

Analisi territoriale multicriterio per lo sviluppo di una filiera bioenergetica

Flavio LUPIA, Vincenzo ALFANO, Federica COLUCCI, Nicola COLONNA

ENEA, Via Anguillarese, 301- Roma. lupia@enea.it; vincenzo.alfano@casaccia.enea.it;
federica.colucci@casaccia.enea.it; colonna@casaccia.enea.it

Riassunto

Il distretto agro-energetico laziale “Valle dei Latini” è uno tra i primi tentativi in Italia di sviluppo contemporaneo di più filiere bioenergetiche in un determinato territorio. Nell’ambito del relativo studio di fattibilità sono state analizzate integralmente tutte le risorse bioenergetiche presenti nel territorio, valutando la possibilità di inserimento di colture dedicate per la produzione di biocombustibili e biocarburanti.

Nel presente lavoro si presentano i principali risultati dell’analisi di vocazionalità territoriale del girasole seccagno per lo sviluppo della filiera bioenergetica biolio/biodiesel finalizzata alla produzione di oli combustibili per autotrazione.

La metodologia sviluppata prevede la raccolta e l’integrazione dei dati disponibili (geomorfologici, climatici, uso del suolo, pedologici, ecc.) in un database geografico, la definizione di criteri e vincoli di vocazionalità del girasole e infine l’elaborazione in ambiente GIS. Il punto focale dell’elaborazioni è rappresentato dall’impostazione e risoluzione di un problema di analisi multicriterio di tipo multiattributo. La metodologia è stata ottimizzata con l’obiettivo di ottenere la massima risoluzione spaziale e completezza di analisi in relazione ai dati disponibili.

Il risultato dell’analisi è una mappa di *land suitability* per la coltura del girasole caratterizzata dalla suddivisione dell’area di studio in classi con differente grado di vocazionalità territoriale. L’eterogeneità spaziale e la risoluzione dei dati disponibili ha comportato la suddivisione del risultato finale in due mappe distinte con differenti livelli di approfondimento.

Abstract

“Valle dei Latini” is one of the first examples of agro-energy district in Italy for the contemporary development of different bio-energy chains, in a specific area.

In the relative feasibility study, all the bio-energy resources of the area have been integrally analyzed and the introduction possibility of dedicated crops for biofuels production have been evaluated.

This paper describes the main results of the no-irrigated sunflower land suitability study for the development of a biooil/biofuel chain oriented to fuel production for vehicles.

The designed methodology includes different analysis steps: data collection, geodatabase creation (by data integration about geomorphology, climate, land use, soil, etc.), sunflower suitability factors and constraints definition and GIS processing. The core processing is based on set up and resolution of a multi-criteria analysis of multi-attribute form. The methodology have been optimized to obtaining the maximum spatial resolution and analysis completeness related to the available data.

The analysis result is a sunflower land suitability map characterized by the subdivision of the area in distinct land suitability classes. The spatial heterogeneity and the resolution of available data have been implied the subdivision of the final result in two distinct maps with different levels of detail.

1.0 Introduzione

La grande attenzione del mondo agricolo al tema delle agro-energie e l'enfasi posta anche nei nuovi Piani di Sviluppo Rurale allo sviluppo delle filiere agro-energetiche hanno condotto ad un rinnovato interesse anche del mondo tecnico e scientifico. Sebbene le ricerche in questo settore datano dagli anni 80, molto c'è ancora da fare. Si lavora sia sulla genetica che sulle tecniche di coltivazione per mettere a disposizione degli agricoltori nuove piante e nuovi modelli colturali ma, ancor prima, è importante disporre di strumenti che aiutino i decisori delle amministrazioni a valutare quali filiere possano realisticamente svilupparsi e crescere in un dato territorio evitando di disperdere i pochi fondi disponibili su numerose ed eterogenee iniziative. Di sicuro, in un dato contesto territoriale, è di fondamentale importanza l'individuazione delle opportunità da cogliere e la verifica dell'esistenza di condizioni favorevoli alla realizzazione, economicamente vantaggiosa, di una delle possibili filiere bioenergetiche. La filiera si realizza solo dove sussistono contemporaneamente le condizioni pedoclimatiche per produrre, in superfici e quantità sufficienti, le colture indicate, le condizioni socio economiche (dimensioni aziendali, imprenditorialità agricola) ed organizzative necessarie alla trasformazione del raccolto in un prodotto a più alto valore aggiunto (olio/biodiesel, etanolo, pellet) che, ove possibile, potrà essere utilizzato localmente per produrre energia. E' quindi indispensabile realizzare studi di fattibilità dettagliati e specifici per un determinato ambito geografico per far emergere le opportunità e le criticità legate alle diverse filiere possibili.

A supporto degli studi di fattibilità è utile disporre di metodologie e strumenti di analisi del territorio che consentano valutazioni mirate e precise. In tal senso il nostro gruppo nell'ambito dello studio di fattibilità per la realizzazione di un distretto agroenergetico nel Lazio ha implementato, in ambiente GIS, una metodologia di analisi per la vocazionalità territoriale della coltura del girasole al fine di valutarne la possibile espansione territoriale necessaria all'avvio di una filiera biolio/biodiesel locale. L'approccio seguito è basato sui diversi esempi presenti nella letteratura internazionale e su un caso studio eseguito in Piemonte (IPLA S.p.A) ma è stato adattato al contesto in virtù della limitata disponibilità di dati territoriali ed è realizzato tramite una analisi spaziale multicriterio con alcuni elementi innovativi.

Questo lavoro è propedeutico alla realizzazione di ulteriori e più estese analisi per altre colture agroenergetiche nel territorio della regione Lazio.

2.0 Materiali e Metodi

2.1 Area di Studio

Il territorio della Valle del Sacco, che andrà a costituire il distretto agro-energetico laziale "Valle dei Latini", è collocato geograficamente tra le province di Roma e Frosinone ed è completamente compreso all'interno del Bacino del Fiume Liri Garigliano Volturno (Figura 1).

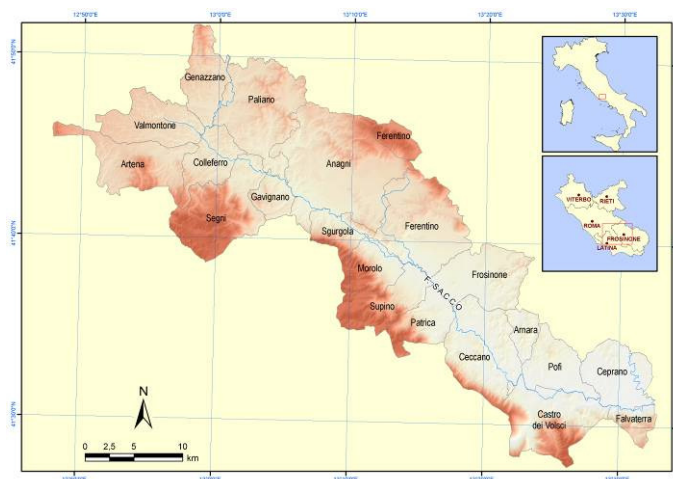


Figura 1 – Area di studio.

Dal punto di vista amministrativo il territorio comprende 20 comuni, di cui 6 in provincia di Roma e 14 in quella di Frosinone. La superficie complessiva dell'area è di 85600 ha.

2.2 Acquisizione dati

In generale la pedologia, la morfologia, il clima, l'uso del suolo e le caratteristiche socio-economiche di una data area costituiscono le componenti fondamentali per l'esecuzione di un'analisi di vocazionalità.

Il territorio analizzato, è privo di una banca dati completa pertanto, si è cercato di impostare l'analisi utilizzando un insieme di parametri ridotto e semplificato valorizzando al meglio i dati disponibili. In particolare, sono state trascurate le caratteristiche socio-economiche e l'analisi climatica è stata semplificata, verificando esclusivamente la compatibilità delle condizioni termopluviometriche dell'area con le proprietà di crescita del girasole. Si è giunti pertanto, alla definizione della tabella seguente contenente l'insieme delle caratteristiche di vocazionalità che influenzano la crescita del girasole seccagno. La differenziazione in 3 classi di attitudine decrescente (S1, S2 ed S3) ed in una classe NA (non adatto) è basata sul livello di produttività atteso. Ogni caratteristica corrisponde ad un dato geografico.

CARATTERISTICA	CLASSE DI ATTITUDINE				DESCRIZIONE
	S1	S2	S3	NA	
Reazione (topsoil)	5.5-8.3	4-5.5 e 8.3-8.9	<4 e >8.9		Dati ottenuti dalla spazializzazione (metodo IDW-Inverse Distance Weighing) dei profili di suolo forniti da ISNP-Roma.
Tessitura ¹	FS-F-FL-LSA-FA-FLA-AS	SF-L-AL-A	S		
Carbonio organico (topsoil)	>0.8	<0.8			
Morfologia	Pianura e terrazzi	Fondovalle e versante poco pendente <15%	Versante mediamente pendente 15%-30%	Versante molto pendente >30%	Dati ottenuti dall'elaborazione del DEM (Digital Elevation Model) con risoluzione al suolo di 25 m (fonte Regione Lazio).
Quota (m s.l.m.)	0-600	600-800	600-800	>800	

Tabella 1 – Caratteristiche morfo-pedologiche per il girasole seccagno e classi di attitudine relative (tabella rielaborata sulla base dello studio sviluppato in Piemonte da IPLA S.p.A.).

I dati geografici recuperati per l'area sono caratterizzati da una elevata disomogeneità spaziale e temporale ed hanno fonte, metodo di produzione e risoluzione diversa per cui, la creazione della banca dati è stata preceduta da una lunga fase di *pre-processing* (armonizzazione, spazializzazione, georeferenziazione nel sistema UTM ED 1950 Fuso 33 e conversione in formato *raster*). I dati sono stati elaborati in ambiente GIS in formato *raster* con una dimensione di cella di 25 m conforme alla risoluzione del dato altimetrico disponibile (DEM). La scala finale della mappa di vocazionalità è comunque equivalente alla scala del dato a minor risoluzione che è di 1:25.000 (carta pedologica).

I dati pedologici disponibili coprono soltanto il 53% dell'area di studio, di conseguenza l'analisi di vocazionalità è stata suddivisa in due livelli, differenziati in ordine crescente di approfondimento:

- Livello I - l'analisi è stata eseguita sull'intero distretto, utilizzando soltanto le caratteristiche morfologiche, altimetriche e di uso del suolo;
- Livello II - l'analisi è stata eseguita nella sottoarea coperta dai dati pedologici (45269 ha), utilizzando tutte le caratteristiche elencate in Tabella 1.

¹ Tessitura: S (sabbiosa), SF (sabbioso-franca), FS (franco-sabbiosa), F (franca), FL (franco-limoso), L (limoso), FSA (franco-sabbioso-argilloso), FA (franco-argilloso), FLA (franco-limoso-argilloso), AS (argilloso-sabbiosa), AL (argilloso-limoso), A (argilloso).

2.3 Metodologia

La metodologia sviluppata è stata applicata interamente attraverso elaborazioni in ambiente GIS, l'intero flusso di operazioni è riportato in Figura 2.

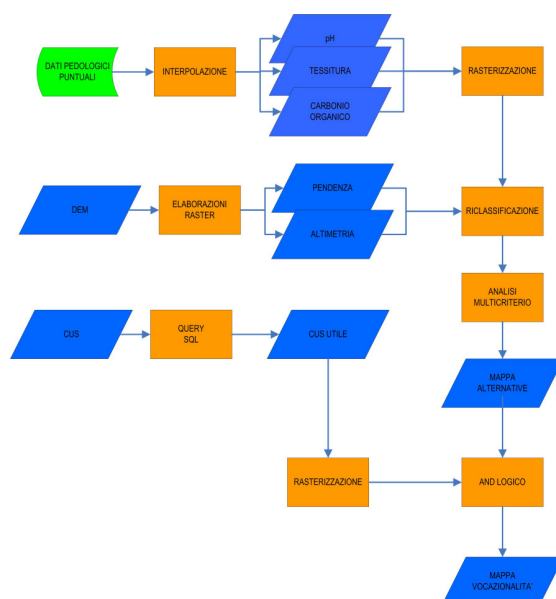


Figura 2 - Diagramma di flusso per la creazione della mappa di vocazionalità di Livello II, quello relativo alla mappa di Livello I è identico (è privo del ramo di elaborazione dei dati pedologici).

Per entrambi i livelli di analisi la mappa delle alternative ottenuta dall'analisi multicriterio è stata filtrata attraverso una maschera ottenuta dalla Carta di Uso del Suolo prodotta da Agriconsulting S.p.A. aggiornata all'anno 2006. La maschera contiene le classi di uso del suolo potenzialmente utilizzabili (seminativi semplici in aree non irrigue, superfici a copertura erbacea densa, aree con vegetazione rada e seminati semplici in aree irrigue). Il risultato dell'elaborazione per i due livelli di analisi è riportato in Figura 3.

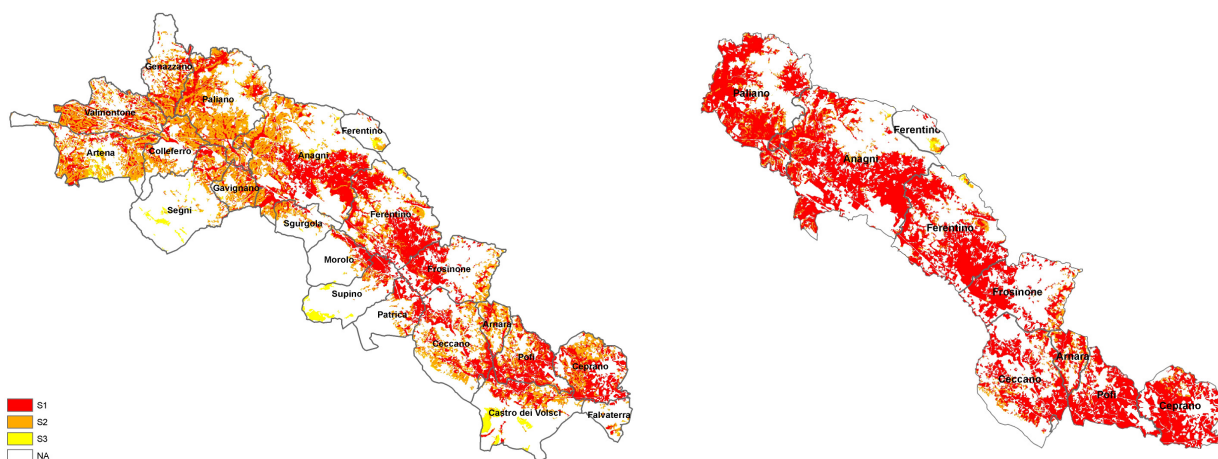


Figura 3 – Mappa di vocazionalità di Livello I e di Livello II (da sx).

Il punto focale dell'intera metodologia è costituito dalla formulazione e risoluzione, a livello analitico, di un problema di analisi decisionale. Date le peculiarità e le diverse caratteristiche coinvolte nella valutazione della vocazionalità, il problema è stato formulato facendo ricorso alla classe dei metodi decisionali multicriterio (*MCDM - Multy Criteria Decision Making*), che prevedono l'esecuzione delle seguenti fasi:

- Definizione del problema decisionale: consiste nella definizione dell'obiettivo dell'analisi, ovvero l'individuazione delle aree favorevoli alla coltivazione del girasole. Durante questa fase sono stati individuati, recuperati e sottoposti a *pre-processing* tutti i dati necessari.
- Definizione dei criteri di valutazione: consiste nella definizione del set di attributi utilizzati nell'analisi multicriterio. Ogni attributo è selezionato in base alla sua capacità di influenzare direttamente il problema decisionale, ovvero di aumentare o diminuire la vocazionalità di una determinata unità territoriale. Gli attributi sono le caratteristiche della Tabella 1.
- Definizione delle alternative: le alternative sono le unità territoriali caratterizzate dai relativi attributi. L'unità territoriale utilizzata nell'analisi è il pixel (dimensione 25m*25m).
- Definizione e applicazione della “regola di decisione”: consiste nella parte finale dell'analisi, ovvero nella definizione del metodo di risoluzione e nel calcolo della soluzione (mappa di vocazionalità). L'analisi di vocazionalità è classificabile come un problema di decisione multiattributo e può essere risolto con il metodo della “somma lineare ponderata”. Analiticamente il metodo è basato sull'utilizzo della formula seguente, dove si è indicato con *I* la mappa di vocazionalità:

$$I = \sum_{i=1}^N w_i A_i \quad [1]$$

con A_i l'*i*-esimo criterio,
 w_i il relativo peso associato tale che:

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \quad [2]$$

Tale metodo può essere facilmente implementato in ambiente GIS tramite la funzione *weighted overlay*. Ciascun peso rispecchia l'influenza relativa di ogni criterio nella definizione dell'obiettivo dell'analisi e, definisce l'importanza che il decisore attribuisce al criterio stesso. La selezione dei pesi da assegnare a ciascun criterio, è sicuramente la fase più delicata dell'intera analisi.

In generale, ad ognuna delle fasi su elencate è associato un certo grado di incertezza. Considerato che lo scopo della risoluzione del problema è fornire al decisore una soluzione sotto forma di “mappa delle alternative”, costituita da un insieme di unità territoriali classificate secondo un opportuno modello di classazione, le incertezze suddette si ripercuotono esclusivamente sulla classazione della mappa finale.

La definizione dei pesi è stata effettuata tramite l'ausilio del consiglio di esperti, che hanno fornito per ogni criterio dei valori appropriati secondo la loro percezione sull'influenza di ciascun criterio sull'obiettivo finale dell'analisi. Per rendere il procedimento di attribuzione dei pesi più robusto e rigoroso, è stato applicato il metodo *AHP-Analytic Hierarchy Process* (Saaty, 1977), nel quale i criteri utilizzati sono confrontati a coppie e per ognuno è espressa l'importanza relativa rispetto all'altro secondo una scala di valori (da 1-uguale importanza- a 9-importanza estrema-). Il confronto tra i criteri è realizzato con una matrice (matrice dei confronti) di dimensione $m \times m$ con m il numero di criteri, i pesi relativi ad ogni criterio sono ricavati tramite una procedura basata sul calcolo degli autovalori ed autovettori della matrice. La robustezza del metodo *AHP* è verificata dall'indice *CI* (*Consistency Index*) che assicura la consistenza della matrice dei confronti, verificando che i valori associati ad ogni criterio non corrispondano ad un'associazione casuale. La consistenza è generalmente assicurata se *CI* è inferiore a 0.1, in caso contrario occorre ridefinire i valori attribuiti ai vari criteri.

3.0 Conclusioni

Nel presente lavoro è stato descritto l'approccio metodologico utilizzato per l'esecuzione di un'analisi di vocazionalità per il girasole seccagno in un'area destinata alla creazione di una filiera bioenergetica.

I risultati ottenuti con la risoluzione di un problema di analisi multiattributo, implementato interamente in ambiente GIS, possono essere utilizzati dal decisore per stimare le superfici complessive potenzialmente destinabili alla coltivazione del girasole, valutandone la convenienza economica nell'ottica dello sviluppo di una filiera bioolio/biodiesel. Lo studio, se corredato da dati aggiornati e di differente natura, può essere esteso a tutto il territorio regionale e può consentire di identificare le aree a più alta idoneità alla realizzazione di diverse filiere agroenergetiche.

Tuttavia occorre evidenziare come la qualità di tale tipologia di studi sia fortemente condizionata dalla natura e accuratezza dei dati disponibili, nonché dalle caratteristiche della metodologia utilizzata. Generalmente, infatti, i database territoriali regionali presentano delle grosse lacune sulle componenti climatiche e pedologiche, lacune che è difficile colmare essendo necessario uno sforzo di lungo periodo ed un impegno economico delle amministrazioni competenti.

Dal punto di vista metodologico i limiti dello studio sono legati alla definizione dell'insieme dei criteri e vincoli di vocazionalità e dei relativi pesi. I criteri ed i vincoli dovrebbero essere valutati ed adattati, attraverso una serie dettagliata di misure sperimentali, al contesto territoriale analizzato. L'assegnazione dei pesi a "stima di esperto" è sicuramente non priva di incertezze infatti, pesi diversi attribuiti ai vari criteri generano come risultato mappe di vocazionalità differenti; sarebbe pertanto utile verificare la robustezza del modello di calcolo con l'esecuzione di un'analisi di sensitività per evidenziare l'entità delle variazioni della mappa finale in relazione alla scelta dei pesi.

4.0 Bibliografia

Saaty, T.L. (1977), "A scaling method for priorities in hierarchical structures", *Journal of Mathematical Psychology*, 15, pp. 231-281.

R. Francaviglia, G. Mecella "Studio dei processi di degradazione del suolo su scala territoriale". *ISNP – Istituto per la Nutrizione delle Piante*.

IPLA S.p.A. - Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente, "L'esperienza del Piemonte sulle colture bioenergetiche".