

Analisi spaziale delle componenti di costo per lo sfruttamento energetico di biomasse legnose

Flavio LUPIA(*), Paola PULICANI(*), Nicola COLONNA(*)

(*) ENEA C.R. “Casaccia”, Via Anguillarese, 301 S.M. di Galeria (RM), flavio.lupia@casaccia.enea.it,
paola.pulicani@casaccia.enea.it, colonna@casaccia.enea.it

Le biomasse legnose di origine forestale costituiscono una risorsa disponibile, diffusa e in spontaneo aumento in Italia a causa dei ben noti fenomeni di abbandono dei terreni marginali in tutte le aree collinari e montane interne.

Il loro utilizzo per finalità energetiche è condizionato dalla difficoltà di pianificazione del loro sfruttamento per la variazione geografica della disponibilità e del costo di produzione legato alle caratteristiche biofisiche e socio-economiche del territorio.

In uno studio precedente, utilizzando esclusivamente dati in formato vettoriale, è stata valutata la disponibilità di biomassa per la produzione di energia termica, valutando la domanda termica di comuni montani ed effettuando un dimensionamento di impianti potenziali di teleriscaldamento nella Comunità Montana dell’Alta Valle del Vara (Liguria)

Nel presente contributo, grazie alla disponibilità di dati di maggior dettaglio, si valutano i costi di trasporto della biomassa legnosa mediante una raster analysis in ambiente GIS, modellando opportune funzioni di costo e parametri forestali.

Il modello di processamento sviluppato appartiene ad un framework di modellazione flessibile per l’analisi geografica della filiera biomassa-energia composto da un insieme di processi di analisi interrelati dedicati allo studio delle diverse componenti.

L’analisi produce mappe di intensità e di distribuzione spaziale dei costi di trasporto dalle aree di approvvigionamento agli impianti, fornendo dati sufficienti per l’eventuale sviluppo di uno studio dettagliato di fattibilità economica. I risultati ottenuti possono così supportare gli addetti alla pianificazione nella valutazione degli aspetti ambientali e socio-economici delle risorse legnose locali.

Abstract

Forest wood biomass are widespread in Italy, and are increasing due to marginal land abandonment in all the inner mountainous and hilly zones.

Biomass use for energy production is limited by lack of data about biomass potential and planning difficulties caused by geographic distribution and production costs tied to the biophysics and socio-economics characteristics of territory.

In a former study, using only vectorial data, an analysis of biomass resources for thermal energy production has been carried out. We calculated villages heat demand and we tried to dimension district heating plants in the area of Comunità Montana dell’Alta Valle del Vara (Liguria).

In the present work, with a large data availability, has been carried out a raster GIS analysis, modelling some cost functions and forest parameters, for the evaluation of transportation costs.

We elaborated intensity maps of spatial distribution of biomass production costs, accounting the geographical location of plants and production sites, providing useful elements for plants economic

feasibility study, as well as useful informations for planners involved in the evaluation of environmental and socio-economics aspects of local wood forests resources.

1. Introduzione

Le biomasse legnose di origine forestale costituiscono una risorsa disponibile, diffusa e in spontaneo aumento in Italia a causa dei ben noti fenomeni di abbandono dei terreni marginali in tutte le aree collinari e montane interne. La principale caratteristica positiva delle biomasse, cioè la diffusione e l'ubiquità, rappresenta però anche un limite nel momento in cui sia necessario concentrarne grandi quantità in un unico punto (ad esempio una centrale) per poterle trasformare in energia. La Liguria è la regione con più alto indice di boscosità in Italia, il 60% dei suoi boschi sono costituiti da cedui abbandonati per cui è evidente come le biomasse forestali costituiscano una risorsa importante e diffusa nel territorio. Lo sfruttamento di una simile risorsa per fini energetici può favorire il recupero di aree boschive abbandonate e rappresentare indirettamente uno strumento di difesa dagli incendi e dal dissesto idrogeologico (Colonna et al., 2002).

In un precedente lavoro (Lupia et al., 2006) nell'area della Comunità Montana dell'Alta Valle del Vara, è stata definita una metodologia per la valutazione del potenziale energetico delle biomasse forestali per l'alimentazione di centrali di teleriscaldamento. La metodologia, basata esclusivamente sui pochi dati vettoriali esistenti, è stata implementata utilizzando un linguaggio di modellazione GIS (Model Builder - ArcGIS 9.0), essa presenta elevata flessibilità poiché l'utente può impostare liberamente i parametri di calcolo ed i dati di ingresso per cui è applicabile anche in altre aree di studio. Lo strumento GIS è stato già utilizzato per la stima delle biomasse in altri contesti e per altre tipologie di biomassa (Voivontas et al., 2000).

Il presente contributo si avvale dei risultati (in formato vettoriale) ottenuti dall'esecuzione della metodologia nell'area dell'Alta Valle del Vara ed in particolare dei seguenti layer:

- *aree potenzialmente esboscabili*: sono le aree che possono essere sottoposte a taglio (in accordo ai parametri dei Piani di Assestamento Forestali). Sono aree forestali depurate dalle zone ad elevato rischio geomorfologico, dalle zone parco e dalle zone SIC (Siti di Interesse Comunitario), inoltre sono aree accessibili (prossime alla rete stradale) e con pendenze inferiori al 50%.

- *impianti potenziali di teleriscaldamento*: tale risultato è ottenuto da elaborazioni GIS e statistiche e tiene conto (per il dimensionamento e l'ubicazione) delle caratteristiche demografiche e climatiche dei centri abitati e di una serie di parametri tecnici (per impianti e biomasse). I comuni candidati all'installazione sono tre: Varese Ligure, Carro e Sesta Godano.

Le aree di produzione legnosa, individuate dallo studio precedente (fig. 1), presentano un'elevata discontinuità spaziale nella distribuzione, pertanto occorre un'analisi accurata sulla logistica dell'uso della risorsa per renderne competitivo l'utilizzo rispetto ai combustibili fossili. L'esistenza di dati più meno dettagliati sulla produttività delle specie forestali e la necessità di modellizzazione di opportune funzioni di costo (trasporto della biomassa) impone l'esecuzione di analisi in formato raster. L'obiettivo del presente contributo, è quindi quello di impiegare un sistema raster GIS ed opportune funzioni per la modellazione dei costi di trasporto della biomassa dalle zone di origine alla centrale, in relazione alla distribuzione geografica delle risorse ed in funzione del tipo di logistica ipotizzata. La metodologia permette inoltre di definire delle curve di costo-alimentazione per le tre centrali di teleriscaldamento e fornisce utili indicazioni circa la loro convenienza economica.

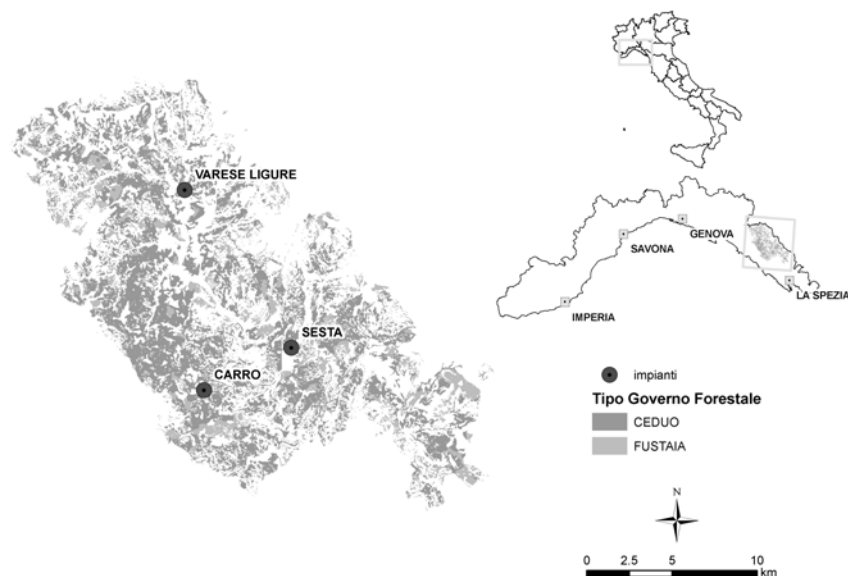


Figura 1 – Aree potenzialmente esboscabili dell’Alta Valle del Vara.

2. Acquisizione e pre-processing dei dati

Gli strati informativi utilizzati sono: le aree potenzialmente esboscabili, la rete stradale, la carta delle pendenze e l’ubicazione delle centrali, questi sono stati tutti trasformati in formato raster definendo opportunamente la risoluzione delle celle.

Per le aree potenzialmente esboscabili, prima della trasformazione, sono stati definiti i dati di produttività di biomassa in t/ha/anno per le varie specie forestali in base ai Piani di Assestamento Forestale locali, eliminando i poligoni di dimensione inferiore a 0.5 ha (ipotizzando che le varie attività operative forestali possano avvenire su aree di dimensione superiore a tale soglia, rispettando anche un criterio di convenienza economica qualora tali poligoni fossero dispersi spazialmente e lontani dalle aree a dimensione maggiore). In tal modo si ottiene una carta della biomassa disponibile che è stata convertita in formato raster impostando una dimensione di cella di 25 m (area cella 625 m²) considerata sufficiente data la scala della carta forestale da cui deriva (1:25000), ogni cella contiene un quantitativo di biomassa in tonnellate di sostanza secca in base alla tipologia forestale presente.

Il grafo stradale è stato utilizzato insieme alla carta delle pendenze, in modo tale da definire in maniera opportuna, per i vari segmenti stradali, le velocità massime consentite ai mezzi di trasporto in funzione della pendenza e della tipologia stradale, esso è stato successivamente convertito in formato raster in modo tale che ogni cella del grafo contenesse una velocità di percorrenza in metri al minuto. Il layer dell’ubicazione delle centrali è stato anch’esso convertito in formato raster.

3. Metodologia

La metodologia è basata sulla definizione preliminare di una ipotesi di logistica dell’intero sistema. Si ipotizza che la raccolta della biomassa avvenga nei diversi poligoni di foresta, che venga stoccata in prossimità della rete stradale e successivamente inviata alla centrale. L’obiettivo è valutare i costi variabili di trasporto della biomassa dai diversi siti. I costi associati alle altre operazioni forestali (carico/scarico, cippatura, immagazzinamento) sono considerati invece indipendenti dal sito. I costi di raccolta per ogni poligono di foresta sono indipendenti dall’ubicazione geografica e ad essi possono essere associati dei valori medi per ettaro. Tali costi, sono stati considerati costanti e dipendenti esclusivamente dall’estensione della superficie da esboscare, perciò non condizionano l’analisi seguente.

L'intera analisi è focalizzata pertanto, sul trasporto della risorsa legnosa, mediante l'ausilio delle superfici minime dei costi di trasporto, e sul tracciamento delle curve costo-alimentazione per ogni impianto in base alla richiesta annuale di combustibile a biomassa. L'intero modello di elaborazione è illustrato in figura 2.

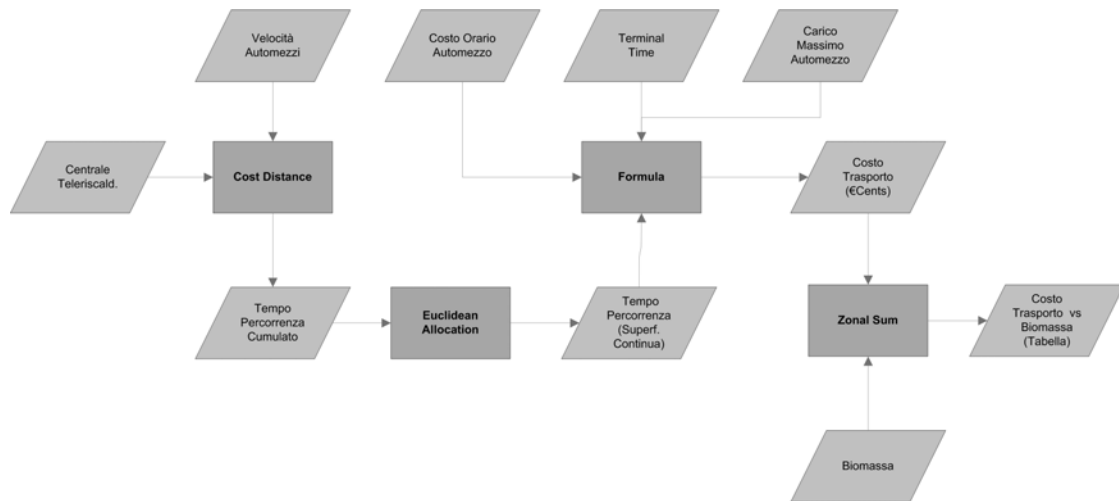


Figura 2 – Flowchart del modello di elaborazione.

3.1 Modellizzazione dei costi di trasporto

Il modello di calcolo utilizza il tempo di percorrenza lungo la rete stradale (funzione della velocità media dei mezzi di trasporto) come valore di impedenza per individuare il percorso a costo minimo tra le celle di foresta e l'impianto di generazione termica.

La velocità dei mezzi è funzione di diversi elementi: tipologia mezzo, traffico, pendenza, curve, condizioni meteo e stradali, ecc; purtroppo la mancanza di un database dettagliato sulle caratteristiche stradali ha impedito la modellizzazione completa di tali elementi. Con i dati disponibili è stata effettuata una classificazione dei rami stradali in base ai limiti di velocità imposti per i mezzi pesanti considerando anche la pendenza. I valori di velocità ottenuti sono stati ulteriormente ridotti, a priori, per tener conto degli altri elementi che condizionano la velocità e di cui non si hanno dati dettagliati.

La valutazione dei costi di trasporto è stata eseguita utilizzando alcune funzioni di analisi raster in ambiente GIS implementate nel software ArcGIS 9.0:

- ⊕ *Cost Distance Function*: calcola il tempo di percorrenza tra due celle adiacenti come prodotto della distanza lineare tra i centroidi delle celle ed i valori di impedenza media delle stesse. La funzione riceve in input l'ubicazione della centrale ed il raster della velocità di percorrenza lungo il grafo stradale e produce un raster dei tempi totali di percorrenza lungo la rete stradale in minuti (Tempo di Percorrenza Cumulato).
- ⊕ *Euclidean Allocation*: la funzione è utilizzata per la difficoltà esistente nel modellizzare il trasporto nei poligoni di foresta. I tempi di trasporto interni sono pertanto definiti nei poligoni con un'allocation euclidea associando ad essi i tempi relativi ai vari rami stradali in base ai punti di accesso più vicini. La funzione produce una superficie continua dei tempi di percorrenza in minuti.

Con i risultati prodotti dalle funzioni precedenti e nell'ipotesi che i costi di trasporto dipendano soltanto dal noleggio dei mezzi di trasporto, il costo di trasporto da un sito forestale alla centrale è stato definito con la seguente relazione (implementata attraverso operazioni di *map algebra* in formato raster):

$$((t_{\text{percorrenza}} * 2) + \text{TermTime}) * \text{CostoMezzo} / \text{PortataMezzo}$$

con:

t_{percorrenza}: il raster dei tempi di percorrenza dell'area in esame (in minuti).

TermTime: il tempo necessario per le operazioni di carico e scarico dei mezzi (in minuti)

CostoMezzo: costo orario del mezzo di trasporto (in centesimi di Euro al minuto)

PortataMezzo: massimo carico trasportabile dal mezzo (in tonnellate)

La formula produce una superficie continua dei costi di trasporto (in centesimi di Euro per tonnellata) che contiene i percorsi ottimali tra tutti i siti e l'impianto analizzato (fig. 3). La formula è stata utilizzata per ogni impianto al fine di ottenere opportune considerazioni sulla convenienza economica in relazione alle differenti superfici di costo ottenute. I risultati evidenziano chiaramente come l'accessibilità locale e regionale della risorsa influenzi i costi di trasporto e come i costi minori siano associati alle zone prossime all'impianto.



Figura 3 – Superfici di trasporto a costo minimo per i tre impianti ipotizzati.

3.2 Curve costo-alimentazione

Le curve sono tracciate utilizzando la carta della biomassa disponibile e la superficie dei costi di trasporto, con tali dati sono univocamente definiti, per ogni cella di foresta, il contenuto in biomassa ed il relativo costo di trasporto verso la centrale.

Impiegando le funzioni di statistica zonale del software GIS, per ogni occorrenza di costo di trasporto è stata valutata la biomassa totale contenuta ottenendo una distribuzione di frequenza dei costi in funzione dei quantitativi di biomassa. La statistica zonale, applicata ad ogni impianto, produce dati in formato tabellare, che sono stati elaborati mediante foglio elettronico per valutare i valori medi di costo per determinati accumuli di biomassa. In tal modo si possono tracciare le curve costo-alimentazione (fig. 4), la cui forma e pendenza sono indicatori di accessibilità locale della biomassa.

Nel presente modello le curve sono state tracciate considerando attivo un solo impianto per volta, semplificando quello che accade nella realtà dove tutti gli impianti sono attivi e competono per le risorse legnose contenute in una data cella di foresta. Si è pertanto evitato di implementare una funzione di allocazione delle risorse o un modello di ottimizzazione.

Le curve ottenute evidenziano sia gli effetti della distribuzione locale della biomassa, sia l'incremento dei costi di trasporto con l'aumento della richiesta di biomassa di un impianto (questa ultima deve essere recuperata progressivamente da siti sempre più distanti). Le curve di Carro e Sesta Godano, nella parte iniziale, hanno andamento più lineare rispetto a Varese Ligure, evidenziando una concentrazione maggiore di biomassa in prossimità degli impianti.

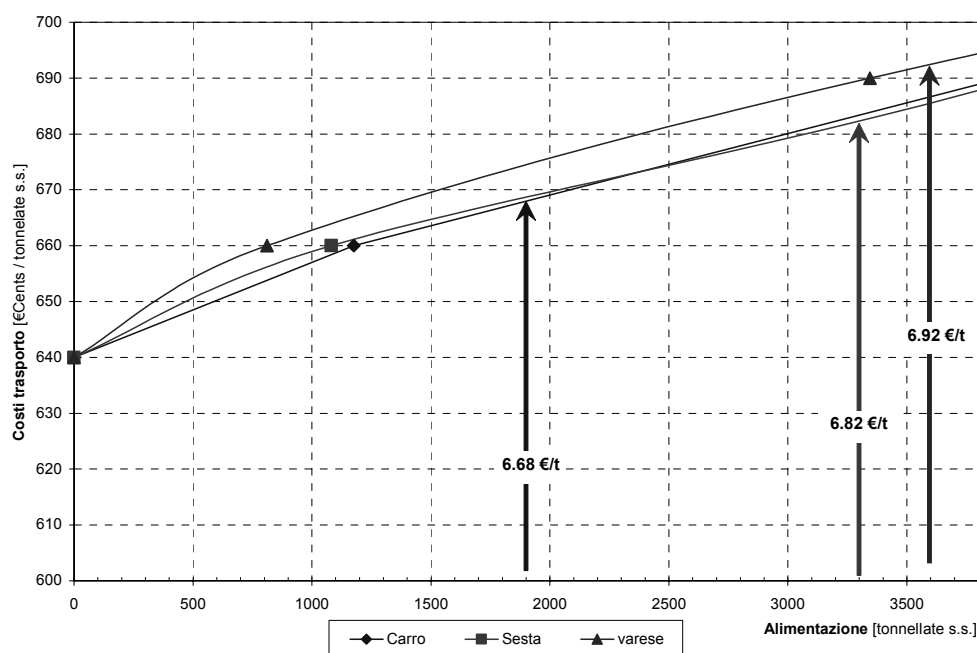


Figura 4 – Curve costo-alimentazione per i tre impianti ipotizzati.

La pendenza delle curve è infatti un indicatore della sensibilità dei costi ai quantitativi di biomassa, curve maggiormente inclinate indicano una distribuzione dispersa ed eterogenea della risorsa. La curva dell'impianto Carro è quella che mantiene complessivamente i minimi valori di costo sia per una migliore accessibilità areale alla risorsa sia per il quantitativo di biomassa minore richiesto annualmente rispetto agli altri impianti.

4. Conclusioni

La metodologia proposta ha permesso di valutare i costi di trasporto della biomassa per l'alimentazione di impianti di teleriscaldamento, analizzando la distribuzione spaziale delle risorse utilizzando le funzioni *cost distance* di un raster GIS e tracciando le curve costo-alimentazione. L'impiego della metodologia e l'utilizzo di dati di maggior dettaglio attualmente non disponibili, può fornire utili indicazioni ai diversi soggetti coinvolti nella filiera biomassa-energia. I proprietari di siti forestali possono ad esempio stimare il valore delle loro risorse, le imprese forestali usare i risultati per migliorare l'efficienza del trasporto ed infine il pianificatore regionale valutare la convenienza associata alla realizzazione degli impianti anche in funzione degli aspetti ambientali e socio-economici associati all'impiego di biomassa legnosa.

5. Bibliografia

- Colonna N., Conti M., Gerardi V., "Produzione di energia termica e/o elettrica tramite la combustione di biomasse legnose: le implicazioni ambientali". *Atti del convegno "Azioni locali per la diffusione nel territorio delle colture energetiche e della produzione di energia da Biomassa"*, Gorizia, 2002.
- Lupia F., Pulicani P., Colonna N., "Un modello di processamento per lo sfruttamento ottimale delle biomasse legnose", *IX Conferenza Italiana Utenti ESRI*, Roma, 2006 – sessione poster – Atti digitali su www.esriitalia.it
- Voivontas D., Assimacopoulos D., Koukios E.G., "Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method", *Biomass and Bioenergy* vol. 20(2001) 101– 112