

# **Sostenibilità economica degli interventi di efficienza energetica: normativa tecnica e casi pratici**

## **Economic sustainability of energy efficiency interventions: technical standards and practical cases**

LUCA BERRA<sup>1</sup>- ANDREA CHIEROTTI<sup>2</sup>- MANUELA REBAUDENGO<sup>3</sup>- PAOLA SOMA<sup>2</sup>

*1 Esperto EGE e CMVP - Consulente Edilclima S.r.l. - Borgomanero, NO*

*2 Edilclima S.r.l. Engineering and Software - Borgomanero, NO*

*3 Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio, Politecnico di Torino, TO*

### **RIASSUNTO**

L'articolo si articolerà in due parti principali:

- cenni di analisi economica;

- casi studio per la verifica della sostenibilità economica degli interventi.

La prima parte illustra le norme tecniche e i risultati dell'attività di ricerca effettuata con il Politecnico di Torino, evidenziando: indicatori economici e loro modalità di calcolo, determinazione dell'orizzonte temporale, concetto di costo globale.

Nella seconda parte saranno presentati due casi studio diagnosticati, realizzati, in corso di misura e verifica.

Il primo caso si riferisce ad un edificio costruito nei primi anni 70. L'intervento prevede l'isolamento termico degli elementi orizzontali disperdenti, delle facciate e la sostituzione di alcuni serramenti. L'intervento relativo all'involucro edilizio è integrato dalla sostituzione del generatore di calore e dall'installazione di un piccolo impianto fotovoltaico per i servizi centralizzati condominiali.

Il secondo caso è relativo a un edificio costruito alla fine degli anni 90. In questo caso l'involucro edilizio è già isolato termicamente, pertanto eventuali interventi sull'involucro risulterebbero meno efficaci. Gli interventi migliorativi sono dunque relativi alla sola componente impiantistica: sostituzione delle caldaie con un sistema ibrido (caldaia a condensazione e pompa di calore), sostituzione di componenti impiantistici atti a ridurre la temperatura media di alimentazione,

installazione di un impianto fotovoltaico per i servizi centralizzati condominiali.

## **SUMMARY**

The paper will be structured into two main sections:

- an introduction on economic analysis;
- a second part, focusing on two case studies with a calculation of the economic sustainability.

The first part of the paper will illustrate the technical standards and results of a research activity in collaboration with the Politecnico of Torino and the main focus will be on methodology, economic indicators, the evaluation of the period of calculation, the calculation of global cost and Net Present Value. In the second part of the paper, it will be presented two case studies that have been diagnosed, implemented, being measured, and verified.

The first case study consists of a residential building built in the early 1970s. The retrofit intervention consists of the installation of thermal insulation layer of the horizontal elements and of the facades together with the replacement of more efficient windows and doors. Moreover, the replacement of the heat generator and the installation of a small photovoltaic system have been carried out. The second case study consists of a residential building built in the late 90s. Its building envelope was already partially thermally insulated, therefore any interventions on the envelope would not be cost-effective. The main retrofit measures are mainly focused on the technical systems: the replacement of the boilers with a hybrid system, replacement of plant components to reduce the average supply temperature, installation of a photovoltaic system.

## **1. INTRODUZIONE**

Negli ultimi tempi, complice una forte incertezza riguardante i costi dei combustibili e dell'energia elettrica, si parla sempre più insistentemente di efficienza energetica. Inoltre il settore sta vivendo, da qualche anno, la transizione energetica accompagnata da strumenti nuovi ed alternativi.

Nell'ambito dei sostegni all'efficienza energetica, la famiglia dei bonus fiscali ha evidenziato l'importanza del progettista per definire interventi che non fossero solo detraibili ma funzionali ed efficaci.

Oggi, le politiche di investimento pubbliche hanno introdotto con il PNRR il criterio DNSH (Do Not Significant Harm) e l'immunizzazione degli effetti del clima.

Infine diversi Programmi Regionali FESR contengono svariati criteri tra cui la necessità preliminare di una diagnosi energetica e un limite per gli indicatori specifici, definendo il rapporto ammissibile tra risparmio energetico (kWh) e investimento (€) e tra la riduzione delle emissioni climalteranti (kg CO<sub>2</sub>) e l'investimento (€).

Si tratta di un modo semplice ed efficace per confermare che, quando si finanzia l'efficienza energetica, il risparmio diagnosticato e conseguito non può avere un costo specifico più elevato di un determinato valore.

A livello normativo ricordiamo la recente pubblicazione di diversi documenti rilevanti in questo ambito tra cui ricordiamo:

- UNI EN 15459-1:2018 - Prestazione energetica degli edifici - Sistemi di riscaldamento e sistemi di raffrescamento idronici negli edifici - Parte 1: Procedura di valutazione economica per i sistemi energetici negli edifici;
- UNI CEI EN 17463:2022 - Valutazione degli investimenti relativi ad interventi nel settore energetico (VALERI);
- UNI CEI EN 16247:2022 - Diagnosi Energetiche - Parte 1: Requisiti generali;
- UNI CEI EN 16247:2022 - Diagnosi Energetiche - Parte 2: Edifici;
- UNI CEI EN 16247:2022 - Diagnosi Energetiche - Parte 3: Processi;
- UNI CEI EN 16247:2022 - Diagnosi Energetiche - Parte 4: Trasporto;
- UNI TR 11775:2020 - Rapporto tecnico - Diagnosi Energetiche - Linee guida per le diagnosi energetiche degli edifici;
- UNI TR 11824:2021 - Rapporto tecnico - Diagnosi Energetiche - Linee guida per le diagnosi energetiche dei processi;
- UNI CEI EN 17669:2023 - Contratti di prestazione energetica - Requisiti minimi.

In questo contesto la relazione si focalizza sul tema della sostenibilità economica degli interventi di efficienza energetica presentando due casi studio.

## **2. CENNI DI ANALISI ECONOMICA**

Il metodo della norma UNI EN 15459:2018 è largamente impiegato per la valutazione economica degli interventi di risparmio energetico.

Il criterio, noto anche come “metodologia del Costo Globale” considera tutti i principali flussi conseguenti ad un intervento di risparmio energetico tra cui:

- costi iniziali (fornitura e posa, oneri per la sicurezza, oneri per la progettazione, altri costi ed opere realizzate all'inizio);

- flussi di cassa distribuiti nel tempo e comprendenti:
  - costi di esercizio: servizi vari, manutenzione, sostituzione periodica dei componenti (quando la vita utile del componente è inferiore al periodo di calcolo);
  - ricavi in esercizio e nello specifico ricavi periodici (risparmi calcolati sulla base di una diagnosi energetica secondo la norma UNI CEI EN 16247:2022) (Autori vari, 2022).
  - ricavi da incentivi;
  - ricavi finali (valore residuo);
  - costi finali (smaltimento componenti).

I principali indicatori economici utilizzabili da usufruire per la verifica della redditività dell'operazione sono quelli riportati nella Tabella I.

**Tabella I - Principali indicatori economici.**

<b>Indicatore</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Azione conveniente</b>
<b>VAN</b>	« <b>Valore attuale netto dell'operazione</b> »; differenza fra RICA VI e COSTI (attualizzati) complessivamente occorsi durante il periodo di calcolo	$V_{an} > 0$
<b>PB</b>	« <b>Tempo di ritorno</b> » (Payback period, norma UNI EN 15459:2018); momento in cui i costi sono bilanciati dai risparmi monetari che si verificano durante il periodo di calcolo	$P_b < t_{calc,invest}$
<b>IP</b>	« <b>Indice di profitto</b> »; pari al rapporto VAN/Costo totale iniziale, rappresenta il profitto generato da ogni euro investito nella realizzazione dell'intervento (indica la capacità dell'intervento di generare profitto rispetto al costo di investimento)	$I_p > 0$
<b>CG</b>	« <b>Costo globale</b> » (norma UNI EN 15459:2018); costi complessivi (attualizzati) occorrenti lungo tutto il periodo di calcolo, cui viene sottratto il valore residuo finale dei componenti	-
<b>TIR</b>	« <b>Tasso interno di rendimento</b> »; valore del tasso di interesse che provoca un annullamento del VAN, rappresentativo della redditività dell'intervento	$T_{ir} > i_{assunto}$

Premesso che è spesso opportuno utilizzare più indicatori per valutare la redditività di un investimento, la norma UNI CEI EN 17463:2022 prescrive il VAN come metodo principale, per i seguenti motivi:

- riflette la realtà in quanto **considera il valore del denaro nel tempo** (altri parametri come il tempo di ritorno «semplice» non lo fanno);
- **rivela il potenziale finanziario dell'intervento;**
- è un **risultato univoco;**
- è **completo**, perché analizza tutti i flussi di cassa lungo tutto il periodo di calcolo scelto (il tempo di ritorno invece, in quanto tale, si focalizza solo sui flussi antecedenti sé stesso).

Gli altri indicatori utili per il calcolo della convenienza economica sono il tempo di ritorno e il TIR, ma evidenziano alcune limitazioni; nel primo caso:

- **non si incorpora l'effetto del rendimento finanziario** (si potrebbe quindi avere uno scenario di intervento con «tempo di ritorno» più breve, ma con VAN molto più basso rispetto ad altri scenari);
- **si trascurano i flussi di cassa dopo il raggiungimento del punto di pareggio** (si potrebbero avere pertanto due scenari con stesso tempo di ritorno, ma in uno dei due potrebbe verificarsi una forte riduzione del VAN. Tale dinamica rimarrebbe pertanto «nascosta»).

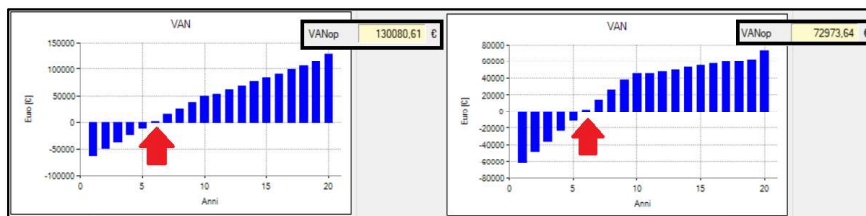


Figura 1- Interventi con uguale tempo di ritorno ma VAN diversi.

Per quanto riguarda il secondo caso, invece:

- tale indicatore **esprime l'entità dell'effetto del risparmio energetico** e del rendimento finanziario in termini percentuali (potrei quindi avere uno scenario di intervento con TIR più elevato ma con VAN più basso rispetto ad altri scenari);
- la stessa norma cita inoltre il fatto che possa matematicamente **generare più di un risultato** ove vi sia più di una variazione di segno nel flusso di cassa aggregato nel tempo.

Il VAN (valore attuale netto) richiede l'attualizzazione al momento iniziale dei costi e dei ricavi.

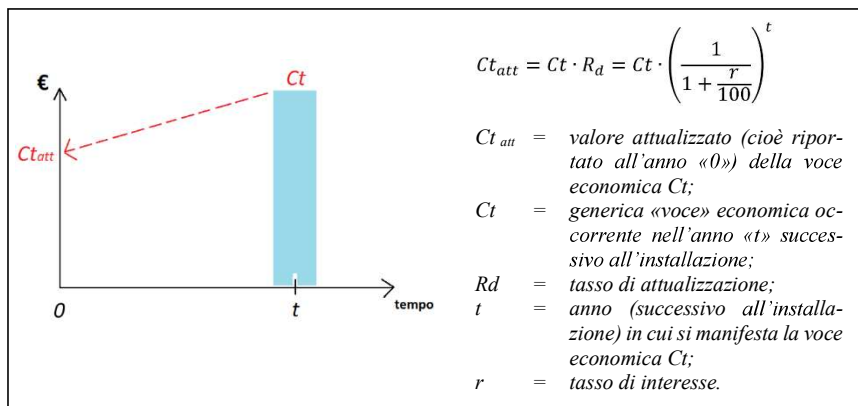


Figura 2 - Attualizzazione.

Grazie alla «attualizzazione», tutti i costi e i ricavi diventano legittimamente confrontabili fra loro. Di conseguenza è possibile valutare il «valore attuale netto dell'operazione» ( $VAN_{op}$ ) riferito ad un determinato periodo di calcolo:

$$VAN_{op} = Res_{tot,att} - C_{es,tot,att} - C_{in,tot} \quad (1)$$

dove:

- $Res_{tot,att}$  = ricavi in esercizio totali attualizzati;
- $C_{es,tot,att}$  = costi in esercizio totali attualizzati;
- $C_{in,tot}$  = costi iniziali totali.

$VAN_{op}$  positivo → l'intervento è efficace economicamente (genera ricavi attualizzati superiori ai costi attualizzati);

$VAN_{op}$  negativo → l'intervento NON è economicamente conveniente (non è in grado di generare ricavi attualizzati superiori ai costi attualizzati).

Un aspetto molto importante è il limite temporale che si intende considerare per il calcolo. Si tratta di un aspetto non univoco che il consulente deve opportunamente ipotizzare, ad esempio, sulla base della vita tecnica dei vari interventi previsti e dei costi manutentivi che vuole considerare.

Più correttamente il periodo temporale di calcolo su cui articolare la valutazione dovrebbe essere correlato alla vita del progetto, ovvero al periodo durante il quale si ritiene che l'investimento generi flussi di cassa.

Come suggerito dalla norma UNI CEI EN 17463, ecco alcune domande che potrebbero aiutare a determinare la «vita del progetto»:

- per quanto tempo l'investimento genera effetti?

- per quanto tempo si possono prevedere benefici e costi monetizzabili legati all'investimento?
- quando è possibile prevedere la ricostruzione, il ripotenziamento, lo smantellamento, la revisione generale, lo smaltimento, ecc. e i relativi flussi di cassa associati?

Infine è opportuno considerare i tempi di obsolescenza, ovvero uno scenario oltre il quale si ritiene che possano essere sviluppate tecnologie innovative e preferibili rispetto a quelle adottate. Questo implicherebbe la dismissione della soluzione di efficientamento proposta determinando di conseguenza il limite temporale della vita del progetto.

Il grafico del VAN evidenzia, negli anni, una sorta di bilancio tra costi e ricavi. In linea generale all'anno 0 il valore del grafico (negativo) dipende largamente dall'investimento iniziale. Negli anni successivi il valore del VAN progressivo aumenta grazie ai ricavi fino ad annullarsi e a generare un "utile".

Il VAN consente di verificare l'andamento oltre il tempo di ritorno considerando tutto il periodo temporale considerato. Occorre considerare che costi e risparmi sono attualizzati e che la valutazione tiene conto dei tassi di interesse, di sconto e dell'inflazione (su base unica o differenziata sui vari componenti). Il risultato ottenuto può essere confrontato con altre forme di investimento che hanno gli stessi tassi.

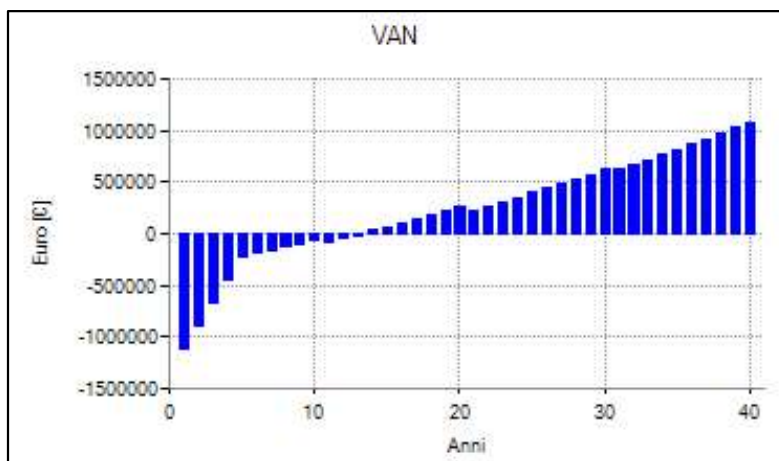


Figura 3 - Esempio di VAN. Si noti l'andamento discontinuo dovuto ai costi in esercizio (manutenzione, sostituzione ecc.).

Dato che il VAN utilizza alcuni parametri certi ed altri stimati è necessario poter

verificare l'influenza della variazione dei parametri stimati rispetto al risultato atteso.

La norma UNI CEI EN 17463:2022 parla infatti di analisi di sensibilità. Al fine di ottenere una comprensione più approfondita della variazione del VAN in relazione alle diverse variabili, è opportuno condurre un'analisi di sensibilità. Il primo passo consiste nel determinare quali parametri contengano notevoli incertezze nella loro determinazione o siano più sensibili di variazione nel tempo, rendendo "meno certa" la stima iniziale.

Per le finalità di analisi economica di interventi di efficientamento energetico, questi parametri possono normalmente includere:

- tassi di variazione annuale dei prezzi;
- quantità di energia risparmiata o prodotta;
- durata dell'investimento;
- tasso di sconto;
- CAPEX (spesa di capitale – costo per sviluppare asset durevoli);
- OPEX (spesa operativa - costo necessario per gestire un sistema);
- flussi di cassa relativi allo smantellamento, dismissione o simili alla fine del ciclo di vita.

In generale il livello di aleatorietà dei dati aumenta più ci si allontana dall'anno zero. L'investimento, con tutte le difficoltà tecniche inerenti alla sua definizione e stima dei costi, è il dato più "certo".

Proseguendo nel periodo temporale considerato, i dati utilizzati per la valutazione iniziale potrebbero diventare sempre più incerti in quanto legati ad aumenti differenziali dei prezzi con previsioni legate ad uno scenario al contorno che, come sempre più spesso vediamo, può mutare.

L'analisi di sensibilità viene eseguita variando proprio alcuni parametri di input, scelti in base alle motivazioni di cui sopra.

Si elabora la variazione di un solo parametro alla volta, in un intervallo scelto. La variazione fittizia dei singoli parametri è applicata all'intera vita del progetto al fine di determinare l'influenza rispetto al VAN.

Fino a pochi anni fa si considerava normale un intervallo da +/- 5% fino a prevedere impatti massimi dell'ordine di +/- 10%, mentre oggi, in relazione alla volatilità di certi parametri, si possono considerare accettabili anche i limiti ampi indicati nella norma stessa (+/- 50%).

Questa analisi consente di evidenziare le variabili che hanno maggiore effetto sul risultato del VAN.



In relazione al tipo di parametro e alla variabilità prevista potranno essere messi in campo diversi interventi tra cui ad esempio:

- informazione puntuale dell'investitore in merito al rischio;
- particolare attenzione durante la fase di stima, di diagnosi energetica o di progetto;
- misura e verifica dei parametri durante la vita utile per individuare immediatamente eventuali criticità.

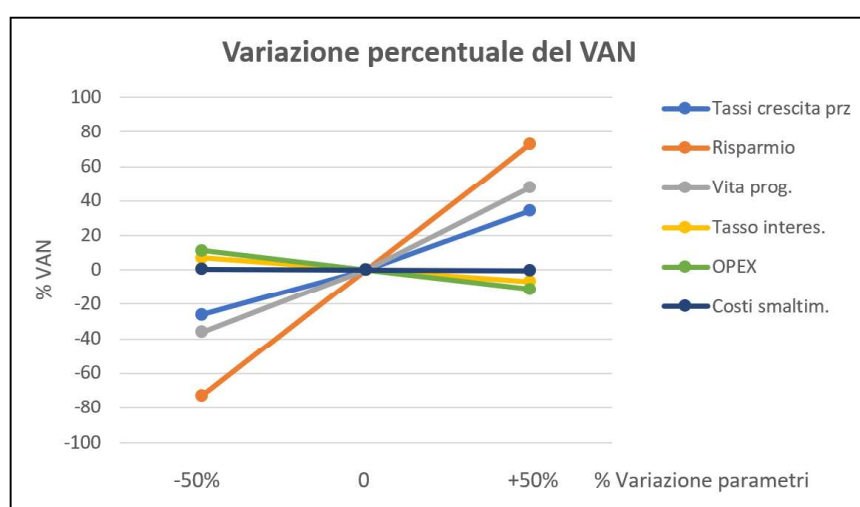


Figura 4 - Esempio di grafico di sintesi dell'analisi di sensibilità.

Il grafico in Figura 4, sintetizza la variazione percentuale del VAN al mutare dei parametri considerati.

In particolare, in questo caso, si nota come un aumento del risparmio (aumento del costo dei vettori energetici o migliore risultato energetico), della vita del progetto e dei tassi di crescita migliora il VAN, mentre un aumento del tasso di interesse applicato e degli opex produce una riduzione del VAN. Quasi trascurabile l'effetto dei costi di smaltimento sul risultato economico attualizzato.

Variabili di costo sono tipicamente associate ad andamenti II-IV quadrante, ovvero, per effetto di variazioni positive generano riduzioni del VAN e viceversa; variabili di ricavo, invece, producono variazioni del VAN coerenti alla variazione delle variabili (incremento/incremento e viceversa) e hanno andamenti dal I al III quadrante.

### 3. CASI STUDIO PER LA VERIFICA DELLA SOSTENIBILITÀ ECONOMICA E AMBIENTALE DEGLI INTERVENTI

Sulla base delle considerazioni generali, presentiamo una sintesi di due semplici casi di interventi.

La scelta di interventi semplici, che tutti abbiamo potuto verificare in contesti analoghi, ci consente di focalizzarci sul metodo.

Il primo caso (un condominio medio-grande ad uso prevalentemente residenziale) prevede, dal punto di vista economico, un intervento principalmente sull'involucro edilizio con isolamento a cappotto delle pareti, isolamento della soletta piana di copertura e della soletta piana esposta verso spazi non riscaldati o esterni e la sostituzione degli infissi originali ancora a vetro semplice. La ristrutturazione impiantistica prevede la semplice sostituzione dei generatori di calore con caldaie a condensazione. La dotazione impiantistica è integrata con pannelli fotovoltaici a servizio degli impianti condominiali.

Simulando alcune soluzioni è stato possibile elaborare un'ipotesi che consentisse (a parità di condizioni rispetto ad altri investimenti) una neutralità di risultato (VAN nullo) senza considerare i contributi pubblici.

I risultati, senza tenere conto delle detrazioni, sono i seguenti (Figura 5).

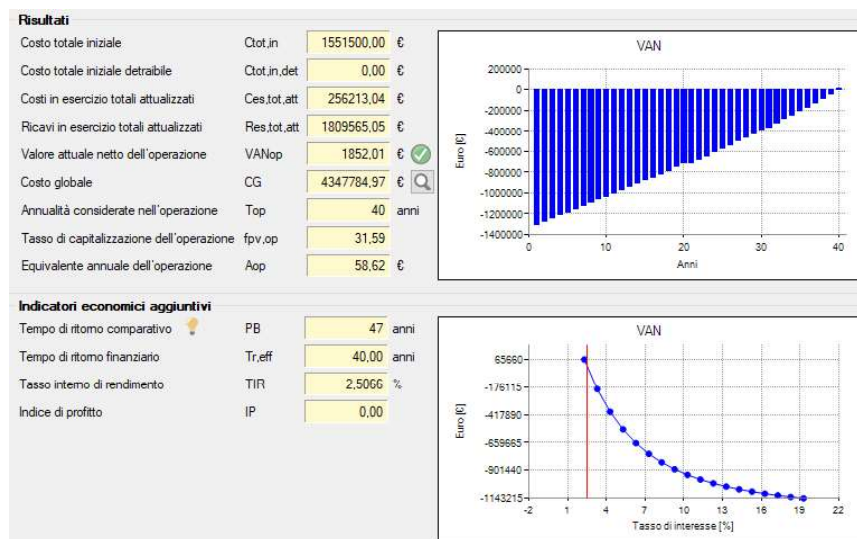


Figura 5 - Risultati del calcolo economico del primo esempio senza tenere conto delle detrazioni fiscali.

L'analisi di sensibilità, condotta secondo le indicazioni della norma UNI CEI EN 17463:2022, porta ai seguenti risultati (Figura 6).

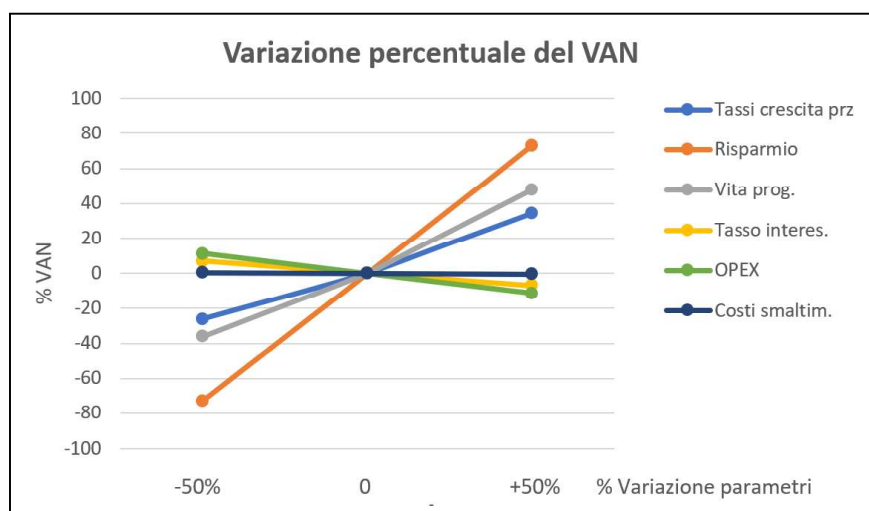


Figura 6 – Analisi di sensibilità del primo esempio.

L'intervallo considerato è quello previsto dal caso di esempio della norma da -50 % a + 50 %.

L'applicazione dell'analisi di sensibilità a casi con VAN sostanzialmente neutrali evidenzia maggiormente la sensibilità del risultato (in percentuale) al variare dei singoli parametri. Con oscillazioni così ampie il parametro che spesso influisce di più sul risultato è il costo dei vettori energetici. Il grafico evidenzia una elevata sensibilità del VAN al variare di questo parametro.

È subito evidente che un aumento del costo dei vettori energetici favorisce gli interventi di efficienza energetica consentendo risultati economici migliori; un aumento del tasso di interesse applicato e degli opex produce, invece, una riduzione del VAN.

Quasi trascurabile l'effetto dei costi di smaltimento sul risultato economico attualizzato.

Nel caso si vogliano considerare le detrazioni occorrerà tenere conto della cadenza e del numero di rate.

In sintesi, se un intervento si ripaga in 20 anni e l'importo deducibile è

significativo e detratto in 5 anni la nuova simulazione è decisamente più favorevole.

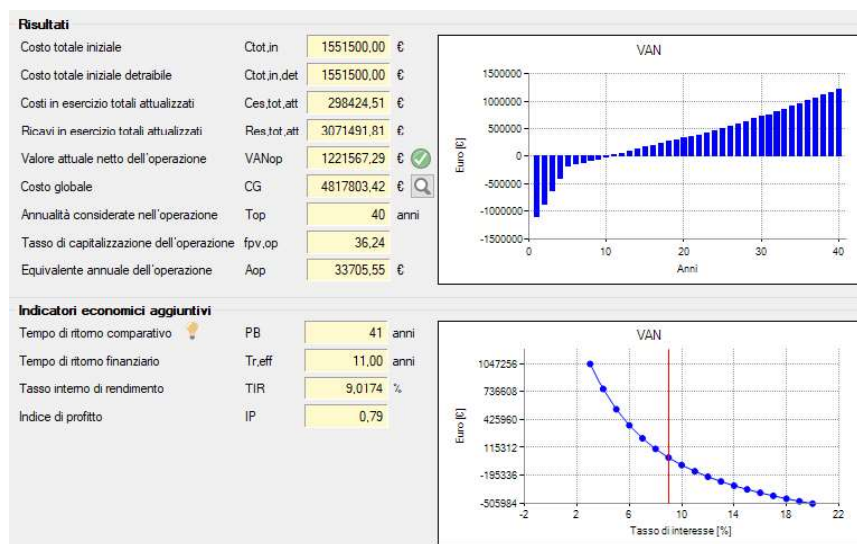


Figura 7 - Risultati del calcolo economico del primo esempio considerando le detrazioni fiscali.

Riteniamo interessante fare un'ulteriore valutazione. Questo tipo di calcolo consente di considerare nei ricavi gli effetti fiscali e finanziari endogeni.

Se teniamo conto dei dati Censis pubblicati a gennaio 2023 (Toma, 2023), possiamo ipotizzare la verifica del progetto considerando che l'investimento genera, entro la prima annualità, una ricaduta pari al 70% dell'investimento riconducibile a maggiore gettito e ad altre voci inerenti al mercato del lavoro e alle imprese impegnate.

La nuova simulazione risulta essere la seguente (Figura 8).

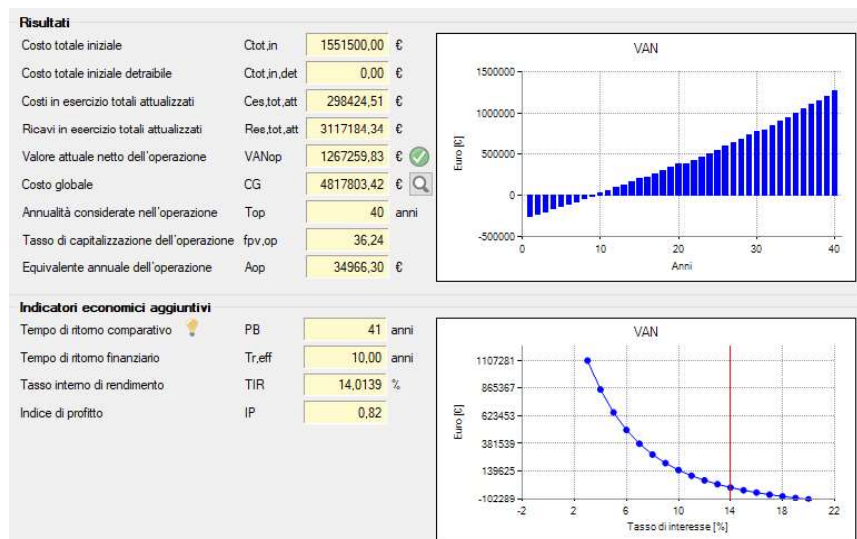


Figura 8 - Risultati del calcolo economico del primo esempio considerando gli effetti fiscali e finanziari endogeni.

Il secondo caso (un condominio ad uso esclusivamente residenziale) si basa su un intervento esclusivamente impiantistico.

La ristrutturazione impiantistica prevede la sostituzione dei generatori di calore con un impianto ibrido. La dotazione impiantistica è integrata con pannelli fotovoltaici a servizio degli impianti condominiali.

Anche in questo caso, considerando le ovvie differenze, investimento inferiore, ma vita tecnica inferiore, è stato possibile trovare una soluzione che consentisse (a parità di condizioni rispetto ad altri investimenti) una neutralità di risultato, senza considerare i contributi pubblici (Figura 9).

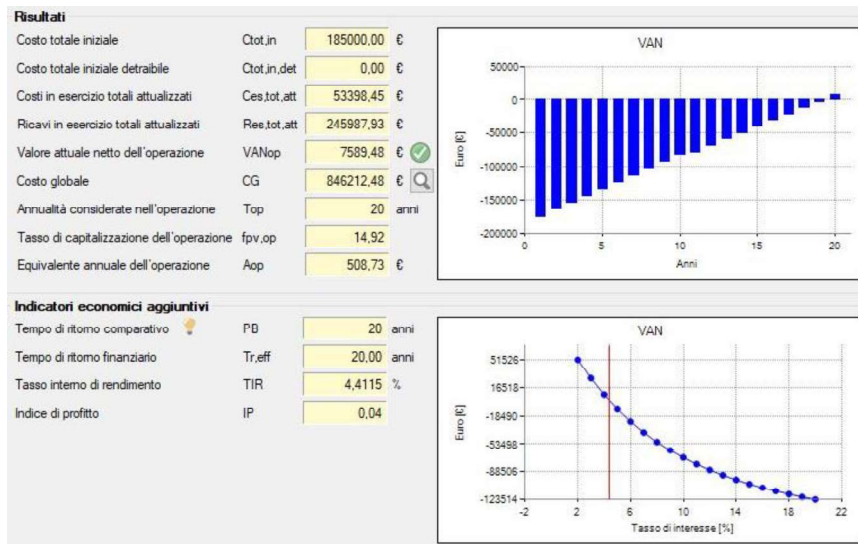


Figura 9 - Risultati del calcolo economico del secondo caso senza tenere conto delle detrazioni fiscali.

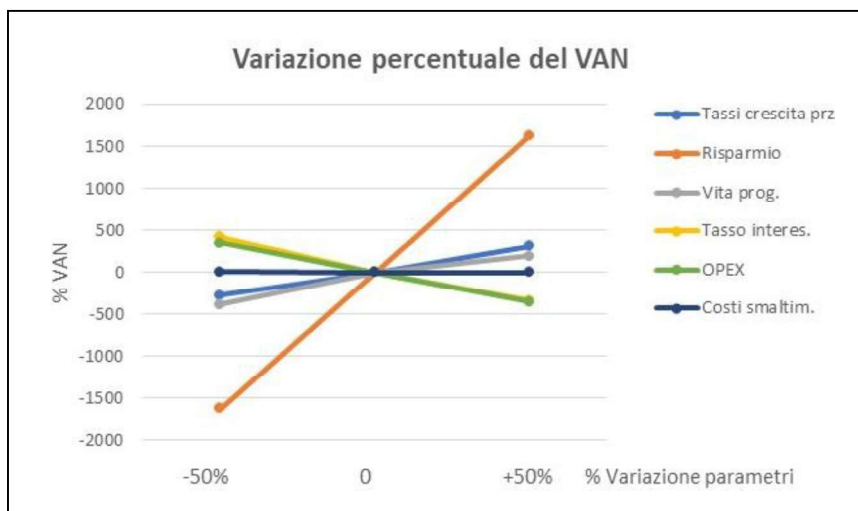


Figura 10 - Analisi di sensibilità del secondo caso.

L'analisi di sensibilità (Figura 10) comporta risultati simili al caso precedente. Si accentua la dipendenza del risultato rispetto alla variazione di costo dei vettori energetici ed in generale, in questo caso, il campo di variabilità +/- 50% causa delle oscillazioni eccessive rispetto al campo di interesse dell'utente finale.

## **CONCLUSIONI**

Al fine di effettuare una corretta verifica di sostenibilità economica degli interventi di risparmio energetico la modellizzazione energetica e l'analisi economica degli investimenti si combinano insieme all'interno di una diagnosi energetica.

Per quanto riguarda i fattori economici abbiamo visto la grande importanza del limite temporale che si intende considerare per il calcolo e l'influenza della variazione dei parametri stimati rispetto al risultato atteso consentendo una migliore informazione al nostro cliente ed innescando nuovi potenziali ambiti di consulenza.

In generale l'aggiunta di queste valutazioni è una operazione poco onerosa, nei termini di ore uomo, se rapportata ai benefici di informazione che può dare.

Dal punto di vista generale inoltre una valutazione economica dettagliata, come spesso avviene per molti modelli, risulta più flessibile ed idonea a descrivere scenari variabili.

Si tratta di un'attività di consulenza che consente di elaborare progetti solidi e resilienti e, combinata con analisi energetiche adeguate, garantisce realizzazioni capaci di innescare vantaggi strategici.

## **BIBLIOGRAFIA**

Toma A. 2023. Un'analisi dell'impatto del superbonus. Strumenti di supporto per la riqualificazione edilizia: come renderli più efficaci. Atti webinar FIRE-GBC Italia

Autori vari. 2022. Diagnosi energetiche negli edifici, nei processi e nei trasporti - Aggiornate le UNI CEI EN 16247. Energia e Dintorni, 10 -14