

Alessandra Castellini,  
Alessandro Ragazzoni

*Dipartimento di Scienze Agrarie,  
Università di Bologna*

E-mail: [alessandra.castellini@unibo.it](mailto:alessandra.castellini@unibo.it)  
[alessandro.ragazzoni@unibo.it](mailto:alessandro.ragazzoni@unibo.it)

## **Una valutazione degli effetti della diffusione degli impianti per il biogas sui contratti di locazione dei terreni agricoli**

---

### **Introduzione**

La diffusione di impianti a biogas<sup>1</sup> per la produzione di energia elettrica e termica da substrati di origine agro-zootecnica, stimolata principalmente dal sistema di incentivazione diretta dell'energia prodotta da parte del GSE, può rappresentare una causa rilevante alla base di alcune distorsioni che hanno interessato il mercato fondiario delle aree interessate dal fenomeno (figura 1); soprattutto, nelle aree della pianura padano-veneta si è registrata la concentrazione di diversi impianti in aree rurali circoscritte, instaurando un effetto di scarsità di biomassa per la loro alimentazione da reperire nelle vicinanze del digestore.

Se da un lato, lo sviluppo di questa tecnologia ha dato la possibilità all'imprenditore agricolo di diversificare il proprio reddito e di ottenere nuove opportunità

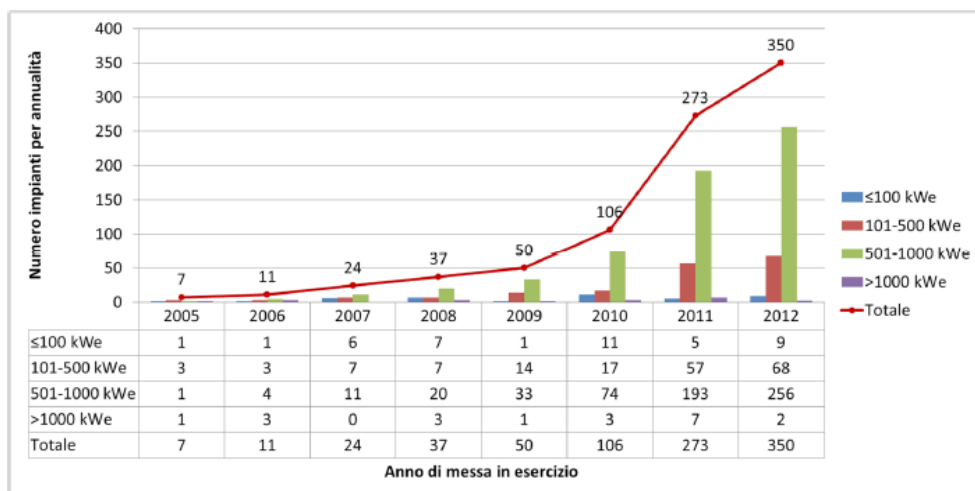
---

<sup>1</sup> La tecnologia del biogas sfrutta la fermentazione in ambiente anaerobico di biomasse aventi determinate caratteristiche intrinseche come un ridotto rapporto carbonio/azoto e un alto livello di umidità. Può trattarsi di colture energetiche (mais, sorgo, triticale, frumento, segale ecc.), reflui zootecnici (letame e liquame bovino, suino, pollina ecc.), residui colturali (della produzione agricola come stocchi di mais, paglia, frutta di scarto ecc.) e sottoprodotti dell'agroindustria (scarti di macellazione, residui della produzione di succhi di frutta, della lavorazione del pomodoro, melasso, siero del latte, ecc.). Queste materie prime, in funzione della disponibilità aziendale, vengono miscelate tra loro per essere poi destinate alla fermentazione. Negli ultimi anni la matrice organica preferita in assoluto è stata l'insilato di mais per le rese energetiche unitarie e la relativa standardizzazione di produzione.

di ricavo sfruttando materiale di scarto come letame e liquame, dall'altro la concentrazione degli impianti in aree a prevalente vocazione maidicola per la zootecnia ha modificato alcuni equilibri di mercato che meritano di essere analizzati in quanto strettamente collegati alla filiera di produzione primaria. Le ripercussioni di tali eventi possono incidere poi sui prezzi finali ai consumatori.

Il terreno agricolo assume, dunque, una potenziale duplice destinazione, alimentare o energetica, e la scelta tra le due non può essere esclusivamente di natura economica in considerazione anche delle questioni etiche sollevate recentemente da studiosi e operatori della filiera agroalimentare, in merito alla destinazione no-food dei fondi e delle relative colture.

Figura 1. Dinamica degli impianti per la produzione di biogas realizzati in Italia.



Fonte: CRPA, 2013

Questi fattori hanno condizionato il trend del mercato delle compravendite, ma soprattutto di quello delle locazioni. L'obiettivo del presente studio è, dunque, quello di verificare se esiste un legame tra la diffusione di impianti a biogas e il valore di locazione dei terreni agricoli (inteso come richiesta di terreni per l'attività di produzione della biomassa), in un determinato contesto territoriale. L'influenza di tale parametro è stata considerata all'interno di quella derivata da un set di fattori alcuni "tradizionali", come l'incidenza sul prezzo di affitto dei terreni agricoli da parte del prezzo dei cereali e la presenza del contributo PAC (in termini di pagamento diretto) e altri, prodotti dalla nuova situazione come la vicinanza ad impianti a biogas, condizione che in alcune aree appare essere imprescindibile dalla valutazione monetaria del canone di affitto.

Si sottolinea anche che il legame tra filiera energetica da biogas e attività agricola è favorito dal fatto che, per ottenere la fiscalità agevolata, la società proprie-

taria dell'impianto deve avere all'interno del proprio organigramma, almeno un imprenditore agricolo professionale (IAP) e che i substrati di alimentazione derivino per almeno il 51% da terreni di proprietà o in affitto della società stessa: questo ha rappresentato ovviamente una motivazione importante per la ricerca di terreni, influenzandone la dinamica del mercato e le contrattazioni.

Gli autori, sulla base di tali considerazioni e di un'analisi della bibliografia sulla filiera agro-energetica e il suo sviluppo territoriale (...), hanno isolato ed esaminato i parametri ritenuti di maggior rilievo sull'andamento del mercato fondiario in un determinato ambito territoriale al fine di verificare e valutare l'influenza degli stessi sul valore dei canoni di affitto dei terreni.

## Materiali e metodi

Lo studio si incentra su un'analisi statistica delle dinamiche del mercato fondiario, nello specifico inteso come individuazione delle componenti che entrano in gioco nella variazione dei valori dei canoni di locazione di terreni agricoli e nella valutazione della loro incidenza.

Il problema generale che ha guidato lo studio si fonda sull'ipotesi che le variabili che entrano in gioco nella stipula di contratti di affitto per terreni a destinazione energetica sono a tutt'oggi differenti da quelle coinvolte nelle scritture relative ad appezzamenti a produzione alimentare. Se queste ultime si incentrano soprattutto sulla presenza o meno dei cosiddetti "contributi PAC", cioè sui diritti e sui titoli di eleggibilità del proprietario in base alla Riforma del 2003, e sul grado di fertilità, si presuppone che altri elementi vadano, invece, a influenzare il canone di affitto di fondi destinati alla produzione di biomassa da destinare ad impianti per la produzione di energia ed in particolare, per il biogas. Sulla base di tali assunti, infatti, si ritiene che la vicinanza a un digestore, l'estensione, la durata del contratto, nonché la fertilità possano avere un peso nella determinazione del prezzo di locazione.

A tal fine si è deciso di procedere ricercando la disponibilità di dati relativi ai contratti di locazione stipulati tra agricoltori e l'impresa produttrice di energia rinnovabile: la scelta si è incentrata sulla localizzazione di un impianto di biogas costruito in un'area rurale in cui siano presenti altri digestori e, per tale motivo, possano essersi create delle tensioni per il reperimento della biomassa in un raggio di distanza contenuto. La metodologia adottata si basa sulla costruzione di una semplice funzione di regressione lineare, ma si ritiene che possa essere utile per iniziare ad affrontare il tema.

Per lo studio è stata scelta un'area geografica nella provincia di Ferrara in cui la filiera agroenergetica risulta particolarmente sviluppata per la presenza di numerose aziende agricole di medio-grandi dimensioni ad indirizzo cerealicolo e di un numero significativo di impianti a biogas, tra loro in competizione per l'approvvigionamento di biomassa. Tra l'altro, in queste zone lo sviluppo di tali progetti ha generato dubbi nell'agricoltore sulla più vantaggiosa destinazione delle colture, per alimentazione (e, quindi, da granella), ovvero insilati freschi per la

produzione di energia; è indubbio che anche la gestione della meccanizzazione e delle scelte agronomiche subisce profonde modificazioni.

Oltre a questo, si sottolinea come l'area di studio si trova in una zona in cui la domanda di terreni in locazione è particolarmente elevata, in relazione sia al numero di impianti ed alle ingenti potenze elettriche installate<sup>2</sup>.

Ai fine della ricerca è necessario determinare una base di calcolo per definire la resa energetica di un'unità di terreno destinato a insilato di mais, in modo da poter valutare il fabbisogno di superficie in base alla potenza installata. Si deve tenere conto del fatto che, in bibliografia, la produzione di biogas ottenibile da una tonnellata di insilato di mais tal quale oscilla da un minimo di 180 ad un massimo di 225 m<sup>3</sup> di biogas per tonnellata<sup>3</sup>. Queste indicazioni aiutano ad avere un ordine di grandezza della quantità di substrato necessaria per alimentare un impianto a biogas, nel caso fossero utilizzate solo colture dedicate. Per un impianto con potenza nominale di 999 kW, ad esempio, sono necessarie circa 22.250 tonnellate all'anno di insilato di mais per sostenere la produzione elettrica a pieno regime secondo la seguente formula:

Energia elettrica prodotta in kWh/ton = biogas m<sup>3</sup>/ton tal quale x 1,8 (coefficiente) =  
che nel caso dell'insilato di mais è pari a

$$200 \text{ m}^3 \times 1,8 = 360 \text{ kWh/ton}$$

Per raggiungere quindi una produzione di energia elettrica annuale pari a circa 8 milioni di kWh (999 kW x 8.000 ore di funzionamento annue) sono necessarie circa 22.200 tonnellate di mais (8.000.000 kWh / 360 kWh/ton). Dalla quantità di tonnellate richiesta si può facilmente stimare il fabbisogno in ettari per la sostenibilità annuale della filiera per la potenza presa in esame, sulla base delle rese ad ettaro di insilato di mais tipiche di una determinata area geografica. Assumendo, infatti, una resa ad ettaro pari a circa 55 tonnellate di insilato di mais la superficie

---

<sup>2</sup> Si ricorda come tali possibili tensioni tra domanda e offerta di terreni agricoli, sono dovute alla necessità di raggiungere una quota pari al 51% di biomassa prodotta in azienda da parte dell'impresa produttrice di energia, che garantirebbe un regime fiscale agevolato, quale quello agricolo.

<sup>3</sup> Riferimenti bibliografici:

- Arruzza M., Ragazzoni A. – "Agro-energia - Valutare il potenziale energetico delle aree rurali per la sostenibilità degli impianti per la produzione di energia" – Maggioli Editore – 2012
- Archivio BioConstruct Italia Srl
- Archivio Schmack Biogas Srl
- Regione Lombardia – La digestione anaerobica di rifiuti e biomasse: rassegna delle potenzialità specifiche di produzione di biogas
- Fabbri C. – Elementi di valutazione per lo studio di fattibilità di impianti di biogas – CRPA – 2010
- Negri M. – Valutazione delle biomasse agricole e agroindustriali per la produzione di biogas: metodi e dati recenti - Università di Milano - Dipartimento di produzione Vegetale

necessaria per l'approvvigionamento annuale di un impianto da 999 kW di potenza è pari a 400 ettari in monocoltura.

L'approvvigionamento della biomassa risulta essere un momento di grande criticità da un punto di vista economico ed incide in modo significativo sul conto economico annuale. L'imprenditore può avere due principali opportunità per disporre della quantità di insilato di mais necessaria per l'alimentazione dell'impianto: coltivazione su terreni in proprietà e/o in locazione. Il costo colturale della biomassa proveniente da colture dedicate può essere stimato intorno a 1.750 euro/ha (dati rilevati nelle zone di pianura padano-veneta). Per il calcolo dell'incidenza della spesa sull'unità di energia elettrica prodotta si è proceduto in questo modo<sup>4</sup>:

$$1.750 \text{ (euro/ha)} / (55 \text{ ton/ha} \cdot 360 \text{ kWh/ton}) = 0,09 \text{ euro/kWh}$$

Può essere necessario aumentare il costo colturale della biomassa nel caso non sussistano le condizioni di autosufficienza aziendale di produzione. La possibilità di reperire terreni esterni attraverso contratti di locazione produce un effetto positivo per la gestione dell'impianto: una riduzione dell'acquisto esterno di biomassa e, quindi, la possibilità di sfuggire almeno in parte alla volatilità del prezzo dei cereali e consente di soddisfare la *conditio minima sine qua non* per far rientrare la produzione energetica tra le attività connesse all'impresa agricola e al relativo profilo di tassazione agevolata (autoproduzione aziendale della materia prima almeno >50%).

Il costo di affitto del terreno può essere espresso in riferimento all'energia elettrica prodotta applicando il seguente coefficiente:

$$K = \frac{\text{Energia elettrica anno (kWh/anno)}}{\text{Resa insilato (t/ha)} \cdot \text{Energia producibile (kWh/t)}} \cdot \frac{1}{\text{Energia elettrica anno (kWh/anno)}}$$

In valore, se si ipotizza un costo di locazione di 750 euro/ha, l'incidenza è pari a:

$$750,00 / (55 \cdot 360) = 0,04 \text{ euro/kWh}$$

Tale quota aggiuntiva di spesa deve essere considerata nel costo colturale, per cui, per la biomassa prodotta in terreni affittati, il costo totale diventa:

$$0,09 \text{ euro/kWh} + 0,04 \text{ (euro/kWh)} = 0,13 \text{ (euro/kWh)}$$

Il capitolo di spesa relativo alla biomassa sarà composto da due quote distinte:

- quota prodotta in terreni aziendali (ipotesi 51%): costo unitario pari a 0,09 euro/kWh

---

<sup>4</sup> Rendimento energetico medio della biomassa: 360 kWh/ton; resa media insilato di mais: 55 ton/ettaro.

- quota prodotta in terreni in affitto (ipotesi 49%): costo unitario pari a 0,13 euro/kWh

e, pertanto, il costo medio unitario sarà pari a:

$$x = (0,09 \cdot 51\%) + (0,13 \cdot 49\%) = (0,046 + 0,064) = 0,11 \text{ euro/kWh}$$

Da tali valori si intuisce quanto sia importante una pianificazione corretta e con una visione di medio-lungo periodo nell'approvvigionamento della biomassa, poiché la spesa complessiva può incidere in modo significativo sul valore della tariffa incentivante (si ricorda pari a 0,28 euro/kWh per impianti in funzione entro il 31 dicembre 2012); in dettaglio:

- costo colturale:  $0,09/0,28 = 32,14\%$
- costo colturale e di locazione:  $0,11/0,28 = 39,28\%$ .

### Caso di studio

Il campione di contratti di locazione esaminati prevede scritte tra aziende agricole e impianti a biogas, relativamente al periodo anteriore al 31/12/2012 (la scadenza dell'incentivo per la produzione di energia elettrica a 0,28 euro/kWh, ha accelerato la progettazione di soli impianti alimentati a colture dedicate).

Sui dati estrapolati da tali documenti si è applicato un modello di analisi specifico per stime pluriparametriche, in grado di prevedere l'andamento di una variabile dipendente  $y$  al variare di un insieme di variabili indipendenti  $x_1 + x_2 + \dots + x_n$  che può essere rappresentato nel modo seguente:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

dove:

$y$  = valore della variabile dipendente che si assume come valore del bene da stimare;

$x_i$  = valore della variabile indipendente (parametro);

$a$  = costante;

$b_n$  = coefficiente di regressione parziale che esprime l'effetto di ciascuna variabile su  $y$ , mantenendo costanti tutte le altre.

Si è completata una raccolta di dati storici per l'area in esame, utilizzati per definire il canone di locazione medio per terreni coltivati a seminativo con destinazione alimentare, in vigore prima della realizzazione degli impianti di biogas nella zona.

Per ogni valore di  $y$  individuato sulla base dei valori unitari dei contratti reperiti, si vuole quindi verificare la differenza rispetto al valore di riferimento storicamente preso come costante e identificare all'interno di questa quota il peso di ogni fattore che concorre alla formazione del canone di locazione attuale. Ciò permette di definire quanto la diffusione di impianti a biogas nell'area oggetto di studio ha modificato, e in quale proporzione, il valore delle locazioni di terreni agricoli.

Il valore di  $y$  (canone annuale di locazione per ettaro) sarà parametrizzato sulla base dei seguenti fattori:

- $x_1 = \text{estensione (ha)}$ . Questo fattore di stima può essere considerato tradizionale in quanto solitamente la maggiore superficie agricola in affitto, nel caso di un unico corpo, rappresenta un valore aggiunto del bene oggetto di trattativa;
- $x_2 = \text{distanza del fondo rispetto ad un impianto a biogas (km)}$ . In bibliografia i costi per il trasporto della materia prima dalla superficie di coltivazione verso l'impianto, ovvero verso zone di stoccaggio rappresentano una voce di spesa considerevole nel bilancio della filiera agroenergetica che spesso viene trascurata. Oltre alle spese di trasporto della biomassa verso l'impianto, è necessario considerare anche quelle relative di ritorno alle stesse superfici per lo spandimento del digestato, prodotto finale del processo di digestione, per cui i costi calcolati in funzione della distanza da percorrere devono essere raddoppiati. Questo fattore rappresenta un parametro legato esclusivamente all'asservimento di terreni alla filiera agroenergetica del biogas, per cui è da considerarsi come un nuovo parametro per il calcolo del canone di locazione in aree interessate da una sensibile diffusione di questa tecnologia.
- $x_3 = \text{fertilità del terreno}$ . La fertilità del terreno è l'insieme delle caratteristiche del suolo che lo rendono adatto alle coltivazioni, principalmente cerealicole. Si è scelta una scala qualitativa a 3 punti, assegnando un valore minimo di 1 per bassa fertilità ed un massimo di 3 per alta fertilità, ad ogni superficie oggetto dei contratti di locazione e analizzata sulla base della tessitura e della resa media di insilato di mais, in base alla storicità delle rese e delle indicazioni dei piani regionali per le buone pratiche agricole. Questo parametro appare non solo collegato alla produzione energetica e deve essere considerato come un fattore di stima tradizionale.
- $x_4 = \text{VAM (€/ha)}$ . Il valore agricolo medio rappresenta una stima del valore di un ettaro di terreno individuabile sulla base della regione agraria di riferimento e sulla base della coltura e delle condizioni presenti nel momento della valutazione (seminativo, seminativo irriguo, vigneto, incolto ecc.). Questo parametro rappresenta una base di partenza ufficiale e oggettiva per la stima del valore totale di una superficie agraria, così come del canone di locazione ed è uno dei parametri maggiormente considerati nelle trattative di compravendita e di affitto dei terreni.
- $x_5 = \text{durata del contratto di affitto (anni)}$ . Vincolare un terreno allo stesso affittuario per più annate agrarie al medesimo canone, rappresenta per il proprietario un motivo di rischio poiché le condizioni di mercato possono modificarsi, soprattutto in relazione alla volatilità dei prezzi dei cereali. Interesse, quindi, del proprietario è rinegoziare il canone di locazione entro periodi brevi; dal punto di vista di un affittuario, invece, soprattutto nel caso del biogas in cui l'incentivazione all'immissione in rete dell'energia elettrica prodotta viene garantita per 15 per gli impianti entrati in funzione entro il 31 dicembre 2012 e per 20 anni per gli impianti entrati in funzione dal 1 gennaio 2013, è fondamentale assicurare la superficie necessaria al corretto funzionamento dell'impianto (sia per l'approvvigionamento sia per lo spandimento del digestato) per il maggior tempo pos-

Tabella 1. Parametri tecnico-economici desunti dai contratti di locazione esaminati.

	y	x1	x2	x3	x4	x5
	valore affitto annuale (euro)	estensione (ettari)	distanza da biogas (km)	fertilità	VAM (euro)	durata contratto (anni)
1	€ 923,53	8,78	8,0	3	€ 27.100,00	3
2	€ 702,92	5,83	0,5	1	€ 27.100,00	3
3	€ 826,58	7,90	0,5	2	€ 27.100,00	3
4	€ 600,44	9,06	2,0	1	€ 27.100,00	4
5	€ 891,31	5,65	1,0	2	€ 27.100,00	3
6	€ 901,44	9,72	1,0	3	€ 27.100,00	3
7	€ 1.022,63	9,28	2,0	3	€ 27.100,00	1
8	€ 948,28	9,28	2,0	3	€ 27.100,00	3
9	€ 549,88	4,03	8,0	1	€ 27.100,00	3
10	€ 789,95	7,59	8,0	1	€ 27.100,00	3
11	€ 731,90	7,93	0,5	1	€ 27.100,00	3
12	€ 898,78	13,55	0,5	2	€ 27.100,00	3
13	€ 810,06	4,16	10,0	2	€ 27.100,00	3
14	€ 629,39	5,58	8,0	1	€ 28.000,00	3
15	€ 869,83	160,7	18,0	2	€ 27.100,00	3
16	€ 963,39	10,38	0,5	3	€ 27.100,00	3
17	€ 899,51	2,03	10,0	2	€ 27.100,00	3
18	€ 552,15	1,63	12,0	1	€ 27.100,00	3
19	€ 875,71	14,74	0,5	2	€ 27.100,00	3
20	€ 964,95	11,64	0,5	3	€ 27.100,00	3
21	€ 1.025,34	48,51	2,0	3	€ 27.100,00	3
22	€ 931,31	36,09	1,0	3	€ 27.100,00	3
23	€ 1.046,15	4,55	5,0	3	€ 27.100,00	3
24	€ 935,31	22,94	0,5	3	€ 27.100,00	3
25	€ 941,46	2,46	10,0	3	€ 27.100,00	3
26	€ 938,31	10,18	10,0	3	€ 27.100,00	3

sibile, per rispettare la quota di autoapprovvigionamento richiesta a fini fiscali. Il valore di un contratto di locazione, quindi, dipende dalla durata dello stesso e dalla presenza di una quota definita *premium price* che l'affittuario è disposto a concedere al proprietario per assicurarsi il bene per maggior tempo. Infine, dalla destinazione d'uso della superficie, che in questo caso è di tipo *no food* per la produzione energetica, elemento nuovo che favorisce la richiesta di locazioni a lungo termine, rispetto una condizione di produzione tradizionale a fini alimentari.

A questo punto si è circostanziato il quadro di riferimento dell'analisi; di seguito sono presentate le fasi di elaborazione condotte e i risultati conseguiti. Il rilievo e la valutazione dei dati del campione dei contratti di locazione dell'area è presentato in tabella 1.

#### Calcolo della correlazione tra variabili indipendenti

La regressione multipla è soggetta al pericolo di errate interpretazioni connesse generalmente all'esistenza di relazioni di multicollinearità tra le variabili indipendenti che non sono realmente indipendenti tra loro, ma risultano in qualche modo legate tramite relazioni lineari; l'esistenza di tali relazioni introduce dei fattori di distorsione che si manifestano nel valore e, a volte, anche nel segno dei



coefficienti di regressione. In tali situazioni il carattere multiplo della regressione diventa puramente formale. Al fine di verificare a priori l'esistenza di fenomeni di autocorrelazione tra le variabili, si è analizzata la matrice dei coefficienti di correlazione semplice.

Il coefficiente di correlazione (indice di correlazione di Pearson,  $r$ ), misura l'intensità del legame tra le variabili o il grado di interdipendenza tra esse. Nel caso di studio preso in esame si può affermare che i parametri sono tra loro indipendenti e, quindi, non si influenzano significativamente poiché vicini al valore zero nonostante, ad esempio, la relazione diretta tra estensione e distanza da impianti a biogas sia pari a 0,41. Questa correlazione si ipotizza essere del tutto casuale (tabella 2).

Tabella 2. Analisi della correlazione tra variabili indipendenti.

	x1 estensione (ettari)	x2 distanza da biogas (km)	x3 fertilità	x4 VAM (euro)	x5 durata contratto (anni)
x1 Estensione (ettari)	1				
x2 Distanza da biogas (km)	0,41	1			
x3 Fertilità	0,09	-0,19	1		
x4 VAM (euro)	-0,07	0,14	-0,29	1	
x5 Durata contratto (anni)	0,02	0,05	-0,30	0,02	1

#### *Verifica dell'attendibilità del numero di osservazioni*

Il numero dei rilevamenti da prendere in considerazione per ottenere un risultato attendibile è legato al numero di variabili indipendenti oggetto di studio. Non risulta facile ottenere un numero di osservazioni esaustive tale per cui l'analisi possa essere considerata significativa; statisticamente per avere un buon risultato è necessario che il numero delle osservazioni sia almeno pari a 5 volte il numero delle variabili. Nel presente studio questa condizione viene rispettata:

$$\frac{\text{Osservazioni (n. 26)}}{\text{Variabili (n. 5)}} = 5,2$$

#### *Statistica della regressione*

L'elaborazione dei dati del campione ha permesso di ottenere una serie di indicatori, con lo scopo di validare l'analisi e di interpretare l'influenza delle variabili indipendenti sul valore di locazione (tabella 3).

Tabella 3. Statistica della regressione.

R multiplo	0,915
R al quadrato	0,838
R al quadrato corretto	0,797
Errore standard	64,446

Nello specifico i valori indicati possono essere così commentati:

**R multiplo:** coefficiente di correlazione in valore assoluto di tutti i coefficienti di cui al punto 3.1.

**R al quadrato:** è il coefficiente di determinazione e consente di valutare la bontà del modello di regressione stimato. Nel modello di regressione multipla, dal momento che si è in presenza di almeno due variabili esplicative, il coefficiente di determinazione rappresenta la proporzione di variabilità della Y spiegata dalle variabili esplicative. Nel caso in esame  $R^2$  è uguale a 0,838 e, quindi, si può affermare che l'83,8% della variabilità del prezzo di affitto Y è spiegato dalle variabili indipendenti individuate.

**R al quadrato corretto:** quando si ricorre a un modello di regressione multipla è opportuno fare uso di un indice che tenga conto anche del numero di variabili esplicative incluse nel modello e dell'ampiezza del campione. Per tali considerazioni, il modello restituisce il valore di 0,797 per cui il 79,9% della variabilità del canone di affitto dei terreni presi in esame è spiegato dalle variabili considerate tenendo conto del numero di osservazioni effettuate e delle variabili indipendenti <sup>5</sup>.

**Errore standard:** misura la dispersione media delle variabili indipendenti, rappresenta cioè una stima della distanza media tra valore osservato e valore statisticamente atteso.

### *Analisi della varianza*

Come detto l'equazione che spiega la retta è  $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$ , ma questa equazione sarebbe effettivamente vera se la retta si sovrapponesse perfettamente a tutti i punti osservati, mentre, in realtà, si rilevano errori più o meno significativi.

L'equazione può essere, quindi, riscritta come:  $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + E$ , dove E indica il residuo (ovvero l'errore) che serve appunto a correggere i dati e ritrovare la Y osservata.

La migliore retta è quella che si avvicina di più ai punti osservati: è necessario definirne una che produce valori E (cioè gli errori di stima) il più contenuti possibili.

La varianza di un determinato parametro rispetto alla retta che va ad indi-

<sup>5</sup> Levine David M., Krehbiel Timothy C., Berenson Mark L. – Statistica – Apogeo Editore – 2006

viduare i valori attesi ipotetici della funzione è definita come il valore atteso del quadrato della variabile meno l'errore  $E$  <sup>6</sup>.

L'analisi della varianza è utilizzata per testare le differenze tra le medie dei parametri considerati; semplificandone il concetto è possibile confrontare più gruppi di dati analizzando la variabilità interna al gruppo con la variabilità tra gruppi. Mentre il T test (cioè Stat t) consente l'analisi della varianza fra due parametri, l'F test è in grado di fornire un valore di riferimento relativo a tutti i parametri considerati.

Nel caso in esame, vista la diversità dei parametri valutati e l'obiettivo dello studio, si tralasceranno i calcoli e l'analisi della variabilità dei singoli dati, per cui si studierà solamente il valore di F e il p-value in modo da ottenere un parametro oggettivo di valutazione della significatività dell'intera funzione.

Analizzando i dati restituiti dal modello si può indicare quanto segue:

F	Significatività F
20,6229	2,85743E-07 (p-value)

F = È importante esaminare l'esistenza di una relazione significativa tra la variabile dipendente Y e le variabili esplicative X; a tal fine si verifica l'ipotesi che tutti i coefficienti del modello ( $b_1, b_2, \dots, b_5$ ) risultino diversi da zero. Nel caso infatti un coefficiente b sia uguale a zero il valore di Y sarebbe completamente indipendente rispetto questa variabile.

La statistica F tende ad assumere valori elevati nel caso in cui la regressione riesca a spiegare una quota consistente della variabilità totale dei dati, altrimenti spiegata dalla variabilità residua (dovuta all'errore) <sup>7</sup>. La condizione per cui i coefficienti siano diversi da zero, si osserva anche dal calcolo del p-value (probabilità di estrarre un valore della statistica test maggiore dell'F calcolato). In questo caso F risulta abbastanza elevato e il p-value estremamente basso (approssimando  $2,86^{-7}$ ) per cui si può escludere la possibilità di una variabile indipendente non significativa.

### *Analisi dei coefficienti*

L'analisi dei coefficienti ottenuti dall'analisi permette di verificare quanto ogni variabile indipendente x considerata, incida nel calcolo del valore finale di y. Nel caso in esame si ricava la seguente espressione dal modello di regressione:

<sup>6</sup> Rossi G. – Appunti sulla regressione lineare semplice e multipla – 2013

<sup>7</sup> Summo D. – Analisi statistica delle vendite e metodi per la previsione – Dispensa di statistica aziendale e analisi di mercato

$$y = \underset{A}{1.991,31} + \underset{B}{0,59} \cdot x_1 - \underset{C}{3,45} \cdot x_2 + \underset{D}{135,89} \cdot x_3 - \underset{E}{0,05} \cdot x_4 - \underset{F}{41,09} \cdot x_5$$

y = valore finale del canone di locazione di un ettaro di terreno (euro)

A = coefficiente (euro)

B = coefficiente (euro) per il valore di x1 (estensione in ettari)

C = coefficiente (euro) per il valore di x2 (distanza da impianto a biogas)

D = coefficiente (euro) per il valore di x3 (fertilità)

E = coefficiente (euro) per il valore di x4 (VAM)

F = coefficiente (euro) per il valore di x5 (durata del contratto in anni)

Il coefficiente calcolato per ogni variabile deve essere inteso come il peso economico di ogni fattore analizzato sia rispetto al valore finale di y, sia nel confronto con le altre variabili indipendenti. Ad esempio, il coefficiente 0,59 legato al dato "estensione" (B) significa che per ogni ettaro in più o in meno incluso nel contratto, a parità delle altre condizioni, il valore finale del canone cambierà di 0,59 euro. Al contrario per i coefficienti con segno meno, si farà riferimento ad una proporzionalità inversa come, ad esempio, nel caso della distanza dagli impianti a biogas. In questo caso per ogni chilometro di distanza del terreno rispetto al sito costruttivo dell'impianto il valore finale del canone di affitto diminuirà di 3,45 euro e, viceversa, mantenendo costanti le altre variabili (tabella 4).

Tabella 4. Analisi dei coefficienti delle variabili indipendenti.

	Coefficienti	Errore standard	Stat t	Valore di significatività
Intercetta	1991,309741	2108,486278	0,944426227	0,356222394
Estensione (ettari)	0,591318919	0,463378936	1,276102285	0,216540425
Distanza da biogas (km)	-3,450051731	3,002699494	-1,148983352	0,264118985
Fertilità	135,8899356	17,05577521	7,967385468	1,24153E-07
VAM (euro)	-0,048222837	0,077058881	-0,625792068	0,538527896
Durata contratto (anni)	-41,08957256	30,42116862	-1,350690142	0,191880183

Ragionando in termini di valore assoluto, si è indagato anche il diverso peso delle variabili nel caso in esame. Si evidenzia come la fertilità sia la variabile più importante nella formazione del canone di affitto con il peso di 135,89, al punto che una variazione di fertilità andrebbe a sovrastare la somma di tutti gli altri parametri, se variassero contemporaneamente di una unità. Questo valore risulta essenziale, per il fatto che la fertilità di un terreno sta alla base di ogni contrattazione relativa ad un canone di locazione e anche per il fatto che in questo studio il parametro fertilità è stato scomposto in tre sole fasce di valori. Aumentando

i livelli di scomposizione del parametro, la variazione in valore unitario avrebbe avuto una ripercussione sul prezzo finale minore abbassandone il peso. Questa affermazione risulta valida per tutte le variabili indipendenti analizzate e si collega all'importanza della significatività dei dati iniziali.

Il modello di analisi ha restituito, inoltre, anche l'errore standard,  $t$  e valore di significatività per ogni parametro. L'errore standard è la stima della deviazione standard di ogni variabile. La deviazione standard è un indice di dispersione, vale a dire una stima della variabilità di una variabile casuale ed è uno dei modi per esprimere la dispersione dei dati intorno ad un indice di posizione, quale può essere, ad esempio, il valore atteso, facendo riferimento all'intera funzione.  $t$  e valore di significatività possono essere per semplicità considerati analogamente all' $F$  e alla significatività di  $F$  ( $p$ -value) calcolata nell'analisi della varianza dell'intera funzione.

Il caso oggetto di studio presenta valori abbastanza alti di errore e di significatività, tranne che per il parametro "fertilità del terreno". Come detto la fertilità spiega più delle altre variabili indipendenti la  $y$ , mentre gli altri fattori sono soggetti ad alte probabilità di errore a causa della loro variabilità e del basso numero di casi analizzati. Si ricorda che l'obiettivo del presente lavoro era quello di dedurre il peso delle variabili di un ristretto caso di studio per cui si è trascurata la significatività media dei valori presi uno alla volta, limitandosi a considerare la significatività dell'intera funzione (significatività di  $F$ ) che risultava attendibile.

## **Analisi dei risultati e conclusioni**

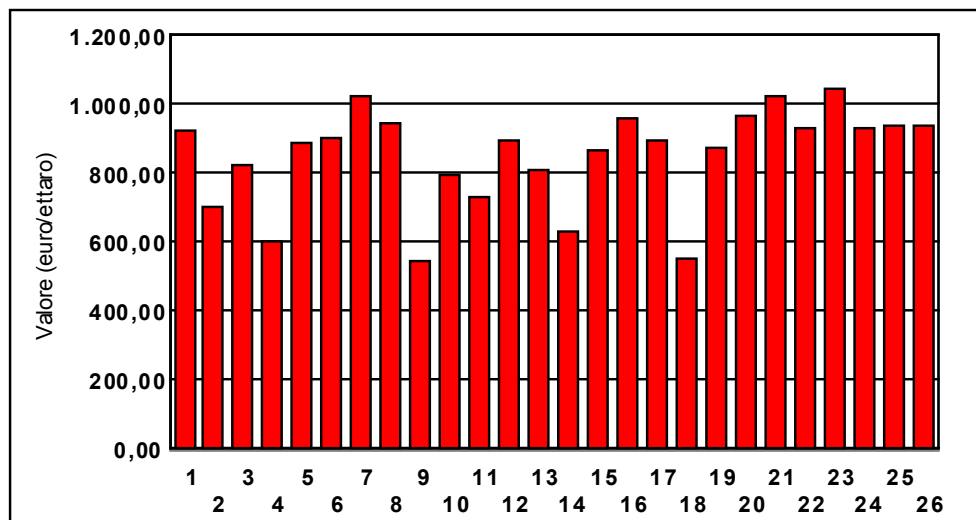
Il principale obiettivo dell'analisi era volto all'ottenimento di un valore numerico per ogni variabile indipendente considerata, in grado di quantificare il peso di ognuno di essi nel comporre la variazione del valore  $y$  (canone di locazione del terreno destinato alla produzione di biomassa). Partendo da questo valore, pur con la cautela necessaria, si è cercato di definire quanto la diffusione della filiera agro-energetica per la produzione di biogas in un determinato territorio, abbia influito sul valore delle locazioni fondiarie.

È indubbio che, nonostante l'area territoriale indagata sia circoscritta in circa 20 km di diametro, si sono notate differenze sostanziali di valore tra i contratti di locazione a disposizione, che devono necessariamente essere spiegate: infatti, il campione di 26 unità ha registrato una media di circa 850 euro/ha, ma con una forbice compresa tra 550 e 1.050 euro/ha (figura 2).

Tuttavia, nonostante il ridotto numero di contratti di locazione a disposizione, i due principali valori degli indici di significatività sono risultati accettabili per considerare lo studio attendibile (in primis il coefficiente di determinazione  $R^2$  corretto e la significatività della funzione  $p$ -value). Un altro importante test di attendibilità è l'analisi di correlazione tra le variabili indipendenti, secondo la quale nessun parametro è risultato poco significativo o nullo ai fini del presente studio.

L'analisi delle singole variabili ha restituito valori di significatività bassi (ed errori sulla previsione del dato elevati) probabilmente a causa del numero scarso di

Figura 2. Campione dei contratti di locazione dei terreni ad uso biomassa.



dati e a causa della presenza di variabili poco significative, come il VAM nel caso in esame, ovvero estremamente più importanti di altre come la fertilità. Per il tipo di analisi proposta, è possibile tralasciare questi dati per il valore essenzialmente di studio preliminare del presente elaborato e per il basso numero di contratti di locazione reperiti.

L'applicazione dei risultati al caso di studio in oggetto può essere descritta come segue, facendo riferimento ai singoli parametri che spiegano la variabile dipendente  $y$ :

- **Estensione (ettari):** il coefficiente pari a 0,59 indica una bassa influenza nel comporre il valore di locazione finale. Aumentando la superficie di un ettaro, il valore cresce solo di 0,59 euro e viceversa. Una superficie totale estesa è un fattore molto richiesto, solitamente, dall'affittuario perché comporta meno costi di gestione dello stesso, soprattutto per quanto riguarda la meccanizzazione (lavorazioni del terreno, spostamenti su strada, raccolta ecc.). Il campione di osservazioni oggetto di studio non ha restituito grande importanza a questo fattore, ma è opportuno tenerlo in considerazione come significativo parametro di trattativa.
- **Distanza dall'impianto a biogas (km):** il parametro presenta un coefficiente pari a  $-3,45$ . È importante notare come esista secondo l'analisi una proporzionalità inversa tra distanza e valore di affitto. Maggiore, infatti, è la distanza da un impianto di biogas, minore sarà il valore della locazione di un ettaro di terreno nell'area in esame. Anche se il valore di 3,45 euro non risulta particolarmente alto si può affermare che la presenza di impianti a biogas sul territorio vada a modificare il canone di affitto di 3,45 euro ogni chilometro di distanza. La difficoltà degli operatori, infatti, nel reperire sufficiente terreno per l'approvvigionamento della filiera porta spesso alla ricerca di fondi a distanze che superano i 30-40 chilometri.

Lo stesso ottenimento delle autorizzazioni necessarie per costruire gli impianti fa riferimento al concetto di filiera corta e cioè all'ottenimento di materia prima da destinare alla produzione di energia entro un raggio di 70 chilometri dall'impianto. Secondo i dati restituiti dall'analisi, quindi, un terreno a 70 chilometri di distanza comporterebbe, mantenendo costanti gli altri parametri, una diminuzione del suo valore di locazione pari a 241,50 euro.

Chiaramente risulta improbabile che a tali distanze le condizioni di fertilità e valore agricolo medio risultino uguali a quelle rinvenute nel campione di osservazioni in esame; osservando la massima distanza nei contratti analizzati (pari a circa 18 km) la diminuzione del valore di affitto è pari a 62,10 euro.

- **Fertilità del terreno:** il coefficiente restituito, pari a 135,89, indica come questo dato sia il più importante parametro nella formazione del prezzo di locazione finale rispetto agli altri considerati. Aumentando un grado di fertilità il valore di un ettaro di terreno aumenta, in questo caso di studio, di 135,89 euro. Come già anticipato la fertilità del terreno modifica sensibilmente il valore fondiario anche se si tratta di un parametro qualitativo che deve essere trasformato in un valore numerico per permetterne l'inserimento nell'analisi di una funzione matematica. Proprio la suddivisione in sole tre fasce di fertilità può rappresentare un limite nell'interpretazione di questo dato da parte della funzione della regressione lineare. La difficoltà di attribuire un valore e una scala di riferimento che siano in grado di spiegare significativamente la fertilità di un terreno si ripercuote nel presente calcolo così come nelle reali trattative per le locazioni; difficilmente, infatti, questo valore deriva da analisi chimiche, ma più frequentemente sullo storico delle rese ad ettaro che però possono essere molto variabili, ad esempio, a causa di annate siccitose, presenza di particolari malattie, tipologia di lavorazioni del suolo ecc.
- **Valore agricolo medio (VAM euro):** nonostante il valore agricolo medio sia, nella maggior parte dei casi, una base di partenza nella formazione di un prezzo sia di vendita sia di locazione di un terreno, nel presente studio il valore è di trascurabile importanza (-0,048 euro). Questo dato è facilmente spiegato dal fatto che i contratti analizzati si trovano entro un raggio di 18 chilometri, per cui possono essere considerati del tutto simili per quanto riguarda il tipo di coltura (seminativo). Il VAM, come visto, si basa essenzialmente sulla tipologia di coltura presente al momento della contrattazione ed è intuibile come l'imprenditore agro-energetico sia alla ricerca di terreni a seminativo e non di frutteti, vigneti o simili.
- **Durata contratto (anni):** il calcolatore indica un coefficiente pari a -41,09, un valore controcorrente rispetto le ipotesi iniziali. Una maggiore durata del contratto di un anno, mantenendo costanti gli altri parametri, corrisponde ad una diminuzione del valore di affitto pari a circa 41 euro. Questo risultato sembra essere spiegato dalla forte influenza di un contratto molto oneroso della durata di un solo anno, rispetto ad altri che per un numero di anni di locazione maggiore presentano valori inferiori ma più vicini alle medie della zona. L'imprenditore agro-energetico, in mancanza di terreni necessari, è spesso costretto a stipulare anche contratti annuali, pur di non rimanere al di sotto della quota del 51% di terreni in proprietà o in affitto necessari all'ottenimento della fiscalità agevolata.

Concludendo si può affermare che, nonostante il carattere preliminare dello studio, la difficoltà nel reperimento di dati significativi e il basso numero di osservazioni, la tesi iniziale per cui la diffusione di impianti per la produzione energetica da biogas in ambito agricolo ha prodotto effetti nella formazione del valore di affitto dei terreni agrari è stata confermata ed è, soprattutto, riscontrabile nella diminuzione di valore di locazione, aumentando la distanza dagli impianti e dalla richiesta di terreni ad alta resa unitaria di insilati di cereali.

## **Bibliografia**

- Baccino F. – Terreni, affitti d’oro con il biogas–Il sole 24 ore – Agrisole – 5-11 Novembre 2010  
Bertocchi S. – Statistica – Alphatest – 2000  
Borra S., Di Ciaccio A. – Statistica, metodologie per le scienze economiche e sociali – McGraw Hill – 2004  
Levine David M., Krehbiel Timothy C., Berenson Mark L. – Statistica – Apogeo Editore – 2006  
Loreti, M. – Teoria degli errori e fondamenti di statistica – Decibel Zanichelli – 1998  
Marchetti G. – Introduzione ai modelli statistici – Dipartimento di Statistica – Firenze – 2012  
Rossi G. – Appunti sulla regressione lineare semplice e multipla – 23 Novembre 2013  
Summo D. – Analisi statistica delle vendite e metodi per la previsione – Dispensa di statistica aziendale e analisi di mercato