

# Non-additività dei risparmi energetici nelle PMI: una nota metodologica

Mario Menichella<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fisico e Analista Energetico, I-55049, Viareggio (LU), Italy

E-mail: m.menichella@gmail.com

## Sommario

*Nella consulenza energetica alle piccole e medie imprese è prassi comune stimare il risparmio totale di un piano di interventi sommando i contributi individuali sui tre principali versanti di intervento: riduzione del prelievo energetico dall'ottimizzazione gestionale delle utenze (U), dall'efficientamento degli impianti (E) e dalla generazione rinnovabile in sito (F). Questo approccio additivo è spesso fuorviante: quando gli interventi insistono sulla stessa base energetica, il beneficio ottenibile dalla loro applicazione congiunta non coincide con la somma dei benefici stimati separatamente. Il presente lavoro lo illustra quantitativamente su sei casi studio anonimi, nei quali la perdita rispetto alla stima additiva, definita come  $(R_{\text{somma}} - R_{\text{ref}}) / R_{\text{somma}}$ , è compresa tra circa il 12 % e il 28 %. Si propone un modello operativo empirico con sei coefficienti efficaci,  $R_{\text{tot}} = f(U, E, F)$ , calibrato sui sei casi. Poiché il numero dei coefficienti è dello stesso ordine del numero dei casi, le prestazioni riportate sul campione di calibrazione (RMSE relativo  $\approx 1,8\%$ ) non costituiscono una misura della capacità predittiva out-of-sample. Si introduce inoltre l'indice  $\eta_{\text{int}} = R_{\text{ref}} / R_{\text{somma}}$  come indicatore descrittivo del grado di non-additività e potenziale strumento operativo da validare su un campione indipendente.*

**Parole chiave:** risparmio energetico · non-additività · modello operativo empirico · PMI manifatturiere · consulenza energetica · fonti rinnovabili

## Introduzione

Quando un'impresa realizza simultaneamente tre famiglie di interventi — ottimizzazione gestionale delle utenze, efficientamento degli impianti e installazione di fonti rinnovabili — una prassi comune nelle valutazioni preliminari consiste nello stimare il risparmio complessivo sommando i contributi individuali. Il risultato può essere ottimistico: la non-additività ha una radice fisica, in quanto interventi differenti possono agire, direttamente o indirettamente, sugli stessi consumi e profili di prelievo, cosicché il beneficio della loro applicazione congiunta non coincide necessariamente con la somma dei benefici stimati separatamente.

Nel seguito,  $R_{\text{ref}}$  indica il valore di risparmio complessivo di riferimento stimato sulla base dei dati aziendali disponibili; non costituisce una misura sperimentale indipendente ottenuta mediante un protocollo M&V certificato.

### Origine e natura dei dati dei casi studio

I valori  $R_{\text{ref}}$  utilizzati per la calibrazione (620, 990, 730, 1 460, 510 e 600 MWh anno<sup>-1</sup>) sono stati derivati dall'analisi delle bollette energetiche ante e post-intervento, corrette per la variazione del volume produttivo nel periodo considerato (metodo dei consumi specifici). Il periodo di osservazione è di 12 mesi ante e 12 mesi post, con tutte

le aziende nel periodo 2022–2024. Non è stata applicata normalizzazione climatica esplicita, in quanto gli impianti sono prevalentemente manifatturieri con consumi scarsamente dipendenti dalla temperatura esterna. Gli effetti dei tre interventi sono stati separati mediante confronto con le singole diagnosi energetiche pre-intervento disponibili per ciascuna impresa. L'incertezza associata a ciascun  $R_{\text{ref}}$  non è quantificata formalmente; studi analoghi su bollette industriali suggeriscono incertezze tipiche del 5–15 %. Questa mancanza di una stima di incertezza sui dati obiettivo limita ulteriormente l'interpretabilità quantitativa dei coefficienti calibrati.

Il presente lavoro ha tre obiettivi. Primo, formalizzare la struttura della non-additività, distinguendo la componente di perdita lineare da quella di ridondanza a coppie. Secondo, proporre un modello operativo compatto, chiaramente presentato come empirico e preliminare. Terzo, introdurre  $\eta_{\text{int}}$  come indicatore descrittivo del grado di non-additività.

Il paper si innesta nel framework dello spazio energetico 4D delle PMI introdotto nel Quaderno 2026-001 [8], rispetto al quale costituisce un approfondimento del sottospazio tridimensionale ( $U, E, F$ ), e si colloca nella letteratura sull'efficienza energetica industriale e sulla gestione integrata degli interventi di risparmio [1, 5, 9]. Le problematiche di sovrapposizione tra misure e di stima