etc.); 3) definizione delle singole operazioni svolte (persone e macchinari impiegati e relativo costo orario); 4) stima della produttività reale (t biomassa/h) dei cantieri sperimentali. Ne deriva come valori medi del costo di produzione della legna si attestano attorno a 100-130 €/t, mentre per il cippato attorno a 60-70 €/t ([www.biomasstradecentres.eu](http://www.biomasstradecentres.eu)). La produzione di legna da ardere presenta il costo di lavorazione più elevato, essa è quindi sostenibile solo nel caso in cui si profili un suo totale impiego all'interno dell'azienda stessa. Dato il basso livello di meccanizzazione impiegato, anche la produzione di cippato presuppone come migliore ipotesi un impiego del prodotto finale limitato all'azienda stessa. La convenienza economica alla commercializzazione si ha solo nel caso in cui la dotazione aziendale di impianti legnosi sia cospicua e il prodotto venga immesso sul mercato a un prezzo non inferiore ai 60 €/t (nel caso di legna fresca, con contenuto idrico del 45-50% circa). Per quanto riguarda invece i costi legati al trasporto e allo stoccaggio possono essere minimizzati se si impone come condizione di fattibilità della filiera l'impiego di biomasse da FTB messe a dimora in un ristretto intorno spaziale.

In conclusione, la raccolta di biomassa da filari alberati governati a ceduo con cantieri a bassa meccanizzazione è senz'altro fattibile, ma comporta costi di lavorazione molto elevati e l'applicazione di questi sistemi di lavoro risulta conveniente solo se si impiegano risorse marginali all'azienda. La possibilità di diminuire i costi di lavorazione resta legata all'introduzione di un più elevato grado di meccanizzazione nelle diverse fasi che contraddistinguono la raccolta e la prima trasformazione. La dotazione di una meccanizzazione spinta è spesso ostacolata dall'ingente investimento di capitale per l'acquisto delle macchine e per questo motivo risulta opportuno favorire la nascita di realtà associative (consorzi e/o cooperative tra proprietari privati, trasformatori e operatori locali coinvolti nell'ambito di una filiera legno-energia). Con la creazione di tali consorzi o cooperative, si potrebbero riunire assieme e gestire in modo pianificato e razionale superfici territoriali adeguatamente estese, presso cui utilizzare il parco macchine in modo sufficientemente conveniente.

## 6. STIMA DEI COSTI DI UTILIZZO ENERGETICO DELLA BIOMASSA DA FTB

Gli impianti di riscaldamento in ambito rurale utilizzano solitamente caldaie alimentate a gasolio, metano o GPL. Nel confronto tra le varie fonti energetiche è fondamentale conoscere il Potere Calorifico Inferiore (PCI, espresso in kWh/kg o in MJ/kg), ovvero la quantità di energia termica che si può ricavare dalla combustione completa di una certa massa di combustibile, riferita all'unità di peso, sottratta l'energia termica necessaria per l'evaporazione dell'acqua. I combustibili tradizionali hanno PCI più elevati rispetto a quelli delle biomasse legnose (per le quali il PCI è dipendente dal contenuto idrico) e quindi per ottenere la stessa quantità di energia è necessaria una massa inferiore di combustibile, ma il prezzo unitario del combustibile tradizionale è solitamente molto più elevato. Se si confronta quindi il costo dell'energia primaria, espresso in €/kWh, ottenuto dividendo il prezzo unitario dei combustibili per il loro PCI, la situazione si presenta invertita, a vantaggio delle biomasse (Tabella 4).

Tabella 4. PCI e costi di combustibili fossili e da biomassa (dati ITABIA).

	PCI (kWh/kg)	Costo unitario (€/kg)	Costo energia (€/kWh)
<b>Combustibili fossili</b>			
Gasolio	11,7	0,99	0,085
Metano	13,5	0,72	0,053
GPL	12,8	1,097	0,086
<b>Combustibili da biomassa</b>			
Legna da ardere (umidità 25%)	3,5	0,103	0,029
Legna da ardere (umidità 35%)	3	0,093	0,031
Legna da ardere (umidità 45%)	2,4	0,077	0,032
Cippato faggio/quercia (umidità 25%)	3,5	0,067	0,019
Cippato faggio/quercia (umidità 35%)	2,9	0,062	0,021
Cippato faggio/quercia (umidità 50%)	2,1	0,057	0,027
Cippato pioppo (umidità 25%)	3,3	0,052	0,016
Cippato pioppo (umidità 35%)	2,8	0,044	0,016
Cippato pioppo (umidità 50%)	1,9	0,036	0,019
Pellet di legno (umidità max 10%)	4,9	0,18	0,037

Le tecnologie per l'impiego delle biomasse in impianti di riscaldamento domestici hanno segnato negli ultimi anni grandi progressi e raggiunto livelli di efficienza, affidabilità e comfort del tutto simili a quelli degli impianti tradizionali. I costi di stufe e caldaie a biomasse sono comunque ancora superiori a quelli degli apparati a metano o GPL di pari potenza, sebbene il divario si stia riducendo rapidamente e i costi di esercizio risultano bassi. A parità di tecnologia e soluzione adottata, l'investimento specifico (€/kW) tende a diminuire con l'aumento della potenza, per tutte e tre le tipologie di biomassa legnosa (legna, cippato e pellet). In Tabella 5 sono riportati i range di costi medi (IVA esclusa) associati ad una vasta gamma di soluzioni impiantistiche in relazione alla potenza (dati relativi al 2011, modificato da Fiala, 2012). A questi costi va aggiunta l'installazione, che incide in misura variabile dal 20 al 50% del costo delle apparecchiature, in relazione ai diversi dispositivi.

**Tabella 5. Investimenti per dispositivi termici alimentati a biomassa.**

Potenza termica nominale (kW)	Combustibile	Tipologia dispositivo	Investimento (€)
< 10	Ciocchi	Caminetto focolare aperto	Fino a 400
10 – 15	Ciocchi	Caminetto focolare aperto	400 – 1800
< 10	Ciocchi	Caminetto focolare chiuso	1000 – 1300
10 – 15	Ciocchi	Caminetto focolare chiuso	1000 – 4000
15 – 30	Ciocchi	Termocamino	2000 – 4000
< 15	Legna	Stufa ad aria	600 – 3800
< 15	Legna	Stufa ad acqua	4000 – 5000
10 – 20	Ciocchi	Caldaia	Fino a 4000
20 – 50	Ciocchi	Caldaia	Fino a 11000
50 – 150	Ciocchi	Caldaia	11000 – 22000
150 – 500	Cippato-pellet	Caldaia	60000 – 90000
500 – 1000	Cippato-pellet	Caldaia	90000 – 180000
< 15	Pellet	Caminetto focolare chiuso/termocamino	2000 – 4000
< 10	Pellet	Stufa ad aria	1700 – 3200
10 – 15	Pellet	Stufa ad acqua	3000 – 5000
10 – 20	Pellet	Caldaia	Fino a 11000

La convenienza economica di installare un impianto di riscaldamento a biomassa in sostituzione di uno a combustibili fossili si basa sui tempi di ritorno dell'investimento, dipendenti dal risparmio di GPL o metano, e quindi relazionati all'intensità di utilizzo dell'impianto stesso. Anche in considerazione dei minori costi unitari di investimento per gli impianti di maggiore potenza, il passaggio al riscaldamento a biomasse risulta generalmente conveniente in abitazioni rurali relativamente grandi, in edifici a ridotta efficienza energetica e abitate in modo continuativo durante l'anno. In queste condizioni ad un elevato fabbisogno energetico vengono a corrispondere ridotti tempi di ritorno dell'investimento. Di seguito si riporta un esempio relativo ad un abitazione di 200 m<sup>2</sup> in zona climatica del Nord-Centro Italia, dove si ipotizza di installare una caldaia a legna (potenza 20 kWh, fiamma inversa, rendimento fino al 90%) che sostituisca quella esistente a metano.

Fabbisogno energetico per riscaldamento e acqua sanitaria:  
45.000 kWh/anno, ovvero 225 kWh/(m<sup>2</sup>\*anno)

Fabbisogni annui di combustibili:

~ 4700 m<sup>3</sup> di metano (0,52 €/Nm<sup>3</sup>, costo annuo 2440 €)

~ 13 tonnellate di legna stagionata (110 €/t, costo annuo 1430 €)

Investimento ipotizzato per l'impianto:  
13000 € (compresa IVA e installazione)

Per valutare la convenienza economica si calcola il tempo di ripagamento dell'investimento, come rapporto tra il costo dell'impianto ed il risparmio annuale di esercizio (differenza tra i costi per far fronte al fabbisogno energetico annuale con il metano o con la legna). Ne risulta che nel caso si renda necessario l'acquisto della legna il tempo di ritorno dell'investimento sarebbe poco più di otto anni, ma se la legna fosse invece disponibile a costo zero, ad esempio proveniente da una FTB in un ristretto intorno spaziale, l'investimento sarebbe ripagato in meno di quattro anni. Nel caso si renda necessario l'impianto di una FTB ad hoc per la fornitura di biomassa, risulta necessario, una volta quantificati i costi in modo sito-specifico, includere anche questo investimento nella valutazione della convenienza economica.

Diversi sono gli esempi di microfiliere energetiche a scala aziendale basate su impianti di FTB o arboreti da energia di ridotte dimensioni ad oggi attive (Figura 2). Alcune sono state avviate nell'ambito di progetti di sperimentazioni, mentre altre in modo del tutto autonomo. Dato comune che emerge da questi casi studio è che il fabbisogno di biomassa per riscaldare edifici alcuni anche di grandi dimensioni, è soddisfatto da estensioni ridotte di FTB o arboreti, con un notevole risparmio in termini di acquisto di combustibili fossili.

#### AZIENDA AGRICOLA BIOLOGICA RAMINA (Gazzole di Montegaldella – Vicenza)

Potenza della caldaia: 30 kW  
 Volume riscaldato: 540 m<sup>3</sup>  
 Consumo annuo legna: 12 t (M20)  
 Metano sostituito: 3400 €  
 Risparmio medio annuo: 2200 €  
 Metri di siepe utilizzati: 200 m/anno  
 Metri di siepe (totali) necessari: 1000 m



#### AZIENDA AGRICOLA BIOLOGICA DAMO (Campagna Lupatina – Venezia)

Potenza della caldaia: 30 kW  
 Volume riscaldato: 350 m<sup>3</sup>  
 Consumo annuo legna: 10 t (M20)  
 Gasolio sostituito: 4000 €  
 Risparmio medio annuo: 3000 €  
 Superficie arboreto da energia: 1,5 ha



#### LA BOTTEGA DELL'AQUILONE COM (Tribano – Padova [www.speedcomfly.com](http://www.speedcomfly.com))

Potenza della caldaia: 55 kW  
 Volume riscaldato  
 (abitazione+capannone): 1500 m<sup>3</sup>  
 Consumo annuo legna: 20 t (M20)  
 GPL sostituito: 11000 €  
 Risparmio medio annuo: 8400 €  
 Impianto integrato con solare termico



#### LA BIFAMILIARE DEI F.LLI REFFO (Dolo – Venezia)

Potenza della caldaia: 35 kW  
 Volume riscaldato: 1100 m<sup>3</sup>  
 Consumo annuo cippato: 15 t (M30)  
 GPL sostituito: 6300 €  
 Risparmio medio annuo: 5200 €  
 Superficie arboreto da energia: 2 ha



Figura 2. Esempi di uso energetico a scala aziendale di siepi ed arboreti ([www.biomastradecentres.eu](http://www.biomastradecentres.eu)).

## **7. MONETIZZAZIONE DEL SERVIZIO ECOSISTEMICO DI ATTENUAZIONE DEI CARICHI AZOTATI FORNITO DA FTB**

Elementi del territorio quali gli ambienti acquatici del reticolo minore e le connesse FTB possono contribuire in modo rilevante all'abbattimento dei carichi di azoto. La rilevanza a scala di intero bacino idrografico dei processi del ciclo dell'azoto che qui avvengono è stata dimostrata recentemente in diversi contesti di pianura (Soana et al., 2011; Castaldelli et al., 2013). La letteratura di settore ha ampiamente documentato come le FTB siano in grado di rimuovere ingenti quantitativi di azoto per effetto combinato di uptake da parte delle piante e di stimolazione del processo di denitrificazione (Mayer et al., 2007).

Associare un valore economico al servizio ecosistemico di rimozione dell'azoto operato dagli ecosistemi risulterà sempre più centrale in relazione ai costi che in alcune realtà si stanno già sostenendo o in prospettiva si dovranno sostenere, per far rientrare nei limiti di potabilità le acque prelevate dal sottosuolo per usi potabili. Questi costi sono destinati a crescere data la situazione critica delle concentrazioni di nitrati nelle acque di falda ormai diffusa a molte zone della Pianura Padana. Per la determinazione del valore monetario attribuibile alla funzione di abbattimento dell'azoto si può fare riferimento ad un range realistico di costi unitari, ovvero espressi come €/AE\*anno (Abitante Equivalente), attribuibili alla gestione degli impianti di depurazione. Un recente rapporto dell'ISPRA ("L'ottimizzazione del servizio di depurazione delle acque di scarico urbane: massimizzazione dei recuperi di risorse (acque e fanghi) e riduzione dei consumi energetici" – Rapporti 93/2009) riporta un range di costi totali di esercizio per impianti di trattamento delle acque reflue compreso tra 15 e 37 €/AE\*anno. Convertendo in termini di azoto ne risulta un range compreso tra 4 e 11 €/kg N rimosso, ipotizzando un carico teorico generato dall'AE di 4,5 kg N/anno e un obiettivo di rimozione da raggiungere negli impianti del 75%. Impiegando tassi di denitrificazione tipici di FTB di zone temperate (Soana et al., 2011), ne risulta come una formazione lineare monofilare (3x700-1000 m) necessaria al sostentamento energetico annuale di una singola abitazione rurale avrebbe una potenzialità di abbattimento di azoto stimabile in 330-480 kg N/anno, ovvero pari al carico da sottoporre a depurazione prodotto da 98-140 abitanti equivalenti. Il servizio ecosistemico fornito dalla FTB risulta quindi stimabile in 1400-5100 €. Tale valore monetario rappresenta il "beneficio o mancata spesa" per la collettività che una FTB destinata a fornire biomassa legnosa per una singola abitazione rurale può svolgere per il contenimento del carico azotato.

---

## **8. PROPOSTA DI ANALISI TERRITORIALE A SUPPORTO DELLA MICROFILIERA**

La seconda parte dello studio è consistita nel fornire un approccio metodologico di analisi territoriale a supporto dell'implementazione di una ipotetica microfiliera locale FTB-legno-energia. Tramite approccio GIS è possibile analizzare un territorio di interesse con una doppia finalità:

- 1- verificare se sussistono le condizioni per implementare una microfiliera e individuarne la localizzazione più adatta;



- 2- quantificare la potenzialità dei sistemi arborei lineari ad oggi ancora esistenti, in contesti agricoli o adiacenti le arterie viarie, di fornire biomassa legnosa, qualora venissero gestiti in modo efficiente, e quale domanda locale sarebbero in grado di soddisfare.

Lo step successivo alla valutazione teorica prettamente economica di fattibilità della microfiliera dovrebbe infatti essere quello di un'indagine spaziale di dettaglio per individuare le zone più idonee ad ospitare possibili impianti di fasce boscate e l'attuazione della filiera energetica associata. Il punto di partenza è la costruzione di un database con informazioni riguardanti diversi elementi territoriali (layers), raggruppabili in tre categorie:

- 1) localizzazione delle FTB per massimizzarne l'azione tampone/depurativa (reticolo idrografico, colture prevalenti, specialmente quelle maggiormente azoto-esigenti, carichi azotati generati, pratiche di irrigazione, capacità protettiva del suolo, aree idonee allo spandimento, scarichi di depuratori);
- 2) contesto nella rete ecologica regionale (elementi di naturalità relitta – aree boscate, zone umide - potenzialmente collegabili con FTB con la funzione di corridoi ecologici);
- 3) mappatura dei soggetti partecipanti alla microfiliera (aziende agricole, centri di lavorazione del legno - cooperative manutenzione verde, segherie, etc. – contoterzisti, produttori e distributori di biomassa legnosa ad uso energetico domestico).

Una volta definita l'area territoriale di interesse, molte delle informazioni necessarie risultano accessibili grazie al materiale reso disponibile tramite ad esempio i portali cartografici on-line di province o regioni. Ma per altri dati si richiede invece una partecipazione attiva degli enti gestori del territorio oggetto di analisi. Risulta ad esempio necessario l'intervento dei consorzi di bonifica locali per poter accedere alla mappatura del reticolo idrografico secondario e alle informazioni relative ai singoli canali (es. lunghezza, ampiezza, funzione, ordine, tipo di gestione, proprietà, usi delle acque, presenza di vegetazione sulle sponde, etc.), per individuare quelli potenzialmente soggetti ad impianti di FTB (ad es. per assenza di vincoli idraulici, compatibilità con le operazioni di gestione/manutenzione dei canali).

Per concludere si riportano alcuni dati, esempio di output di un'analisi spaziale, che sottolineano come nei contesti di pianura sia ad oggi ancora presente un potenziale produttivo di biomassa legnosa non sfruttato a pieno e valorizzato a fini energetici in circuiti locali. Nel territorio della provincia di Brescia sono presenti circa 7900 km di siepi o filari, di cui il 30% classificato come continuo, ovvero con assenza di interruzioni nel loro sviluppo lineare (DUSAF 3.0, 2009). Ipotizzando per gli impianti continui, il range di produttività medio di FTB derivato da sperimentazioni condotte in ambito pianiziale (0,84 – 1,4 t/(anno\*100m)), ne deriva che, se venissero gestite in modo efficiente, le formazioni ripariali attualmente presenti sarebbero potenzialmente in grado di fornire tra 48.000 e 80.000 tonnellate di legna secca all'anno, corrispondenti al fabbisogno di 4000-11000 edifici rurali.

## **Bibliografia**

Castaldelli G., Soana E., Racchetti E., Pierobon E., Mastrocicco M., Tesini E., Bartoli M., Fano E.A. 2013. Nitrogen budget in a lowland coastal area within the Po River Basin (Northern Italy): multiple evidences of equilibrium between sources and internal sinks. *Environmental Management* 52:567-580

Christen B., Dalgaard T. Buffers for biomass production in temperate European agriculture: A review and synthesis on function, ecosystem services and implementation. *Biomass & Bioenergy*, in stampa

Fiala M. 2012. Energia da biomasse agricole. Produzione e utilizzo. Maggioli Editore

Mayer P.M., Reynolds S.K., McCutchen M.D., Canfield T.J. 2007. Meta-Analysis of Nitrogen Removal in Riparian Buffers. *J. Environ. Qual.* 36: 1172-1180

Soana E., Racchetti E., Laini A., Bartoli M., Viaroli P. 2011. Soil budget, net export and potential sinks of nitrogen in the lower Oglio River watershed (Northern Italy). *CLEAN – Soil, Air, Water* 39(11): 956-965