

Metodi di analisi econometriche spaziali applicati alle dinamiche di efficienza energetica d'impresa

V. Costantini, M. D'Angeli, M. Mancini, E. Paglialunga

Università degli studi Roma Tre, Dipartimento di Economia - ENEA

Risultanze dei WP3 del Progetto 1.6 del Piano Triennale di realizzazione 2022-2023
della Ricerca di Sistema elettrico nazionale (RdS) - **26 Novembre 2024.**



- ① Il potenziale dei dati provenienti dalle DE: possibili estensioni
- ② Analisi Descrittiva
- ③ Analisi Econometrica
- ④ Risultati Chiave
- ⑤ Appendice

Database iniziale:

- 684 diagnosi pervenute nel 2019 dai codici **ATECO C22.21.00, C22.22.00 e C22.29.09**.
- **2.590 interventi individuati**, in 634 siti produttivi.

Estensioni dei dati approfondite:

- Informazioni economico-finanziarie.
- Potenziale accesso agli incentivi.
- Geolocalizzazione e dinamiche territoriali (SLL).

DATABASE A - Interventi individuati:

• Integrazione dei dati economico-finanziari AIDA

Variabili selezionate:

Ricavi per dipendente
Rapporto di indebitamento
Rotazione del capitale investito
Numero dipendenti
Ricavi totali

Le informazioni risultano disponibili per 453 siti (1286 interventi).

• Certificati Bianchi

Grazie alle [Linee Guida GSE](#), abbiamo valutato l' idoneità degli interventi per i TEE.

[Variabile Certificati Bianchi](#)

• Natura tecnica delle misure: variabili di categorizzazione

La tipologia di intervento è stata codificata tramite variabili binarie, ciascuna delle quali identifica l'area tecnica specifica associata a ogni misura.

DATABASE B - Aggregazione

- **Le informazioni relative agli interventi individuati e ai consumi energetici sono state aggregate per ciascuna delle 371 imprese (Codice Fiscale):**

Nota: I consumi energetici (Tep) comprendono tutti i siti produttivi; analogamente, le informazioni sugli interventi sono state aggregate per sito e successivamente per azienda.

Nota: Il tempo di ritorno è calcolato come media dei tempi di ritorno degli interventi su tutti i siti dell'impresa.

- **L'aggregazione agevola l'integrazione dei dati e l'esplorazione delle dinamiche territoriali:**

- ① **Inserite le coordinate geografiche (lat. e long.)** per ciascuna azienda.
- ② Collocate le imprese nei **Sistemi Locali del Lavoro (SLL)** di appartenenza.

Nota: I Sistemi Locali del Lavoro (SLL) sono aree geografiche definite dall'ISTAT in base ai flussi di pendolarismo, considerando congiuntamente residenza e posto di lavoro.

Interventi Individuati

Il consumo energetico è dominato dall'**elettricità**, seguita da energia termica e gas.
70.231,97 risparmi energetici primari e **13.003,85 tep** risparmi finali in Tep.

Il **26,84% dei risparmi potenziali** è legato a Tempi di ritorno < 3 anni.

La maggioranza degli interventi ha un **costo-efficacia tra 5.001 e 15.000 euro/tep**.

Il settore della produzione di articoli in materie plastiche e gomma nel 2019:

Equilibrio moderato tra capitale preso in prestito e totale delle attività.

- Rapporto di indebitamento pari a **0,81%**.

Margini di redditività contenuti: limitato ricorso all'autofinanziamento.

- ROS medio del **3,21%**.

Capacità moderata di generare ricavi in relazione al capitale investito.

- Rotazione capitale investito pari a **1,14 volte all'anno**.

Analisi descrittiva: Dinamiche Territoriali

La distribuzione territoriale dei risparmi e degli interventi identificati mostra una forte eterogeneità: **il potenziale di efficientamento varia significativamente tra imprese dello stesso settore e della stessa area geografica.**

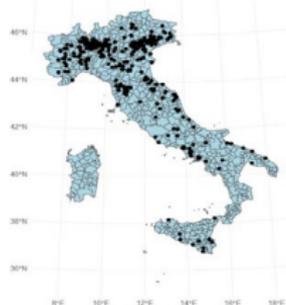


Figura a) Distribuzione territoriale delle aziende



Figura b) Imprese e SLL di appartenenza

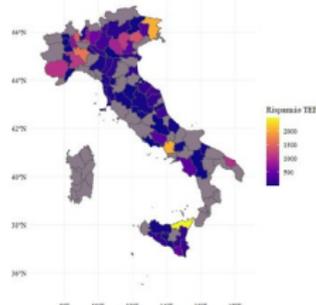


Figura c.1) Distribuzione provinciale dei risparmi energetici

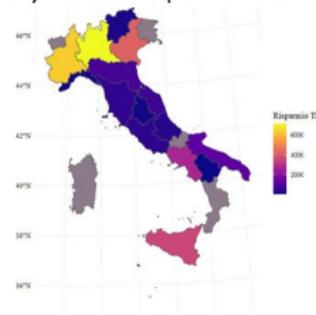


Figura c.2) Distribuzione regionale dei risparmi energetici

- **A livello di intervento:** Ruolo delle caratteristiche aziendali e delle caratteristiche tecniche delle MEE sulla performance energetica del settore + Ruolo Certificati bianchi.
- **A livello aziendale:** Ruolo delle caratteristiche aziendali e delle caratteristiche tecniche delle MEE sulla performance energetica del settore.
- **A livello aziendale (campione Nord Italia):** In che misura la performance energetica di un'azienda risente di influenze esterne dovute alla vicinanza con altre aziende?

Livello di Analisi	Metodologie
Livello intervento (database A)	OLS, OLS con effetti fissi (sito), Logit
Livello aziendale (database B)	OLS e test di autocorrelazione spaziale
Livello aziendale (database B-Nord Italia)	OLS, test di autocorrelazione spaziale, SLX, SAR, SEM

Variabile dipendente: Performance Energetica (PE)

$$PE_i = \frac{\text{Totale Risparmi energetici (tep)}_i}{\text{Totale Consumi energetici (tep)}_i}$$

La PE è misurata come il rapporto tra il potenziale di risparmio energetico generabile dagli interventi identificati e il consumo energetico complessivo.

Versione Dicotomica (PE Dummy per Logit):

$$PE_i^{\text{dummy}} = \begin{cases} 1 & \text{se } PE_i > \text{media}(PE) \\ 0 & \text{se } PE_i \leq \text{media}(PE) \end{cases}$$

La variabile assume valore 1 se la PE supera il valore medio registrato nel settore e 0 altrimenti (modello logit).

Versione Aggregata: Consente di passare da una visione limitata ai singoli siti produttivi a una prospettiva aziendale complessiva della performance energetica.

Nota: La trasformazione logaritmica è applicata nei modelli OLS per normalizzare la distribuzione.

► **Barriere Economiche**

Maggiori tempi di ritorno riducono l'adozione delle MEE.

La disponibilità di capitale rappresenta un ostacolo significativo

(Newell et al. 2004; Groot et al., 2001; Rohdin et al., 2007; Trianni e Cagno, 2012)

► **Barriere Tecniche**

Caratteristiche specifiche di una MEE (benefici), insieme al contesto tecnico, influenzano l'adozione. (Fleiter, Hirzel e Worrell, 2012)

► **Barriere Aziendali**

La magnitudine degli ostacoli varia in base alle caratteristiche dell'azienda.

► **Drivers** → Incentivi economici di breve termine contribuiscono a ridurre le resistenze iniziali.

(Cagno e Trianni, 2012)

Sintesi dei Risultati Econometrici - Livello Intervento A

Modello ed Equazione	Y	Principali Risultati
OLS $\log(Y_{i,f}) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon$	Log(PE)	<p>Un incremento percentuale del livello di investimento aumenta la PE. Maggiori tempi di ritorno riducono la PE. I Certificati bianchi incrementano debolmente la PE. Il monitoraggio conduce a stime di risparmio più accurate. L'indebitamento impatta sulla PE positivamente. Le imprese del Nord-Ovest mostrano PE relativamente migliori. Cogenerazione, Centrale Termica e Aria compressa aumentano la PE in misura maggiore rispetto ad altre aree.</p>
OLS FE $\log(Y_{i,f}) = \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k + \gamma_f + \epsilon$	Log(PE)	<p>Si confermano i precedenti risultati per Investimento, Tempo di ritorno ed Aree intervento. Una rotazione di capitale più alta riduce la PE: preferenza per le strategie d'investimento di breve termine. Effetti fissi significativi.</p>
Logit $P(Y_i^1 = 1 X_i) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k}}$	PE _{dummy}	<p>Si confermano i precedenti risultati per Investimento, costo-efficacia, Aree intervento e monitoraggio.</p>

1. Probabilità che la performance energetica sia maggiore del suo valore medio.

► **Cluster industriali ed efficienza produttiva**

I cluster industriali favoriscono il miglioramento dell'efficienza produttiva nell'industria.
(Otsuka et al., 2010)

► **Barriere all'adozione e prossimità geografica**

L'asimmetria informativa può ostacolare l'adozione.
(Cagno et al., 2013; Sorrell et al., 2004)

La vicinanza geografica facilita la condivisione di informazioni e il trasferimento di conoscenze tacite tra le imprese.

(Jaffe, 1993; Audretsch et al., 1996; Howells, 2002)

► **Gli studi sulle dinamiche di EE industriale mostrano la presenza di dinamiche spaziali sottostanti significative.**

(Liu et al., 2017; Liu et al., 2019; Wu et al., 2020; Quito et al., 2023)

Sintesi dell'Analisi di Correlazione Spaziale I

Le **matrici dei pesi W** sono necessarie per valutare la presenza di autocorrelazione spaziale. Formalizzano il concetto di vicinanza tra le unità osservate (imprese).

Matrici costruite:

- ▶ Distanza Inversa (attribuisce un peso maggiore alle imprese con minore distanza geografica).
- ▶ Matrice Soglia (10 km, 20 km, 50 km, 65 km)
- ▶ Adiacenza Provinciale
- ▶ Sistemi Locali del Lavoro (SLL)

Risultati per l'intero campione:

Il test di Moran I condotto sui residui del modello OLS non ha rilevato una correlazione spaziale significativa.

L'analisi è stata replicata su un sottocampione di **172 imprese localizzate nel Nord Italia: rilevata autocorrelazione spaziale significativa** (Matrici Soglia 50 e 65 km e Matrice Distanze Inverse).

I modelli di regressione spaziale sono stati stimati per il sottocampione, con W basata sulla distanza inversa.



Sintesi dei Risultati Econometrici - Nord Italia B

Modello ed Equazione

Principali Risultati

OLS

$$\log(Y_{i,f}) = \alpha + \beta \cdot X + \epsilon$$

Si confermano i precedenti risultati per Investimento ed aree Intervento.*

SAR (Spatial Autoregressive)

$$\log(Y_{i,f}) = \rho WY + X\beta + \epsilon$$

Non si osserva alcuno spillover tra le performance energetiche delle imprese: le esigenze di efficientamento energetico sono specifiche per ciascuna azienda.

SEM (Spatial Error Model)

$$\log(Y_{i,f}) = X\beta + \lambda W\epsilon + \epsilon$$

Si osserva la presenza di fattori non esplicitamente modellati, che incidono sulla PE, le cui unit' a presentano autocorrelazione spaziale.

SLX (Spatial Lag of X)

$$\log(Y_{i,f}) = X\beta + WX\theta + \epsilon$$

La rotazione del capitale investito è negativamente associata alla PE: le imprese con cicli di capitale più rapidi tendono preferire investimenti veloci.

Cogenerazione ha un effetto diretto positivo e significativo, ma non si rilevano effetti indiretti significativi sulle imprese vicine.

Un aumento del leverage migliora la performance dell'impresa e può influenzare le imprese vicine (effetti indiretti significativi).

SAC (Spatial Autoregressive Combined)

$$\log(Y_{i,f}) = \rho WY + X\beta + \lambda W\epsilon + \epsilon$$

Si confermano i risultati del SAR (ρ non significativo) e SEM (λ significativo)

Nota: (Y) è la Performance Energetica, mentre W è la matrice delle distanze inverse.

- ① **Rilevanza dell'inclusione delle condizioni contestuali/economiche e delle relazioni inter-aziendali nell'analisi** delle dinamiche di efficientamento energetico.
- ② Esplorare **l'influenza delle condizioni finanziarie locali sulle strategie di adozione** delle MEE nei settori caratterizzati da margini di struttura ridotti.
- ③ Analizzare **l'efficacia differenziata degli strumenti di incentivazione** nel promuovere decisioni di investimento orientate alla sostenibilit`a di lungo periodo.

Grazie per l'attenzione.

martina.mancini2@uniroma3.it