

**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE**

**UNIVPM**



**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura (DICEA)**

**Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile [IM03]**

**(LM-24 – Ingegneria dei sistemi edilizi) D.M. 270/04**

*Tesi di Laurea Magistrale in*

*Ingegneria Edile D.M. 270/04*

***“Impatto di scenari climatici e possibili futuri scenari economici sui Costi Globali di interventi di riqualificazione energetica verso l’edificio “a energia quasi zero”: analisi stocastica su un archetipo di edificio condominiale “***

***“Impact of climate scenarios and possible future economic scenarios on the Global Costs of energy requalification interventions towards "nearly zero energy" buildings: stochastic analysis on an archetype of condominium building”***

RELATORE

Chiar.mo Prof.

Ing. Arch. D’Orazio Marco

CANDIDATO

Difalco Daniele

MATR. N°: S1087675

CORRELATORI

Prof.ssa Ing. Di Giuseppe Elisa

ANNO ACCADEMICO 2019/2020



## INDICE

INDICE.....	3
ABSTRACT .....	5
Introduzione e obiettivi .....	5
Fasi, materiali e metodi .....	5
Risultati .....	6
Conclusioni.....	6
CAPITOLO I - INTRODUZIONE -.....	7
<b>I.1</b> - OBIETTIVI - .....	7
<b>I.2</b> - MOTIVAZIONE - .....	8
<b>I.3</b> - ARTICOLAZIONE TESI - .....	10
CAPITOLO II - STATO DELL'ARTE- .....	12
<b>II.1</b> - QUADRO NORMATIVO EUROPEO, ITALIANO E TECNICO -.....	12
<b>II.2</b> - LETTERATURA SCIENTIFICA E RICERCHE - .....	24
CAPITOLO III - FASI, MATERIALI e METODI -.....	36
<b>III.1</b> - FASI - .....	36
<b>III.2</b> - MATERIALI - .....	38
III.2.1 CASO STUDIO.....	38
III.2.2 MISURE DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO .....	56
III.2.3 LIVELLO DI PRESTAZIONE DELLE MISURE .....	85
III.2.4 INDIVIDUAZIONE SCENARI .....	89
<b>III.3</b> - METODI –.....	108
III.3.1 MODELLAZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE.....	109
III.3.2 METODO LCC e COST-OPTIMAL .....	124

III.3.3 METODO LCC STOCASTICO (RIBuild).....	132
III.3.4 INPUT STOCASTICI .....	134
III.3.5 METODO DI VALUTAZIONI RISULTATI.....	151
CAPITOLO IV - RISULTATI e DISCUSSIONE- .....	153
IV.1 PRESTAZIONE ENERGETICA PER ZONA CLIMATICA .....	153
IV.2 VALORI MEDI COSTI GLOBALI PER ZONA CLIMATICA NEGLI SCENARI ECONOMICI .....	161
IV.3 SHARE DI COSTO SUI COSTI GLOBALI PER ZONA CLIMATICA NEGLI SCENARI ECONOMICI.....	214
IV.4 VALUTAZIONE DELL'INCIDENZA DEGLI INCENTIVI SUI COSTI GLOBALI ("SCONTO") .....	271
CONCLUSIONI .....	285
RIEPILOGO E ASPETTI RILEVANTI .....	285
IPOTESI FUTURE RICERCHE .....	295
ALLEGATI.....	297
BIBLIOGRAFIA .....	315
RINGRAZIAMENTI.....	322

## ABSTRACT

### *Introduzione e obiettivi*

L'effetto antropico sul clima è molto impattante, di particolare interesse risulta quello legato all'uso dell'energia per il fabbisogno degli edifici. Secondo la Direttiva EPBD Recast del 2010, il 40% dell'energia totale è consumato dagli edifici e questi sono responsabili del 36% dell'emissioni di gas climalteranti. L'Unione Europea ha emanato diverse direttive e regolamenti per rispettare gli accordi di Kyoto e di Parigi per una riduzione del 80-95% di emissioni di gas serra per il 2050. All'interno di questi si pongono questioni importanti come lo studio nel LCC di interventi migliorativi e le relative metodologie. L'obiettivo principale della tesi mira ad analizzare diversi scenari tecnici (5 livelli) per ogni zona climatica analizzata (5: A+B, C, D, E, F), il tutto indagando alternativi scenari macroeconomici (4: crescita regolare o baseline, crescita intensa, stagflazione, deflazione) con annessi parametri stocastici. La sperimentazione indaga l'efficacia in termini di costo nel LCC di interventi di miglioramento energetico con approccio stocastico, nello specifico l'aspetto climatico con le 5 zone individuate.

### *Fasi, materiali e metodi*

Si individua un piccolo condominio rappresentativo statisticamente delle caratteristiche tipologico e formali dei condomini degli anni '60-'70. Questo è un archetipo individuato con l'ausilio del "progetto TABULA". Successivamente si definiscono le misure di efficientamento energetico (EEM = 14: 8 relative all'involucro; 6 relative al sistema impiantistico), con relativi livelli di prestazione (EEO=fino ad un massimo di 5). Si determinano 5 zone climatiche, con ciascuna le rispettive caratteristiche, e per ognuna si indagano 5 scenari tecnici di intervento. Tutti i dati tecnici e climatici sono modellati nel software TERMO per la determinazione delle prestazioni energetiche in regime quasi-stazionario.

Di seguito si indagano le funzioni di distribuzione di probabilità degli input tecnici (costi investimento, manutenzioni, ciclo di vita...), economici (tassi di inflazione, di interesse...), energetici (tariffe energetiche...) ... . Tutti i dati vengono inseriti ed analizzati nel software "RIBuild" che permette il campionamento Monte Carlo e, così, ottenere risultati in "termini probabilistici".

## *Risultati*

I risultati mostrano che, in tutte le zone climatiche e in tutti gli scenari economici, gli scenari tecnici 1 hanno il minor costo globale unitario, pertanto sono identificati come cost-optimal, mentre gli scenari 4 e 5 raggiungono i requisiti nZEB. Nello scenario di riferimento “crescita regolare”, si hanno i seguenti valori:

- cost-optimal tra i 953,57€/m<sup>2</sup> (zona “A+B”) e i 1174,71€/m<sup>2</sup> (zona “F”);
- nZEB da 1511,94€/m<sup>2</sup> (zona “A+B”) a 1772,46€/m<sup>2</sup> (zona “F”).

Nello scenario economico “stagflazione”, si hanno i valori più bassi:

- cost-optimal tra i 695,73€/m<sup>2</sup> (zona “A+B”) e i 794,74€/m<sup>2</sup> (zona “F”);
- nZEB da 1140,85€/m<sup>2</sup> (zona “A+B”) e a 1334,70€/m<sup>2</sup> (zona “F”).

Analizzando gli share delle voci di costo, si osserva come la percentuale dei costi di investimento sia sempre la più alta in tutti i casi, spaziando dal 61% al 95%; mentre gli share energetici variano dal 31% al 10% negli scenari 1, 2 e 3 e sono quasi nulli negli scenari 4 e 5. Gli share dei costi manutentivi variano dal 7% al 15%, con i valori più alti negli scenari 4 e 5.

Studiando lo “sconto” dovuta alla vendita dell’energia elettrica “eccedente”, si osserva come questo aspetto non cambia la situazione riguardo i costi globali. Lo “sconto” riduce di un massimo del 5% il gap tra cost-optimal e nZEB, a fronte di un gap intorno al 50-75%. Solo nello scenario di “deflazione” si ha una deduzione in bolletta rilevante che porta il corrispondente scenario vicino allo scenario “baseline”.

## *Conclusioni*

Concludendo lo scenario “stagflazione” è quello che ha costi globali unitari medi più bassi, mentre è quello che è più influenzato dall’investimento iniziale, infatti, è quello che ha lo share corrispondente più alto per ogni zona climatica. Si mostra quindi che l’uso di una metodologia cost-optimal con analisi LCC di tipo stocastico è fortemente indicata per queste valutazioni. Si auspicano indagini approfondite in merito, analizzando diversi scenari climatici, tecnici ed economici; inoltre l’uso di software sofisticati per la raccolta ed elaborazione dei dati, con annesso metodo dinamico.

# **CAPITOLO I**

## **- INTRODUZIONE -**

### **I.1**

#### **- OBIETTIVI -**

L'obiettivo principale di questa tesi è dimostrare che gli interventi di efficientamento energetico sull'involucro edilizio siano efficaci in termini di costi considerando diversi scenari economici e climatici. Si analizza inoltre il divario o gap che vi è tra la soluzione cost-optimal, ossia quella che presenta i costi più bassi, e la soluzione che maggiormente si avvicina ai requisiti nZEB, ossia quella che è migliore in termini di prestazione energetica, in alternativi scenari economici e climatici. Si adotta una metodologia LCC probabilistica con input variabili stocastiche caratterizzate da funzioni di distribuzione di probabilità su diverse soluzioni (5 livelli), su 5 zone climatiche (A+B, C, D, E, F) e 4 scenari economici differenti ("crescita regolare o "baseline" di riferimento, "crescita intensa", "stagflazione", deflazione").

Come ultimo obiettivo, si vogliono analizzare gli incentivi per il raggiungimento degli obiettivi nZEB e quali impatti hanno sulle proposte; questo è studiato in maniera speditiva analizzando lo "sconto" in bolletta dovuto alla vendita di elettricità prodotta ed "eccedente".

## I.2

### - MOTIVAZIONE -

Per prima cosa, si è individuata la lotta ai cambiamenti climatici come una delle sfide principali per l'attuale e le future generazioni. La sfida consiste, come stabilito dall'IPCC, di mantenere il riscaldamento globale al di sotto della soglia di 1,5°C al 2050. Per far ciò, è necessario intraprendere azioni su più livelli:

- uso di fonti di energia rinnovabile;
- ridurre le emissioni inquinanti e i consumi energetici, tra i quali quelli derivanti dal riscaldamento e fabbisogno energetico per gli edifici, per i trasporti, per l'industria e per le attività agricole;
- uso minore, più efficiente e consapevole di energia.

Un ruolo determinante è svolto dal settore edilizio, con l'abbattimento dei suoi consumi energetici e dei gas climalteranti in atmosfera e con l'uso di fonti energetiche rinnovabili. Infatti, come detto in [\[18\]](#) nell'EPBD Recast, il 40% dell'energia totale è consumato dagli edifici e questi sono responsabili del 36% dell'emissioni di gas climalteranti.

In secondo luogo, la sfida posta dall'Unione Europea è molto stimolante visto che mira a una riduzione del 80-95% di emissioni di gas serra per il 2050 e a una riduzione interna di almeno il 40% delle emissioni di gas a effetto serra nel sistema economico rispetto ai livelli del 1990, da conseguire entro il 2030, come individuato in [\[26\]](#).

In questo contesto, come detto da Salvalai et al., 2017 [\[29\]](#), circa il 75% dei 210 milioni di edifici in Unione Europea sono energeticamente inefficienti e si prevede che il 75-80% di questi saranno in uso nel 2050, pertanto il rinnovamento verso un più efficiente e de-carbonizzato parco edifici è una sfida importante. Da questa situazione è intuibile come il parco edilizio permetta di ottenere una forte riduzione dei consumi energetici, per fare ciò le direttive europee puntano fortemente a realizzare e a rinnovare edifici verso gli obiettivi nZEB. A ciò si affianca la metodologia dello studio completo sul ciclo di vita dei costi LCC e il concetto di cost-optimal. Nonostante queste introduzioni, molti sono i freni e le difficoltà per raggiungere questi obiettivi, come visto in [\[40\]](#) e [\[41\]](#). Le valutazioni



Life Cycle Cost (LCC) sono considerate ottimi strumenti decisionali dalla normativa, inoltre si tengono in considerazione, oltre i costi di investimento iniziali, anche quelli di gestione, manutenzione e smaltimento durante tutto il ciclo vita dell'edificio. Ciò permette di valutare alternative soluzioni di intervento e poter così individuare la soluzione progettuale migliore. È necessario, però, conoscere dettagliatamente gli input della metodologia di calcolo, in quanto molto sensibili alle condizioni future degli scenari macroeconomici con le relative incertezze (tasso di inflazione, interesse, prezzi energia, ecc...) e dei tempi di calcolo e vita utile dei componenti. Questi problemi sono associati ai metodi di calcolo LCC "probabilistici", pertanto i nuovi e recenti metodi LCC "probabilistici" permettono di effettuare decisioni più corrette e consapevoli, perché offrono dati di output più affidabili e realistici partendo da variabili stocastiche, anche su alternativi scenari, come visto in [\[44\]](#).

La valutazione economica del costo ottimale per interventi di miglioramento energetico nel campo edilizio, considerando i costi nel ciclo di vita (Life Cycle Cost=LCC), ha assunto di recente un'importanza sempre maggiore, in quanto le recenti normative indirizzano gli interventi verso scenari nearly Zero Energy Building (=nZEB), ossia a consumo vicino allo zero. L'aspetto che però potrebbe essere contraddittorio riguarda il fatto che spesso questi interventi necessitano di sforzi economici elevati, che valutati con metodologia LCC e diverse prospettive economiche possono portare a oneri finanziari e ambientali che non potremmo recuperare facilmente e in breve termine. Coniugare l'aspetto energetico con quello economi e ambientale è quindi fondamentale.

In ultima analisi, tra i vari fattori che portano ad intraprendere questo lavoro di sperimentazione e di tesi, si inserisce l'elemento che solo recentemente sono state usate metodologie con variabili stocastiche e solo limitatamente agli aspetti economici; visto in [\[44\]](#), [\[43\]](#), [\[42\]](#). Inoltre, l'aspetto più innovativo di questa tesi riguarda l'analisi di proposte complete di interventi su tutte le zone climatiche italiane (A+B, C, D, E, F), approcciate con variabili probabilistiche, e su diversi scenari economici.

Per tutti i motivi sopra elencati si desidera intraprendere uno studio più approfondito.

### I.3

#### - ARTICOLAZIONE TESI -

La tesi si articola per capitoli principali, identificati dal numero romano (I, II, III, IV, V, VI, VII), e per paragrafi, identificati dal numero romano del capitolo di riferimento e dal numero arabo (esempio: I.1, I.2, I.3...; II.1, II.2...)

La tesi si articola come segue:

#### *Abstract*

Questo capitolo raccoglie gli elementi principali del lavoro svolto sottoforma di riassunto e riepilogo; viene posto prima di tutti gli altri perché così è possibile avere il quadro complessivo prima di proseguire nella lettura in dettaglio successiva.

#### *Capitolo I - Introduzione -*

Nei diversi paragrafi si analizza l'articolazione del testo della tesi: per prima cosa gli obiettivi, la motivazione e, appunto, articolazione della tesi.

#### *Capitolo II – Stato dell'arte -*

Lo studio dello stato dell'arte viene suddiviso per leggi e norme europee e italiane nonché per letteratura scientifica e articoli.

#### *Capitolo III – Fasi, Materiali e Metodi -*

Questo capitolo è suddiviso nei tre paragrafi: fasi, materiali e metodi, ciascuno dei quali individua nel dettaglio gli aspetti corrispondenti, ossia, in breve, le fasi operative che hanno condotto allo sviluppo della sperimentazione, i processi logici e metodologici che hanno permesso di individuare gli input e gli output ed anche quei dati e/o elementi necessari per lo svolgimento del lavoro.

#### *Capitolo IV – Risultati e Discussione-*

Questo capitolo è suddiviso in paragrafi, dove ognuno mostra al suo interno i risultati ottenuti dall'analisi attraverso l'uso di grafici, tabelle, ecc...; inoltre vengono anche analizzati e trattati i risultati

#### *Conclusioni*

Nel capitolo, suddiviso in due paragrafi, vengono ripresi e riassunti i risultati più rilevanti e maggiormente rappresentativi delle osservazioni fatte. Inoltre, vengono suggerite ipotesi per ricerche future.

#### *Allegati*

Qui sono inseriti elementi ricorrenti (vedi tabelle, grafici, ecc...) che non sono posizionati all'interno dei discorsi per evitare un eccessivo appesantimento nella lettura.

#### *Bibliografia*

Infine, qui sono inseriti tutti i riferimenti bibliografici, quali norme, leggi, articoli, siti internet, ecc... usati e citati all'interno del presente testo.

## **CAPITOLO II**

### **- STATO DELL'ARTE-**

In questo capitolo, in riferimento agli argomenti trattati dalla tesi, si vuole analizzare la normativa, la letteratura scientifica e le ricerche condotte nel campo dell'efficientamento energetico, toccando i punti che hanno portato alle valutazioni cost-optimal verso obiettivi nearly Zero Energy Buildings (=nZEB) considerando i costi nel ciclo di vita (Life Cycle Cost =LCC). Le indagini insistono anche su alcuni interventi di casi studio e, infine, su approcci probabilistici e incertezze su scenari economici e climatici.

Per facilitare la lettura e la comprensione dello stato dell'arte attuale, si è deciso di suddividere il capitolo in due parti: la prima dedicata alla normativa, comprendente leggi e direttive europee a cui si affiancano quelle italiane e norme di natura tecnica; la seconda dedicata alla letteratura scientifica, ricerche e studi di altri enti, università e ricercatori.

### **II.1**

#### **- QUADRO NORMATIVO EUROPEO, ITALIANO E TECNICO -**

L'Unione Europea con la Direttiva Europea 93/76/CEE [\[2\]](#) del 1993 aveva voluto limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l'efficienza energetica, invitando gli Stati Membri (=MS) ad adottare normative volte alla certificazione degli edifici e al loro isolamento termico. In Italia, le prime leggi nate con lo scopo di ridurre i consumi e le emissioni di gas serra in accordo con le disposizioni della Comunità Economica Europea erano state la Legge n°373/1976 (abrogata) e la Legge n°10 del 9 gennaio 1991. La Legge n°373/1976 [\[3\]](#) era stata introdotta a seguito della crisi energetica e innalzamento del prezzo del petrolio del 1973 che portarono ad un costo superiore per il riscaldamento e i servizi per l'edificio; aveva previsto i primi concetti per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici nonché le prescrizioni per l'isolamento termico degli edifici. In particolare, aveva stabilito che gli impianti dovessero essere progettati per mantenere una temperatura interna di 20°C e che

per caratteristica di isolamento termico si intendeva il coefficiente volumetrico globale di dispersione termica. La Legge n°10/1991 [4] aveva introdotto le “Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia” e la documentazione, sottoforma di relazione tecnica del sistema edificio-impianto, per il rispetto del contenimento dei consumi energetici. In particolar modo, già si accennava alla certificazione energetica degli edifici per i contratti di compravendita e locazione. Nel 1993, fu emanato il Decreto del Presidente della Repubblica D.P.R. n°412/1993 [5], che aveva avviato la classificazione del territorio in base ai gradi giorno (=GG), la classificazione degli edifici per la loro destinazione d'uso e il riconoscimento di principi per la progettazione energetica. Per quanto riguarda la classificazione del territorio, questo è stato suddiviso in zone climatiche in funzione dei gradi-giorno indipendentemente dall'ubicazione geografica. I gradi giorno sono ottenuti come la somma, estesa su tutto il periodo convenzionale di riscaldamento annuo, delle differenze di temperatura giornaliera tra l'ambiente interno (convenzione=20°C) e quella media esterna. Il territorio nazionale è stato suddiviso nelle seguenti zone climatiche:

- Zona A: comuni che presentano un numero di gradi-giorno non superiore a 600;
- Zona B: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 600 e non superiore a 900;
- Zona C: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 900 e non superiore a 1.400;
- Zona D: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 1.400 e non superiore a 2.100;
- Zona E: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 2.100 e non superiore a 3.000;
- Zona F: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 3.000.

Per quanto riguarda la “classificazione degli edifici per categorie”, questi sono suddivisi in base alla loro destinazione d'uso secondo la seguente nomenclatura:

- E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili: E.1 (1), E.1 (2), E.1 (3);

- E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili;
- E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili;
- E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili: E.4 (1), E.4 (2), E.4 (3);
- E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni;
- E.6 Edifici adibiti ad attività sportive: E.6 (1), E.6 (2), E.6 (3);
- E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
- E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.

Successivamente la Direttiva Europea 2002/91/CE [\[6\]](#) del 2002 aveva promosso l'obiettivo del miglioramento del rendimento energetico per gli edifici nuovi ed esistenti e, inoltre, aveva introdotto un sistema trasparente per la rappresentazione dello stesso con la possibilità di visionare la CO<sub>2</sub> prodotta dall'edificio. La Direttiva prevedeva un quadro metodologico per il calcolo del rendimento energetico, alcuni requisiti minimi per edifici nuovi ed esistenti sottoposti ad importanti ristrutturazioni, l'ispezione periodica delle caldaie e del sistema di condizionamento dell'aria. In Italia, la Direttiva 2002/91/CE fu recepita con il Decreto Legislativo D.Lgs. n°192 del 19 agosto 2005 [\[7\]](#) e con successive disposizioni correttive del Decreto Legislativo D.Lgs. n°311 del 29 dicembre 2006. Questi decreti hanno fissato i requisiti minimi in materia di prestazione energetica degli edifici, infatti hanno stabilito come il valore di trasmittanza termica U degli elementi debba essere inferiore ai valori individuati su apposite tabelle, e come in edifici di nuova costruzione sia obbligatoria l'installazione di impianti solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria, in modo da coprire almeno il 50% del fabbisogno annuo di energia primaria richiesta in merito.

Nel 2006, la Direttiva Europea 2006/32/CE [\[8\]](#) ha abrogato la precedente Direttiva 93/76/CEE e ha considerato come “[...] il miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia contribuirà anche alla riduzione del consumo di energia primaria, alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> e di altri gas ad effetto serra e quindi alla prevenzione di un pericoloso cambiamento climatico. Queste emissioni sono in continuo aumento e rendono sempre più difficile il rispetto degli impegni di Kyoto.

Più del 78 % delle emissioni di gas ad effetto serra della Comunità derivano da attività umane svolte nel settore energetico [...]”. Quest’ultima Direttiva fu recepita in Italia con il D.Lgs n°115 del maggio 2008 [9], che aveva il merito di introdurre, nell’Allegato III, le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche adottando le norme della serie UNI/TS 11300 (UNI/TS 11300-1:2008 aggiornata nel 2014 [10], UNI/TS 11300-2:2008 aggiornata nel 2014 e poi nel 2019 [11]; mentre le UNI/TS 11300-3:2010 [12], UNI/TS 11300-4:2012 aggiornata nel 2016 [13], UNI/TS 11300-5:2016 [14] e UNI/TS 11300-6:2016 [15] sono state introdotte successivamente). Altro importante merito del D.Lgs n°115/2008 fu quello di poter usare strumenti di calcolo applicativi della precedente metodologia che fossero certificati e garantiti dal Comitato Termotecnico Italiano (=CTI), tali da garantire uno scostamento massimo del 5% nei valori degli indici di prestazione energetica.

Nel 2009, la Direttiva Europea 2009/28/CE [16] puntò l’obiettivo per gli Stati Membri di avere una produzione interna lorda di energia da fonti rinnovabili minima per il 2020. Questa fu recepita in Italia nel 2011 con il D.Lgs n°208 del 3 marzo 2011 [17].

Successivamente nel 2010 l’Unione Europea emanò la Direttiva Europea 2010/31/CE “Energy Performance Buildings Directive” (=EPBD) Recast [18] con cui aggiornò la precedente Direttiva 2002/91/CE. L’EPBD Recast ebbe un impatto molto importante per il settore edilizio, infatti, si stabilì come gli edifici fossero responsabili del 40% del consumo globale di energia nell’Unione Europea. Il settore era in espansione e destinato ad aumentare, pertanto una riduzione dei consumi e l’uso di fonti rinnovabili furono le misure adottate dall’Unione per conformarsi al Protocollo di Kyoto. Tra le misure adottate vi erano l’impegno a lungo termine di mantenere l’aumento della temperatura globale al di sotto di 2°C, di ridurre entro il 2020 le emissioni globali di gas a effetto serra di almeno il 20% al di sotto dei livelli del 1990, di ridurre del 20% il consumo energetico dell’Unione entro il 2020, di rendere vincolante l’obiettivo di migliorare l’efficienza energetica del 20% entro il 2020, di fare in modo che l’energia da fonti rinnovabili coprisse il 20% del consumo energetico totale dell’Unione entro il 2020. La Direttiva Europea 2010/31/CE diede un forte scossone al settore edilizio per quanto riguarda i requisiti prestazionali energetici degli stessi, infatti, introdusse il concetto di edificio a

energia quasi zero (nZEB) inteso come edificio ad altissima prestazione energetica il cui fabbisogno molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze. La Direttiva 2010/31/CE stabilì che dopo il 31 dicembre 2020 (e a partire dal 31/12/2018 per gli edifici pubblici) tutti gli edifici di nuova realizzazione dovessero essere nZEB. Un altro aspetto fondamentale fu ed è il “livello ottimale in funzione dei costi”, ossia un livello di prestazione energetica che comporta il costo più basso durante il ciclo di vita economico tenendo conto dei costi di investimento, di manutenzione, di funzionamento e, eventualmente, di smaltimento. L’EPBD Recast lasciò agli Stati Membri il compito di definire i requisiti prestazionali degli nZEB, del cost-optimal con annesse scelte progettuali in rapporto dei costi-benefici e della durata del ciclo di vita economico; infatti alcuni Paesi stabilirono o hanno stabilito successivamente dei valori numerici limite prescrittivi, mentre altri solo delle caratteristiche prestazionali.

Nel 2012, la Direttiva 2012/27/CE [19] promosse a partire dal 1° gennaio 2014 un tasso di ristrutturazione del 3% della superficie coperta utile totale degli edifici di proprietà di ciascun Stato centrale dell’Unione Europea.

Sempre nel 2012, venne pubblicato il Regolamento Delegato (UE) n°244/2012 [20] che istituì un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici; il tutto a completamento e in accordo con la Direttiva 2010/31/UE. Il Regolamento assume ancora oggi un ruolo di straordinaria importanza perché stabilisce come gli Stati Membri debbano decidere se adottare una prospettiva macroeconomica, che considera i costi e i benefici per tutta la società degli investimenti in efficienza energetica, oppure una prospettiva finanziaria, che considera solamente l’investimento stesso, con i relativi calcoli dei livelli di riferimento.

Per quanto riguarda il calcolo dei costi per la prospettiva finanziaria si ha la seguente formula:



$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[ \sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right]$$

dove:

$\tau$  è il periodo di calcolo

$C_g(\tau)$  rappresenta il costo globale (riferito all'anno iniziale  $\tau_0$ ) nell'arco del periodo di calcolo

Figura 1 – Estratto della formula per calcolo dei costi globali (finanziaria). Fonte: Regolamento UE n°244/2012

$C_I$  rappresenta il costo iniziale dell'investimento per la misura o l'insieme di misure j

$C_{a,i}(j)$  rappresenta il costo annuale durante l'anno i per la misura o l'insieme di misure j

$V_{f,\tau}(j)$  rappresenta il valore residuo della misura o dell'insieme di misure j alla fine del periodo di calcolo (attualizzato all'anno iniziale  $\tau_0$ )

$R_d(i)$  rappresenta il fattore di sconto per l'anno i sulla base del tasso di sconto r da calcolare

e:

$$R_d(p) = \left( \frac{1}{1 + r/100} \right)^p$$

dove p rappresenta il numero di anni a partire dal periodo iniziale e r rappresenta il tasso di sconto reale.

Figura 2 – Estratto della formula per calcolo dei costi globali, specificazioni sulle voci di costo. Fonte: Regolamento UE n°244/2012

Il calcolo del costo globale nella prospettiva finanziaria tiene conto dei costi a carico del cliente, comprensivi di tutte le imposte, dell'IVA e degli altri oneri; inoltre, lo Stato Membro può decidere se includere o meno i sussidi.

Per quanto riguarda invece il calcolo dei costi per la prospettiva macroeconomica si adotta la seguente formula:

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[ \sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j)R_d(i) + C_{c,i}(j)) - V_{f,\tau}(j) \right]$$

dove:

$C_{c,i}(j)$  rappresenta il costo delle emissioni di carbonio per la misura o l'insieme di misure j durante l'anno i.

Figura 3 – Estratto della formula per calcolo dei costi globali (macroeconomica). Fonte: Regolamento UE n°244/2012

Il calcolo del costo globale nella prospettiva macroeconomica tiene conto dei prezzi al netto di tutte le imposte, dell'IVA e degli altri oneri e sussidi. Il costo per

tonnellata equivalente di CO<sub>2</sub> è variabile in base all'anno ed è pari a: 20€/t fino al 2025, 35€/t fino al 2030, 50€/t dopo il 2030.

Come accennato prima, il Regolamento Delegato EU n°244/2012 è di fondamentale importanza perché introduce un quadro metodologico che può essere così riassunto:

- 1) Definizione degli edifici di riferimento per categorie di edifici, ossia un edificio ipotetico o reale che sia rappresentativo della geometria, sistemi impiantistici, prestazioni energetiche di involucro e impianti, condizioni climatiche ed ubicazione geografica.
- 2) Identificazione delle Misure di Efficienza Energetica (Energy Efficiency Measures =**EEM**), ossia i possibili elementi o pacchetti di intervento per soddisfare almeno i requisiti minimi individuati dallo Stato.
- 3) Calcolo del fabbisogno di energia primaria per ogni pacchetto di EEM, ossia il fabbisogno di energia per riscaldamento e raffrescamento e per ventilazione, acqua calda sanitaria (=ACS o Domestic Hot Water =**DHW**) e illuminazione; deducendo l'energia prodotta in loco.
- 4) Calcolo del costo globale in termini di Valore Attuale Netto (=VAN o Net Present Value =**NPV**) per ciascuna proposta, come individuato dalle formule poco sopra. All'interno di questo punto, si stabilisce come per gli edifici residenziali e pubblici si debba usare un ciclo economico di 30 anni e per gli altri edifici non residenziali e commerciali un periodo di 20 anni; esortando gli Stati a seguire le ulteriori indicazioni della norma EN 15459.
- 5) Svolgimento analisi di sensibilità, necessaria a valutare i principali parametri che influenzano i risultati e quali hanno maggiori incertezze, tenendo in considerazione almeno due tassi e scenari di evoluzione dei prezzi dell'energia.
- 6) Derivazione di un livello ottimale in funzione dei costi della prestazione energetica.

Questo è un quadro metodologico riassuntivo ed è quello che in larga parte è usato all'interno di questa tesi, pertanto viene meglio definito ed analizzato nel capitolo successivo dedicato.

La norma UNI EN 15459:2008 [\[21\]](#) introdusse la “Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici” e fornì un metodo di calcolo degli

aspetti economici dei sistemi di riscaldamento e di altri elementi che concorrono alla domanda e al consumo energetico della struttura. La UNI EN 15459:2008 fu aggiornata e sostituita dalla UNI EN 15419-1:2018 [22] e dalla UNI CEN/TR 15419-2:2018 [23]. La parte 2 contiene informazioni di supporto alla comprensione della parte 1 che tratta principalmente:

- le definizioni e la struttura dei tipi di costi che dovrebbero essere presi in considerazione per il calcolo dell'efficienza economica delle opzioni di risparmio negli edifici, si vedano le figure seguenti;

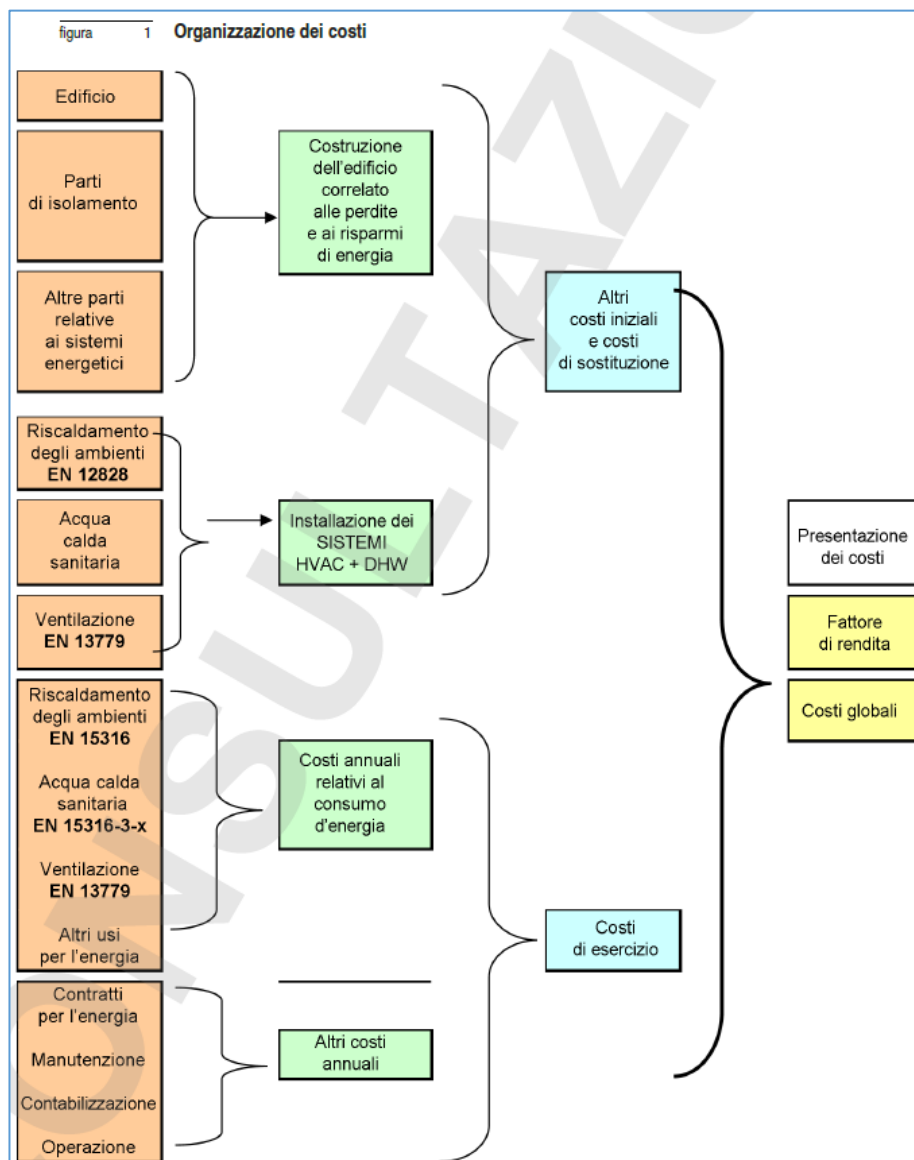


Figura 4 – Estratto della classificazione dei costi. Fonte UNI EN 15459:2008

<p><b>costi:</b> Compresi i costi iniziali di investimento e i costi annuali, inclusi i costi di gestione, i costi periodici o di sostituzione dovuti alla riparazione o alla sostituzione di componenti e sistemi.</p> <p><b>costi iniziali di investimento [<math>C_I</math>]:</b> Costi da tenere in considerazione quando l'edificio (o l'equipaggiamento specifico) è consegnato al committente, pronto all'uso.</p> <p>Questo costi includono la progettazione, acquisto di sistemi e componenti, connessioni ai fornitori, installazione e avviamento. I costi iniziale di investimento sono i costi presentati al committente.</p> <p><b>costi di gestione [<math>C_G</math>]:</b> Compresi i costi di mantenimento, operativi, costo dell'energia e costi aggiuntivi.</p> <p>Nota I costi di gestione sono costi annuali.</p> <p><b>costi di manutenzione [<math>C_m</math>]:</b> Costi annuali per le misure per preservare e ripristinare la qualità desiderata dell'installazione. Questo include costi annuali per l'ispezione, la pulizia, l'adeguamento la riparazione per manutenzione preventive, i beni consumabili.</p> <p><b>costi operativi [<math>C_o</math>]:</b> Costi annuali per operatori.</p> <p><b>costi dell'energia [<math>C_e</math>]:</b> Costi annuali e costi fissi per energia (e altri beni di consumo).</p> <p>Nota I contratti per la distribuzione dell'energia sono inclusi nei costi dell'energia. L'utilizzo di energia implica costi aggiuntivi, che non sono inclusi nel prezzo ufficiale. E' considerata buona pratica includere e specificare i costi aggiuntivi e di conteggio nei calcoli economici.</p> <p><b>costi aggiuntivi [<math>C_{ad}</math>]:</b> Costi annuali per l'assicurazione, per altri costi fissi, per tasse (incluse tasse ambientali per l'energia). Sussidi per l'energia rinnovabile fornita o prodotta in loco sono considerati benefit e valutati come costi annuali negativi.</p> <p><b>costi periodici dell'anno i [<math>C_p(i)</math>]:</b> Investimento di sostituzione, necessario a causa di invecchiamento (corrisponde ai costi di sostituzione per le componenti (o i sistemi), secondo con la loro vita media).</p> <p><b>costi di sostituzione per componenti o sistemi [<math>C_{R,i}(j)</math>]:</b> Comprende i costi periodici per la componente j-esima al tempo <math>i = \tau_n, 2 \tau_n, \text{etc.}</math> (dove <math>\tau_n</math> corrisponde alla vita media del componente).</p> <p><b>costi annuali [<math>C_a(i)</math>]:</b> Somma dei costi gestione e dei costi periodici o di sostituzione pagati nell'anno i.</p>
--

Figura 5 – Estratto definizione dei costi. Fonte UNI EN 15459:2008

- informazioni necessarie per comprendere i costi dei vari sistemi impiegati; inoltre nell'Appendice D della UNI EN 15459-1:2018 viene riportato un elenco abbastanza completo di sistemi e componenti energetici per l'edilizia e per ciascuno il tempo di vita medio e una stima dei costi operativi (indicati come percentuale dei costi iniziali di investimento) da sostenere durante tale periodo;
- il/i metodo/i di calcolo, in cui risulta essere molto importante il concetto di evoluzione del valore durante il ciclo economico, si veda schema esemplificativo seguente;

### Evoluzione del valore durante il periodo di calcolo

Legenda:

$V_0$	Costo dell'investimento
$A_0'$	Costo nominale per la sostituzione del componente a $T_n$
$A_0''$	Costo nominale per la sostituzione del componente a $2T_n$
$V_{pv,1}$	Valore attualizzato della sostituzione del componente a $T_n$
$V_{pv,2}$	Valore attualizzato della sostituzione del componente a $2T_n$
$V_{f,T}$	Valore finale
$T_n$	Vita utile del componente
$T$	Periodo di calcolo

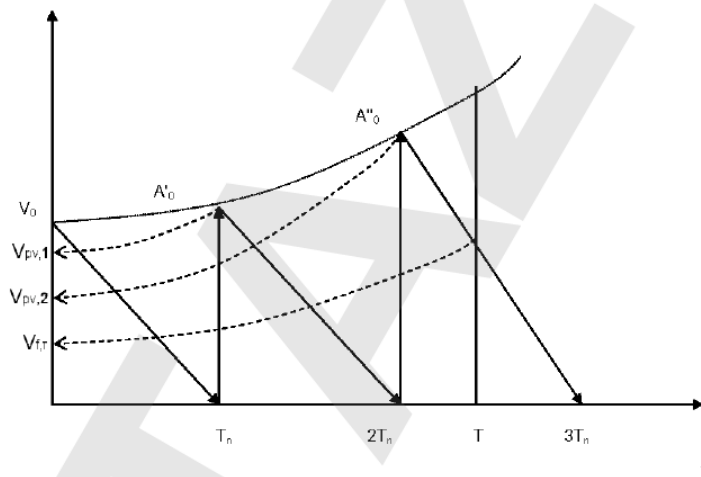


Figura 6 – Estratto riguardo l'evoluzione del valore nel tempo  $t$ . Fonte UNI EN 15459:2008

- espressione del risultato dello studio economico.

La Direttiva EPBD Recast [18] fu recepita in Italia nel 2013 attraverso il Decreto Legge n°63 del 4 giugno 2013 e la Legge n°90/2013 [24]. La Legge n°90/2013 diede, come accennato per il livello europeo, uno scossone al settore edilizio dal punto di vista energetico e si introdusse come aggiornamento del D.Lgs n°192/2005 [7].

Proseguendo la disamina delle leggi e norme, oggi in Italia svolge un ruolo di primaria importanza il Decreto Interministeriale (=D.I.) del 26 giugno 2015 [25], noto come “Decreto requisiti minimi”. Tale Decreto è rilevante in quanto, per prima cosa, definisce le varie tipologie di intervento a cui può essere sottoposto un edificio; in secondo luogo, definisce la metodologia di calcolo per la prestazione energetica affidandosi a tutte le norme della serie UNI/TS 11300 [10], [11], [12],

[13], [14] e [15], successivamente stabilisce i requisiti minimi degli edifici di riferimento e i valori limite da rispettare per le verifiche.

Per quanto riguarda gli interventi sugli edifici si riporta:

- “per edificio di nuova costruzione si intende l’edificio il cui titolo abilitativo sia stato richiesto dopo l’entrata in vigore del presente provvedimento. Sono assimilati agli edifici di nuova costruzione:
  - a) gli edifici sottoposti a demolizione e ricostruzione;
  - b) l’ampliamento di edifici esistenti, ovvero i nuovi volumi edilizi [...], sempre che la nuova porzione abbia un volume lordo climatizzato superiore al 15% di quello esistente o comunque superiore a 500 m<sup>3</sup>. [...]”.
- “si definisce ristrutturazione importante l’intervento che interessa gli elementi e i componenti integrati costituenti l’involucro edilizio che delimitano un volume a temperatura controllata dall’ambiente esterno e da ambienti non climatizzati, con un incidenza superiore al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell’edificio” e si distinguono:
  - a) “ristrutturazioni importanti di primo livello: l’intervento, oltre a interessare l’involucro edilizio con un’incidenza superiore al 50 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell’edificio, comprende anche la ristrutturazione dell’impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all’intero edificio. In tali casi i requisiti di prestazione energetica si applicano all’intero edificio [...]”;
  - b) “ristrutturazioni importanti di secondo livello: l’intervento interessa l’involucro edilizio con un’incidenza superiore al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell’edificio e può interessare l’impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva. In tali casi, i requisiti di prestazione energetica da verificare riguardano le caratteristiche termo-fisiche delle sole porzioni e delle quote di elementi e componenti dell’involucro dell’edificio interessati [...]”.

- “si definiscono interventi di “riqualificazione energetica di un edificio” quelli non riconducibili ai casi” precedenti. “Tali interventi coinvolgono quindi una superficie inferiore o uguale al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell’edificio e/o consistono nella nuova installazione, nella ristrutturazione di un impianto termico asservito all’edificio o di altri interventi parziali, ivi compresa la sostituzione del generatore. In tali casi i requisiti di prestazione energetica richiesti si applicano ai soli componenti edilizi e impianti oggetto di intervento [...]”.

Per quanto riguarda i valori dei parametri caratteristici degli elementi, sono presenti tabelle del valore limite di trasmittanza termica U, come da immagine seguente:

Tabella 1- Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2021 <sup>(2)</sup>
A e B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

Figura 7 – Estratto riguardo la trasmittanza termica limite delle chiusure opache verticali. Fonte D.I. 26 giugno 2015

Il Decreto 26/06/2015 stabilisce, inoltre, che “la prestazione energetica degli edifici è determinata sulla base della quantità di energia necessaria annualmente per soddisfare le esigenze legate a un uso standard dell’edificio e corrisponde al fabbisogno energetico annuale globale in energia primaria per il riscaldamento, il raffrescamento, per la ventilazione, per la produzione di acqua calda sanitaria e, nel settore non residenziale, per l’illuminazione, gli impianti ascensori e scale mobili. [...] Il fabbisogno energetico annuale globale si calcola come energia primaria per singolo servizio energetico, con intervalli di calcolo mensile [...]”.

Per concludere la disamina, si sottolinea come ancora oggi l’aspetto di efficientamento energetico nel settore edilizio sia un tema attuale e al centro delle politiche economiche e sociali europee. Nello specifico, infatti, il Regolamento

(UE) n°2018/1999 del 2018 [26] ha posto i seguenti obiettivi all'Unione, oltre quelli a lungo termine al 2050 indicati in precedenza:

- obiettivo vincolante di una riduzione interna di almeno il 40% delle emissioni di gas a effetto serra nel sistema economico rispetto ai livelli del 1990, da conseguire entro il 2030;
- l'obiettivo vincolante di una quota di energia rinnovabile pari ad almeno il 32% del consumo dell'UE nel 2030.

## II.2

### - LETTERATURA SCIENTIFICA E RICERCHE -

Come visto nel paragrafo precedente, l'attenzione posta a livello europeo sul tema dell'efficientamento energetico è molto alta, infatti molti sono stati i progetti finanziati dal programma "Horizon 2020"; si è accennato a "RIBuild", ma ci sono altri come "CONZEBs", "CRAVEzero", "A-ZEB", "Progetto TABULA" ed "EPISCOPE" che sono stati alla base di molte ricerche e il punto di partenza di nuovi studi. Di seguito si analizza lo stato dell'arte relativo alla parte scientifica.

La EPBD Recast [18] e il successivo Regolamento delegato n°244/2012 [20] posero le basi per la definizione dell'edificio di riferimento; questo argomento è studiato da Corgnati et al., 2012 [27] ed evidenzia come l'approccio più comunemente utilizzato prevede l'uso di dati statistici per modellare un edificio dalle caratteristiche medie del patrimonio edilizio. Sempre [27] studia che le principali caratteristiche dell'edificio di riferimento si basano su quattro sottoinsiemi: 1) "Funzione", che racchiude la destinazione d'uso, i profili di utilizzo, il sito e gli apporti termici; 2) "Forma", che riguarda le caratteristiche geometriche e tipologico-formali dell'edificio; 3) "Involucro edilizio", che insiste su chiusure opache verticali, orizzontali, partizioni interne e componenti trasparenti; 4) "Sistema impiantistico", che tratta degli impianti utili per i servizi dell'edificio comprendendo sistemi di controllo e di efficienza. Queste nozioni sono utili per la definizione delle tre tipologie di edifici di riferimento come indicato dal progetto TABULA (Typology Approach for Building stock energy Assesment) [28]: 1° approccio "Real Example Buildings" (**ReEx**), definito sulla base dell'esperienza in



assenza di dati statistici; 2° approccio “Real Avarege Building” (**ReAv**), definito sulla base di dati statistici all’interno di un campione e prendendo i dati in maniera aggregata in modo da selezionare un edificio reale con le caratteristiche medie del campione; 3° approccio “Synthetical Avarege Building” o “Theoretical Building” (**SyAv**), definito come edificio “archetipo” non reale, ma virtuale, ottenuto da una base statistica di dati che vengono disaggregati e poi riaggregati per ottenere le caratteristiche dei precedenti sotto-insiemi.

		EDIFICI-TIPO (CARATTERISTICHE GEOMETRICHE)		
		Edificio reale (scelto secondo l’esperienza)	Edificio reale (scelto da analisi statistica)	Edificio teorico (scelto da analisi statistica)
TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E IMPIANTISTICHE	Tecnologia reale presente nell’edificio reale scelto	<b>ReEx</b>	<b>ReAv</b>	
	Tecnologia scelta secondo l’esperienza	<b>ReEx</b> <b>ReEx</b>	<b>ReAv</b> <b>ReEx</b>	<b>SyAv</b> <b>ReEx</b>
	Tecnologia definita da analisi statistica	<b>ReEx</b> <b>SyAv</b>	<b>ReAv</b> <b>SyAv</b>	<b>SyAv</b> <b>SyAv</b>

Figura 8 – Schema relativo alla definizione degli edifici-tipo. Fonte: TABULA Typology Brochure Italy

Per rispettare gli obiettivi posti dall’Unione Europea di riduzione del 80-95% di emissioni di gas serra per il 2050 e visto che il 40% dell’energia totale è consumato dagli edifici e questi sono responsabili del 36% dell’emissioni di gas climalteranti come accennato in precedenza in [18], Salvalai et al., 2017 [29], indicano come circa il 75% dei 210 milioni di edifici in Unione Europea sono energeticamente inefficienti e si prevede che il 75-80% di questi saranno in uso nel 2050, pertanto il rinnovamento verso un più efficiente e de-carbonizzato parco edifici è una sfida importante. In [29] viene indicato come più del 60% degli edifici esistenti italiani ha più di 45 anni e sia stato costruito prima del 1976; inoltre, si dice che nella regione Lombardia per gli edifici il fabbisogno medio di energia per il riscaldamento sia pari a 201kWh/m<sup>2</sup>y con un’emissione di 43,75kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>y. Salvalai et al.,2017 [29] studiano un intervento di rinnovamento realizzato con un

sistema innovativo di pannelli prefabbricati che integrano sia l'isolamento sia la finitura esterna. Lo studio, eseguito su un fabbricato residenziale multipiano (4 livelli, 580m<sup>2</sup>) nella provincia di Milano, è stato condotto sia dal punto di vista teorico/sperimentale tramite modellazione software sia tramite misurazioni in situ post intervento. La simulazione ha analizzato diversi scenari; in quello corrispondente alla sola installazione dei pannelli si è riscontrato una diminuzione dell'energia primaria del 30,4% (da 184 a 128kWh/m<sup>2</sup>y); dal secondo scenario relativo alla sola installazione di finestre è stato calcolato una diminuzione del 39% (fino a 112kWh/m<sup>2</sup>y); il terzo scenario ha combinato i precedenti ottenendo una riduzione del 69% (fino a 57 kWh/m<sup>2</sup>y). I risultati sono stati confrontati con i dati reali post-intervento del sistema a pannelli e sono stati confermati con una riduzione di energia richiesta di 52kWh/m<sup>2</sup>y. Questa ricerca conferma quindi che gli interventi sul parco esistente sono una buona base per raggiungere gli obiettivi e che si ha corrispondenza tra simulazione e realtà.

Anche altri ricercatori si sono messi nell'ottica di come il rinnovamento del patrimonio edilizio sia una importante risorsa, sia per l'efficientamento energetico e riduzione emissioni inquinanti sia come fonte per nuovi posti di lavoro. De Angelis et al., 2013 [30] hanno studiato l'opportunità economica ed ambientale di due tipologie diverse di intervento, come prima, su un fabbricato esistente degli anni '60-'70 sito a Casazza vicino a Brescia in Italia. Gli interventi si dividono in: Opzione A, che consiste in una completa demolizione con escavatore e successiva ricostruzione con la stessa area e nel rispetto dei requisiti normativi; Opzione B, che consiste in un intervento di miglioramento sull'involucro (sistema a cappotto, isolamento della copertura, sostituzione delle finestre e isolamento dei solai) analizzando però cinque combinazioni tra loro diverse. Il rapporto mostra come la demolizione e ricostruzione abbia un cost-optimal di 1.811€/m<sup>2</sup> (elevato dovuto alla demolizione) con un consumo di energia primaria per riscaldamento di 13,92 kWh/m<sup>2</sup>y, mentre l'intervento di miglioramento a norma di legge ha un cost-optimal, per la combinazione migliore tra le cinque, di 860€/m<sup>2</sup>, senza però indicare il consumo energetico. De Angelis et al., 2013 [30] conclude che l'opzione B è migliore dal punto di vista economico e ambientale, ma che un nuovo edificio assume migliori performance dal punto di vista acustico, benessere interno,

sismico; aspetti non valutati nel documento. Il concetto appena affrontato di cost-optimal in funzione della prestazione, introdotto dalla Direttiva 2010/31/UE [18] e dal Regolamento n°244/2012 [20], assume un ruolo importante per la sua determinazione all'interno del LCC soprattutto, come appena visto, per quegli interventi che si pongono obiettivi di prestazione elevati come richiesto dalle normative sempre più stringenti. Le richieste prestazionali vanno verso obiettivi nearly Zero Energy Buildings (**nZEB**) e Net-Zero Energy Buildings (**NZEB**).

La differenza principale tra questi due concetti, nZEB e NZEB, viene affrontata da Hasan et al., 2015 [31] che indicano che (caso studio casa singola ad Helsinki di 150m<sup>2</sup>):

- Il NZEB è un edificio efficiente che bilancia la sua totale energia richiesta tramite la generazione in situ su un periodo pre-definito di tempo (anno o mese), in cui i parametri di bilancio possono essere alternativamente l'energia primaria, l'energia del sito, le emissioni e il costo dell'energia. La formula usata è “Energia Esportata – Energia Importata  $\geq 0$ ”, inoltre il raggiungimento del bilanciamento dipende principalmente dai fattori energetici e dai sistemi d'impianto usati (12 sistemi di impianto per il caso studio);
- Il nZEB è un edificio che raggiunge la migliore combinazione tra le soluzioni di efficienza energetica, riducendo al minimo l'energia primaria importata (mediante uso di fonti rinnovabili prodotte in sito o nelle vicinanze [18]) e non necessariamente deve raggiungere il bilancio a zero, infatti è detto come il caso studio raggiunge un costo ottimale per un consumo di circa 35kWh/m<sup>2</sup>y.

Di per sé NZEB vuole dire poco, perché si può raggiungere il bilancio a zero tramite due strade opposte, per assurdo il consumo è zero e quindi si richiede zero energia, oppure il consumo è alto e si potrebbe avere comunque disponibilità di produrre quella quantità, perciò il bilancio è sempre zero. Le condizioni intermedie a questi due estremi rappresentano situazioni interessanti soprattutto se affiancate e indirizzate al concetto nZEB, che stabilisce il vincolo di “edificio ad altissime prestazioni”.

Visto, per esempio da [29] e [30], come sia importante intervenire sul patrimonio esistente, il progetto europeo RePublic\_ZEB analizzato dall'indagine di Aelenei et al., 2015a [32] mira ad evidenziare quali sono gli ostacoli e i vettori di miglioramento degli edifici pubblici esistenti. In [32] si osserva che i vettori favorevoli agli interventi sono il risparmio sui costi dell'energia, una minore dipendenza dai fornitori di energia e un incremento del comfort nell'edificio; questi dipendono, in larga parte, dai programmi di supporto dei governi come riduzione delle tasse e bassi interessi nei prestiti. Dall'altra parte le barriere sono la mancanza di specifiche definizioni, di condivisione delle energie da fonti rinnovabili, costi di investimento iniziali molto alti e limitati strumenti finanziari e tecnici. Successivamente l'impegno di Aelenei et al., 2015a [32] continua in Aelenei et al., 2015b [33], quest'ultimo scritto esamina la metodologia del cost-optimal applicata ad edifici pubblici, quali uffici in alcuni paesi del Sud-Est Europa (Italia, Portogallo, Romania, Spagna e Grecia). L'implementazione della metodologia del cost-optimal, su diverse misure di efficienza energetica e a vari livelli prestazionali, mostra che Italia, Grecia, Spagna hanno un costo globale superiore ai 500€/m<sup>2</sup> e che hanno costi energetici con incidenza maggiore, mentre tutti mostrano come l'investimento sia il costo più alto. Dal punto di vista del consumo di energia primaria, si va dai 54kWh/m<sup>2</sup> per il Portogallo ai 137kWh/m<sup>2</sup> per la Romania, però come viene sottolineato, le condizioni climatiche cambiano da paese a paese, così come i costi delle soluzioni adottate e dell'energia. Si può già capire come la variabilità dei costi, delle condizioni climatiche ed economiche-finanziarie siano aspetti da analizzare più nel dettaglio e siano fonte di incertezza nei risultati.

Questi concetti energetici ed economici influenzano già le fasi preliminari della progettazione; infatti l'indagine condotta da Becchio et al., 2015 [34] lo evidenzia per la realizzazione di una casa monofamiliare di due livelli di area condizionata di 180m<sup>2</sup> e di volume di 550m<sup>3</sup> a Torino, Piemonte. Le proposte di scenario sono 4 per i valori di trasmittanza U (edificio di riferimento, regolamentazione di Torino, Passivehouse standard, standard A CasaClima); a questi si interscambiano delle proposte di efficienza per un totale di 15 scenari. Viene poi eseguita una analisi di sensitività alternativamente: incrementando il prezzo dell'energia del 2,8% annuo, riducendo il periodo di calcolo a 20 e a 10 anni,

variando il tasso di sconto da 0,5%, 1% e 5%, introducendo credito di imposta sull'investimento iniziale del 65% e del 36%. Dai grafici, lo scenario “migliore” individuato rimane lo stesso anche in seguito a questa analisi e si osserva che la tipica forma a “U” del cost-optimal rimane uguale, ma varia il valore del costo; ciò appunto a ribadire come gli aspetti economici-energetici siano importanti nelle valutazioni.

Di particolare interesse risulta essere lo studio condotto da Corrado V. et al., 2016a [35] in cui si mostrano i risultati di diverse misure di efficientamento energetico su un condominio e su una abitazione singola, selezionati dal progetto TABULA, per due differenti zone climatiche. Il condominio tipo degli anni 1946-1960 è stato migliorato per raggiungere requisiti nZEB con interventi sull'involucro edilizio e sugli impianti differenziati per le due zone climatiche individuate (Palermo zona climatica B, Milano zona climatica E). Si evidenzia che l'energia per il riscaldamento diminuisce del 75-85% nella zona climatica B e del 85-90% nella zona climatica E; mentre per il raffrescamento varia dal 30% al 40% per Palermo e incrementa per Milano. Gli ultimi risultati mostrano che l'energia primaria non rinnovabile si riduce del 85-95% con il valore più alto per la zona climatica E, ciò è reso possibile dall'installazione della ventilazione meccanica con recupero di calore, mentre questa soluzione non è favorevole per la zona climatica B. Il rinnovamento verso l'obiettivo nZEB si indirizza verso l'uso di pompe di calore associate a pannelli fotovoltaici, ma la ricerca sottolinea come ci siano difficoltà di applicazione per alcuni requisiti associati a questo obiettivo.

Sulla scia delle precedenti indagini su interventi del patrimonio edilizio pubblico si inseriscono altre ricerche, come quella condotta da Gustafsson et al. [36], che ha studiato tramite analisi di sensitività le incertezze dei dati di input che hanno maggior impatto nel LCC, e quella da Corrado et al., 2016b [37] che ha applicato gli stessi concetti visti poco sopra a due edifici degli anni '60 del patrimonio pubblico (ufficio e scuola) siti a Torino. Lo scopo dello studio è stato quello di individuare il cost-optimal di diverse soluzioni di intervento riducendone il rischio annesso, con la possibilità di indirizzare e promuovere l'attività di miglioramento per gli addetti ai lavori. Le misure di efficientamento energetico sono 17 in totale (6 relative all'involucro e 11 relative ai sistemi di impianti), mentre

i livelli di efficientamento (EEO) sono 4 (5 solo per l'EEM sul sistema di controllo). Lo scenario studiato comprende: periodo di calcolo di 30 anni, tasso di interesse del 3%, costo elettricità e gas dedotto dal National Authority for Electricity and Natural Gas (AEEG), costo di manutenzione annuale variabile 0-4% del costo d'investimento, vita utile degli elementi e degli impianti 15-20 anni. I risultati hanno mostrato come la soluzione cost-optimal rispetto al valore 0 (zero) del non intervento abbia: per l'ufficio, un costo di -110€/m<sup>2</sup> e EP<sub>gl</sub>=88kWh/m<sup>2</sup>a (solo 44 kWh/m<sup>2</sup>a non rinnovabile); per la scuola, un costo di -620€/m<sup>2</sup> e EP<sub>gl</sub>=112 kWh/m<sup>2</sup>a (solo 53 kWh/m<sup>2</sup>a non rinnovabile). Valutando il periodo di ritorno dell'investimento, tutti gli scenari di intervento, anche nZEB, hanno un periodo inferiore ai 30 anni, con gli scenari cost-optimal inferiori ai 5 anni. Il trattato sottolinea ancora che gli interventi sul patrimonio esistente sono prioritari e fattibili. A conclusione del lavoro condotto da [37], vi è la panoramica di Paduos et al., 2017 [38] che ha eseguito una comparazione tra diverse tipologie di edifici (scuole, uffici, ospedali) in alcuni Stati europei. È stato osservato che non sempre è possibile raggiungere gli obiettivi nZEB, perché è difficile rispettare i requisiti di energie rinnovabili prodotte in sito (es.: impossibilità di montare pannelli fotovoltaici). Nonostante ciò, si è visto che nei casi in cui è possibile, l'energia rinnovabile copre il 50% dell'energia totale con un massimo di 70% (Bulgaria, Croazia) e un minimo del 30% (Spagna, Ungheria). Un altro risultato è dato dalla fattibilità tecnica degli interventi per raggiungere il target nZEB, anche se alcuni hanno costi elevati; gli edifici nZEB hanno mostrato valori di energia primaria non rinnovabile di circa 70 kWh/m<sup>2</sup>y, con minimo per Italia, Portogallo, Bulgaria, Ungheria di 40 kWh/m<sup>2</sup>y.

Sempre in riferimento agli uffici, Berggren et al., 2018 [39] hanno studiato il valore aggiuntivo del "fattore green" di un fabbricato costruito nel 2012 in Svezia con ottica nZEB, in termini monetari e in uno scenario economico all'interno del LCC. Il "valore green" del fabbricato è analizzato in termini monetari di incremento di produttività, riduzione del turnover e di assenze dal luogo di lavoro e, inoltre, introduce una ulteriore variabilità e difficoltà per l'analisi LCC di edifici adibiti ad ufficio.

Tra le difficoltà riscontrate da Ferreira et al., 2016 [40] ci sono quelle dovute al corretto recepimento delle direttive europee a livello nazionale (Portogallo in

questo caso) e, soprattutto, all'introduzione di indicatori che tengano conto dei concetti cost-optimal e nZEB. Tali aspetti sono confermati anche dalla review di Attia et al., 2017 [41] che, analizzando le implementazioni eseguite nei paesi del sud Europa, individua nel clima, nella necessità di edifici adattivi, nei metodi di calcolo e approcci (quasi tutti con metodo quasi-stazionario) non rappresentativi del reale e nelle mancanze di strategie locali e nazionali le barriere principali allo sviluppo e diffusione dei concetti nZEB. La ricerca [40], che mira appunto a supportare gli step nel periodo di transizione tra gli edifici esistenti verso gli nZEB, esegue una comparazione tra diversi pacchetti di intervento su involucro e sistemi impiantistici per edifici singoli e multifamiliari per tre zone climatiche invernali e in nove località del Portogallo. Dai risultati emerge che il cost-optimal è influenzato dai parametri della zona climatica, dalla tipologia dell'edificio, dalla sua età di costruzione e dal tipo di intervento stesso (caratteristiche tecniche e costi); inoltre si mostra nei grafici una significativa differenza tra il target cost-optimal e quello nZEB. Per l'nZEB, l'energia netta primaria usata è compresa tra 0-15kWh/m<sup>2</sup>y, valori raggiungibili con l'uso di sistemi impiantistici ad energia rinnovabile che abbattano di 50kWh/m<sup>2</sup>y l'energia totale; per quanto riguarda invece le diverse soluzioni di cost-optimal trovate, il valore di energia primaria non rinnovabile spazia dai 40kWh/m<sup>2</sup>y ai 70kWh/m<sup>2</sup>y. In termini di costi le soluzioni nZEB si innalzano, rispetto alle soluzioni ottimali, di 88-100€/m<sup>2</sup> per la casa singola e di 108-120€/m<sup>2</sup> per l'edificio multifamiliare; il tutto con un gap del 20% che può essere affrontato con l'introduzione di incentivi verso l'uso di energia rinnovabile da parte del governo, come detto dagli autori.

Come è stato visto sopra, nell'analisi LCC le incertezze sui parametri macroeconomici e sui componenti edilizi svolgono un ruolo fondamentale. Per tenere in considerazione ciò, Di Giuseppe et al., 2016 [42] hanno sviluppato una metodologia probabilistica per le valutazioni LCC per interventi di retrofit sugli edifici. Tale metodologia probabilistica è basata sull'Analisi dell'Incertezza e di Sensibilità attraverso metodi Monte Carlo. In un approccio probabilistico, ogni parametro è considerato una variabile stocastica, cioè definita da una funzione di distribuzione di probabilità (=PDF). Il metodo Monte Carlo consiste nel selezionare arbitrariamente le variabili di input e inserirle nell'equazioni di output un certo

numero di volte in base all'accuratezza desiderata della distribuzione del risultato. Successivamente, l'Analisi dell'Incertezza (Uncertainty Analysis =UA) permette di studiare la distribuzione del risultato e, infine, l'Analisi di Sensibilità (Sensitivity Analysis =SA) permette di valutare la robustezza e affidabilità del risultato in funzione degli input, così da capire quali parametri necessitano di maggiore accuratezza nelle PDF. Le PDF sono state assegnate a: tasso di inflazione, tasso di interesse, tasso di evoluzione dei prezzi dell'energia, costi di investimento dei componenti, tempi di vita dei componenti, costi di manutenzione dei componenti e, per il caso studio specifico, perdita di superficie utile.

Sempre da Di Giuseppe et al., 2017a [\[43\]](#) sono state condotte ricerche in questo campo circa l'incertezza dei parametri nell'analisi LCC. In [\[43\]](#) sono stati identificati e quantificati i principali input soggetti a incertezza che influenzano la valutazione LCC, è stato sviluppato un tool che automatizza il processo di valutazione dell'impatto energetico e, infine, è stato evidenziato come l'incertezza dei dati in input impatti sulle variabili di output. L'analisi è stata fatta su diverse EEM di un "edificio virtuale" monofamiliare del periodo 1976-1990. I risultati hanno mostrato come si possa ottenere qualità negli output a partire da 500 iterazioni nelle variabili, quindi con una bassa potenza di calcolo e richiesta di tempo; ciò sostiene che un approccio probabilistico è possibile ed è uno strumento molto potente per intraprendere interventi migliorativi. La difficoltà è stata quella di identificare robuste EEM per via dell'influenza dei parametri macroeconomici usati. Un'altra ricerca, svolta da Di Giuseppe et al., 2017b [\[44\]](#) su un edificio monofamiliare sito a Cattolica (RN) del 1935, analizza diversi scenari di miglioramento sotto variabili dati di input. Le soluzioni tecniche interessano l'isolamento dell'involucro opaco (con perdita di superficie calpestabile), delle finestre e diversi sistemi di impianto tra cui quelli di riscaldamento, produzione acqua calda sanitaria e il sistema di ventilazione meccanica controllata. È fissato uno scenario economico base su cui sono state considerate alcune variabili di input tra cui: tasso di inflazione, tasso di interesse, costo di investimento iniziale, costi indiretti, costi di manutenzione e ciclo di vita di servizio dei componenti; queste sono caratterizzate da funzioni di distribuzione di probabilità. I risultati hanno mostrato che, studiando vari periodi di calcolo a 10, 30 e 50 anni ed escludendo le



variabili macroeconomiche dato l'uso di un solo scenario base, l'incertezza sul costo globale aumenta all'aumentare delle performance e quindi dei costi; in secondo luogo, con un periodo di calcolo di 10 anni, i parametri più influenti sono i generatori per il riscaldamento e ACS e la perdita di superficie interna, mentre in altre circostanze lo sono il periodo di servizio degli isolati, soprattutto per quelli più costosi, i costi di investimento degli isolanti e degli equipaggiamenti. Si osserva come circa il 38-64% del costo globale sia dovuto all'investimento iniziale (la variazione dipende dalla soluzione tecnologica scelta) con una fluttuazione del costo globale per i tre scenari di intervento compresa tra 803-1107€/m<sup>2</sup>, 946-1193€/m<sup>2</sup> e 1029-1414€/m<sup>2</sup>. Da ciò è importante continuare ad adottare metodi LCC probabilistici con anche alternativi scenari economici.

Sempre sullo stesso ambito di ricerca si innesta lo studio di Hamdy et al., 2017 [\[45\]](#), che si presta ad implementare un nuovo schema di analisi di ottimizzazione parametrico per investigare un ampio numero di scenari economici. La ricerca è partita dal presupposto che esistono diversi tool che indirizzano le scelte nelle fasi iniziali di progettazione e ha combinato questi (motore di simulazione dinamica, modelli semplificati e algoritmi di ottimizzazione) per calcolare il cost-optimal in modo rapido ed efficace. L'analisi è stata condotta su un edificio posto ad Helsinki in Finlandia di 143m<sup>2</sup> su due piani comprendendo diversi tipi di intervento sull'involucro e sugli impianti. Lo schema di ottimizzazione ha permesso di individuare 3 miliardi circa ( $\sim 3 \cdot 10^9$ ) possibili opzioni progettuali che sono state ottimizzate per 4608 scenari economici. Ciò ha permesso di individuare nel tasso di evoluzione del prezzo dell'energia e nel tasso di sconto i parametri finanziari maggiormente influenti, inoltre è stato utile per eseguire delle valutazioni su incentivi e sconti sugli investimenti, questi infatti potrebbero non essere necessari se il tasso di sconto è inferiore a 1,5% e il tasso del costo dell'energia è maggiore del 5% (riferendosi al caso studio finlandese).

Similmente, nella ricerca condotta da Semprini et al., 2017 [\[46\]](#) si sono comparati due macrocategorie di intervento su edifici multifamiliari a Bologna, nello specifico sono state indagate una rigenerazione profonda e un rinnovamento più leggero per edifici di edilizia popolare, analizzando il diverso impatto avuto dalla riduzione delle tasse. Le opzioni di rinnovamento analizzate sono 8, con le

prime meno impattanti in termini economico-energetico. Si è visto come due soluzioni abbiano un periodo di ritorno di investimento pari a 18-24 anni mentre le ultime più corpose abbiano un periodo di ritorno che tocca i 40-61-68-92 anni (esempio per l'opzione con 92 anni di tempo di ritorno si ha: isolamento di 10cm, sostituzione finestre, inserimento impianto fotovoltaico solare e nuovi impianti). L'uso di incentivi come la deduzione dalle tasse permette di portare i periodi di ritorno a 9 e a 11 anni per le due soluzioni più economiche e a 19-28-30-42 le altre. Nei risultati viene mostrato come la soluzione 8 (più impattante) abbia un importante costo di investimento iniziale, ma con il calcolo dell'NPV a 30 anni abbia un ritorno di investimento in percentuale più alto, sebbene sia tra quelle con i valori NPV peggiori. Il margine percentuale di profittabilità dell'NPV è importante, ma fortemente influenzato dal costo iniziale, come si è visto anche nei precedenti lavori. L'articolo ha preso in esame edifici esistenti, infatti potrebbero essere minimi dei margini sugli edifici di nuova costruzione e propone di continuare le indagini sullo studio di incentivi e sull'adozione di approcci olistici che considerino variabili economiche-finanziarie e tecniche.

A sostegno che è importante intervenire sul patrimonio esistente come detto nei precedenti trattati [\[29\]](#), [\[30\]](#) e [\[46\]](#), la ricerca di Sun et al., 2018 [\[47\]](#) indaga appunto diversi interventi su un edificio già riqualificato. L'edificio (plessò di un campus con uffici, librerie, classi) è situato a Singapore, ha una superficie di 4500m<sup>2</sup> e 3 piani, inoltre, nel 2009 è stato profondamente rinnovato raggiungendo lo standard ZEB con un consumo energetico di 55,2kWh/m<sup>2</sup>y. Gli interventi di efficientamento ulteriore riguardano: la sostituzione di finestre altamente performanti, impianti di controllo e gestione delle luci, sostituzione di luci con lampade LED, impianto di condizionamento con sistema variabile della velocità, sistema di ventilazione personale da sotto pavimento. I risultati dimostrano come tutti gli interventi abbiano un periodo di ritorno maggiore ai 100 anni, mentre solo la sostituzione delle luci con LED efficienti ha un periodo di ritorno di investimento di 2 anni e il sistema di condizionamento con regolazione della velocità variabile ha un periodo di 10 anni. Si è detto anche qui che i costi sono dipesi da fattori economici, dalle proposte dei prodotti migliorativi, dai rischi e incertezze.

Per concludere questa disamina sulla letteratura e stato dell'arte, si riportano quattro articoli che riprendono gli elementi di discussione sopra riportati. Il primo di Ferrara et al., 2018 [48] ha eseguito una panoramica sulla metodologia di analisi cost-optimal. Come già visto in precedenza, la maggioranza degli studi indagati usa un approccio ottimizzato basato su un numero elevato di proposte e variabili, facendo notare come la comparazione tra diversi cost-optimal non è facile ed influenzato dalle condizioni al contorno come gli scenari economici e climatici. Sulla stessa scia, il secondo articolo di Baldoni et al., 2019 [49] propone un metodo innovativo per le valutazioni in cui si propone un metodo stocastico per LCC in cui gli input variano nel tempo, nello specifico le variabili economiche hanno una distribuzione al tempo  $t$  influenzata da quella al tempo  $t-s$ . Altro aspetto innovativo è dato dal fatto che le variabili, oltre ad essere dipendenti dal tempo, sono tra loro interdipendenti e che dipendono anche da macroscenari economici e climatici. Nel caso studio di Zinzi et al., 2019 [50] si applicano i concetti di diversi climi e assunzioni finanziarie ed economiche per un condominio posto in una situazione a Roma e in una a Torino. Viene valutato l'NPV su un periodo di 50 anni considerando nel complesso tre aspetti: comfort termico, prestazioni energetiche e parametri finanziari; si è raggiunto un'alta prestazione energetica. Per finire, nel trattato di Chiesa et al. [51] è analizzato principalmente l'aspetto climatico, infatti su un caso studio di un ufficio sono state implementate differenti condizioni meteorologiche tipiche del territorio italiano. Ciò ha permesso di eseguire calcoli LCC per ogni zona climatica in termini di costi globali e di calcolarne l'NPV. Anche in questo caso, il metodo è ricaduto sull'applicazione del Monte Carlo stocastico con l'uso di variabili segnate da diverse funzioni di distribuzione della probabilità. I risultati hanno evidenziato come non sempre la soluzione energeticamente migliore sia la stessa da un punto di vista economico, ma quella migliore deve interrelazionarsi con vari aspetti, tra i quali viene sottolineata la variabilità dei prezzi dell'energia, dei componenti e le incertezze legate alle variabili.

Concludendo, visto il ruolo importante dell'incertezza, pochi sono gli studi condotti con approcci LCC stocastici in alternativi scenari climatici ed economici in "archetipi" degli anni '60. Con tale tesi si punta appunto a colmare questo vuoto.

## CAPITOLO III

### - FASI, MATERIALI e METODI -

In questa sezione si vogliono dare tutte le informazioni necessarie su come sono state condotte le analisi, ossia ciò che è utile all'attività, in modo da poter facilmente ripetere il test.

#### III.1

##### - FASI -

In questo paragrafo si vogliono individuare tutte le fasi e le attività che compongono questa tesi, dandone una breve descrizione, mentre l'argomentazione dettagliata è effettuata nei capitoli dedicati. Per far ciò, si identifica un titolo riassuntivo della fase che appunto è ripreso all'interno dell'elaborato, cosicché si possa avere un'immediata indicizzazione nei paragrafi.

Le attività operative condotte sono le seguenti:

1) *Stato dell'arte*

Si legge e analizza lo stato dell'arte, comprendendo leggi e norme italiane ed europee e letteratura scientifica su ricerche, articoli e trattati;

2) *Caso studio*

In seguito al consiglio carpito nelle ricerche scientifiche analizzate nello stato dell'arte, si procede ad eseguire una indagine statistica su dati ISTAT per vedere la diffusione nel patrimonio edilizio italiano delle diverse tipologie costruttive, affinché ne sia individuata una significativa e rappresentativa. Successivamente mediante il progetto TABULA si individuano gli elementi caratterizzanti i componenti costruttivi per l'edificio scelto. Fatto ciò, si procede alla descrizione individuando dati generici, posizione, geometria e caratteristiche costruttive. Infine, si descrivono nel dettaglio le caratteristiche climatiche dei vari scenari in cui inserire il caso studio.

3) *Misure di efficientamento energetico*

Si individuano delle proposte di intervento su vari elementi costruttivi e sui componenti dell'impianto, con il fine di migliorare la prestazione energetica dell'edificio.

4) *Livelli di prestazione delle misure*

Si individuano 5 livelli di combinazione delle misure di efficientamento energetico per ogni scenario. Questi livelli portano un beneficio via via migliore in quanto si adotta un approccio progressivo di miglioramento, avvicinandosi al nZEB con il livello 5.

5) *Individuazione scenari*

Si identificano i vari scenari per livelli di prestazione e zone climatiche.

6) *Modellazione e prestazioni energetiche*

Si modellano i vari livelli di prestazione per ogni scenario individuato mediante l'uso del software "Namirial Termo". Questo programma permette di valutare (con metodo quasi-stazionario) la prestazione energetica raggiunta dall'edificio con vari parametri ed indici, il più significativo è quello del fabbisogno di energia primaria non rinnovabile.

7) *Metodo LCC e cost-optimal*

Si definisce la metodologia di calcolo per LCC e la determinazione del cost-optimal.

8) *Metodo LCC stocastico (RIBuild)*

Si spiega il funzionamento del software e la metodologia applicata dallo stesso. Si campionano i dati di input tramite l'utilizzo del software "RIBuild" al fine di ottenere il valore medio dei costi globali, le componenti di costo e i valori di deviazione standard associate ad ogni caso studio.

9) *Input stocastici*

Si definiscono i dati di input stocastici relativi a costi di investimento e manutenzione degli interventi, tariffe energetiche e parametri

economici. Oltre a questi, si precisano anche i dati relativi alle condizioni climatiche, indagando fonti ISTAT e modellando le funzioni di distribuzione di probabilità con i relativi parametri caratteristici.

#### *10) Metodo di valutazione dei risultati*

Si specifica il metodo usato per l'analisi dei risultati.

#### *11) Risultati e discussione*

Si riportano e analizzano i risultati per:

- *“Prestazione energetica per zona climatica”*;
- *“Valori medi costi globali per zona climatica negli scenari economici”*;
- *“Share di costo sui costi globali per zona climatica negli scenari economici”*;
- *“Valutazione dell'incidenza degli incentivi sui costi globali”*;

#### *12) Conclusioni*

Si scrivono le conclusioni, riepilogando i risultati più significativi e individuando ipotesi per future ricerche.

## **III.2**

### **- MATERIALI -**

#### *III.2.1 CASO STUDIO*

Come si è letto nel “Capitolo II – Stato dell'arte –”, molti edifici risultano essere costruiti nel periodo post-bellico e in quello di crescita economica, ma senza particolare attenzione ai requisiti ambientali ed energetici. Come riportato nel Regolamento Delegato (UE) n°244/2012 [\[20\]](#), in cui si introduce la metodologia da applicare e per prima cosa punta alla definizione dell'edificio di riferimento, analogamente qui si cerca di individuare per prima cosa l'edificio caso studio. Considerando quanto detto, si procede ricercando sul sito ISTAT [\[52\]](#) e [\[53\]](#) il numero degli edifici costruiti per epoca di costruzione. Altri dati riguardano il numero di abitazioni negli edifici per l'epoca di costruzione considerata. Sotto vengono riportati gli estratti ottenuti dai database ISTAT e EUROSTAT [\[54\]](#).

Si può osservare come al censimento italiano del 2011 ci fossero circa 31 milioni di abitazioni; di queste, con il valore assoluto più grande, 5,9 milioni sono costruite nell'epoca 1961-1970 e 5,7 milioni nell'epoca 1971-1980, con share rispettivi di 19,22% e 18,53%. L'altra epoca rilevante è quella del periodo 1946-1960 con circa 4 milioni di edifici e share del 13,71%. Sommando gli share di queste tre e sole epoche si raggiunge un valore di 51,46%, in linea con quanto individuato da Salvalai et al., 2017 [\[29\]](#), che riporta un 75-80% considerando però tutti gli edifici inefficienti e non solo, come in questo caso, 3 epoche. Facendo un calcolo sommario escludendo solo gli edifici "efficienti a partire dagli anni 2000" si osserva come quasi il 90% risulti "inefficiente" nello scenario italiano. Questi dati trovano riscontro anche nei dati riportati dall'EUROSTAT, non in termini di valori assoluti, in quanto si ritengono più affidabili quelli propri nazionali, ma in termini di share. Nello specifico, in Italia su circa 15 milioni di edifici censiti al 2001, circa 3 milioni rientrano nell'epoca 1961-1970 con uno share di 21,85%, in linea con il precedente valore dell'ISTAT.

Insieme di dati: Alloggi										
Specie di alloggio tutte le voci										
Disponibilità e tipo di servizi tutte le voci										
Numero di stanze totale										
Numero di occupanti totale										
Classi di superficie tutte le voci										
Figura giuridica del proprietario tutte le voci										
Numero di abitazioni tutte le voci										
Numero di interni totale										
Stato di occupazione tutte le voci										
Anno di Censimento 2011										
Tipo dato										
numero di abitazioni (valori assoluti)										
edifici residenziali										
1918 e										
1919-1945										
1946-1960										
1961-1970										
1971-1980										
1981-1990										
1991-2000										
2001-2005										
2006 e										
tutte le voci										
Territorio										
Italia										
3.656.542										
2.799.407										
4.268.838										
5.986.048										
5.770.951										
3.874.961										
2.311.576										
1.348.445										
1.121.510										
31.138.276										

Insieme di dati: Alloggi										
Specie di alloggio tutte le voci										
Disponibilità e tipo di servizi tutte le voci										
Numero di stanze totale										
Numero di occupanti totale										
Classi di superficie dell'abitazione tutte le voci										
Figura giuridica del proprietario tutte le voci										
Numero di interni totale										
Stato di occupazione tutte le voci										
Epoca di costruzione 1961-1970										
Anno di Censimento 2011										
Tipo dato										
numero di abitazioni (valori assoluti)										
edifici residenziali										
1										
2										
3-4										
5-8										
9-15										
16 e più										
totale										
Territorio										
Italia										
1.014.001										
1.028.866										
847.121										
736.251										
726.816										
1.632.993										
5.986.048										

Figura 9 - Valori di abitazioni al censimento del 2011 suddiviso per epoca di costruzione. Fonte: ISTAT

Figura 10 - Valori di abitazioni al censimento del 2011 per epoca di costruzione 1961-1970 suddivise per alloggi. Fonte: ISTAT



Y_CONST	Total						
TIME	2001						
UNIT	Number						
GEO/BUILDING	Total	Residential buildings	One-dwelling residential buildings	Two-dwelling residential buildings	Three or more dwelling residential buildings	Non-residential buildings	Unknown
Belgium	2 709 868	2 272 113	1 959 682	65 966	246 465	68 122	.
Bulgaria	2 572 425	2 572 425	1 107 333	279 079	1 186 013	.	.
Czechia	1 793 338	1 789 757	1 031 477	302 631	455 649	3 581	.
Estonia	418 349	414 458	111 519	12 436	290 503	377	3 514
Ireland	990 723	978 101	958 265	3 041	16 795	3 937	.
Greece	2 712 781	2 704 446	1 217 366	518 205	968 875	8 335	.
Spain	11 654 379	11 612 491	3 780 564	630 798	7 201 129	41 888	.
France	13 032 236	13 032 236	10 534 665	200 340	2 300 231	.	.
Italy	15 576 231	15 569 230	3 876 305	2 829 540	8 863 385	7 001	.
Cyprus	152 228	144 395	81 344	33 087	29 964	7 675	158
Latvia	478 153	478 153	162 924	18 595	296 634	0	.
Lithuania	1 077 036	1 057 961	370 112	51 243	636 606	2 235	16 840
Luxembourg	114 509	113 351	89 983	4 094	19 193	1 065	93
Hungary	3 423 280	3 411 990	2 111 443	108 977	1 191 570	11 290	.
Netherlands	3 344 921	3 344 921	2 940 951	403 970	.	.	.
Austria	1 937 008	1 893 022	1 138 224	291 432	463 366	43 986	.
Poland	7 760 689	7 755 770	3 754 048	506 954	3 494 768	4 919	.
Portugal	2 688 469	2 680 383	1 593 931	167 312	919 140	8 086	.
Romania	6 682 449	6 671 721	3 843 320	138 605	2 689 796	10 728	.
Slovenia	552 324	550 137	273 812	103 661	172 664	2 187	.
Slovakia	1 245 878	1 245 878	731 896	52 369	461 623	.	.
Finland	1 459 517	1 448 104	858 816	.	589 288	11 413	.
Liechtenstein	6 385	5 645	4 375	617	653	740	.
Norway	1 503 677	1 503 677	922 185	119 816	461 676	.	.
Switzerland	1 047 447	898 286	597 259	97 140	203 887	149 161	.

Figura 11 - Valori di abitazioni al censimento del 2001 per diversi Stati europei. Fonte: EUROSTAT

Y_CONST	From 1961 to 1970						
TIME	2001						
UNIT	Number						
GEO/BUILDING	Total	Residential buildings	One-dwelling residential buildings	Two-dwelling residential buildings	Three or more dwelling residential buildings	Non-residential buildings	Unknown
Belgium	341 233	281 286	223 503	7 571	50 212	5 508	.
Bulgaria	540 482	540 482	228 486	88 227	223 769	.	.
Czechia	282 044	281 887	113 898	41 175	126 814	157	.
Estonia	84 236	83 815	14 043	1 529	68 243	40	381
Ireland	93 951	93 194	91 964	207	1 023	122	.
Greece	547 309	546 070	243 046	110 382	192 642	1 239	.
Spain	2 188 833	2 188 833	446 415	96 235	1 646 183	0	.
France	.	.	.	.	.	.	.
Italy	3 403 907	3 403 907	667 679	613 293	2 122 935	.	.
Cyprus	91 369	91 369	19 440	2 023	69 906	0	.
Latvia	206 127	204 456	59 010	7 648	137 798	455	1 216
Lithuania	12 866	12 792	9 776	528	2 481	74	0
Hungary	520 146	518 970	320 058	16 686	182 226	1 176	.
Netherlands	462 638	462 638	391 994	70 645	.	.	.
Austria	693 768	678 986	351 392	122 780	204 814	14 782	.
Poland	.	.	.	.	.	.	.
Portugal	335 650	334 727	195 440	25 919	113 368	923	.
Romania	1 378 937	1 377 624	875 728	25 392	476 504	1 313	.
Slovenia	97 663	97 395	37 016	22 396	37 983	268	.
Slovakia	282 166	282 166	155 485	12 019	114 662	.	.
Finland	223 983	222 109	102 170	.	119 939	1 874	.
Liechtenstein	1 000	883	717	115	51	117	.
Norway	245 693	245 693	147 634	14 787	83 272	.	.
Switzerland	113 832	102 587	68 574	12 134	21 879	11 245	.

Figura 12 - Valori di abitazioni al censimento del 2001 per diversi Stati europei per l'epoca di costruzione 191-1970.. Fonte: EUROSTAT

Assunta come riferimento l'epoca di costruzione per il caso studio quella del 1961-1970, ma, viste poi le caratteristiche degli edifici, estendibile anche all'epoca 1971-1980, si procede definendo le caratteristiche dell'edificio caso studio. Per fare ciò, ci si è ricondotti al progetto TABULA [28] ed EPISCOPE [55], entrambi inseriti all'interno di progetti e finanziamenti europei insieme ad altri. Il progetto TABULA (Typology Approach for BUiLding stock energy Assessment) è stato rivolto a creare una struttura armonizzata delle tipologie edilizie residenziali, mentre il progetto EPISCOPE (Energy Performance Indicator tracking Schemes for Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European housing stocks)

si pone a continuazione del progetto precedente con l'aggiornamento dei dati. All'interno del progetto sono individuate diverse tipologie edilizie, ciascuna suddivisa in base all'epoca di costruzione e caratterizzata, perciò, da elementi costruttivi e componenti impiantistici tipici dell'epoca; il tutto per rendere note le prestazioni energetiche degli stessi edifici. Le tipologie edilizie sono state indagate sulla base dei dati statistici per dimensione, tipologia costruttiva, epoca e zona climatica. Sono individuate 8 classi per identificare l'epoca di costruzione; quella del caso studio 1961-1970 rientra nella classe 5, ossia del periodo 1961-1975. Sono individuate le tipologie per dimensione: casa monofamiliare, a schiera, edificio multifamiliare e blocco di appartamenti; il caso studio rientra nei piccoli condomini (edificio multifamiliare) con numero di appartamenti pari a 6 (2 per piano terra, 2 per piano primo, 2 per piano secondo). Il progetto TABULA definisce tre tipologie di edifici di riferimento o "edificio-tipo" [28]: 1° approccio "Real Example Buildings" (**ReEx**), definito sulla base dell'esperienza in assenza di dati statistici; 2° approccio "Real Average Building" (**ReAv**), definito sulla base di dati statistici all'interno di un campione e prendendo i dati in maniera aggregata in modo da selezionare un edificio reale con le caratteristiche medie del campione; 3° approccio "Synthetical Average Building" o "Theoretical Building" (**SyAv**), definito come edificio "archetipo" non reale, ma virtuale, ottenuto da una base statistica di dati che vengono disaggregati e poi riaggregati per ottenere le caratteristiche dei precedenti sotto-insiemi.

		EDIFICI-TIPO (CARATTERISTICHE GEOMETRICHE)		
		Edificio reale (scelto secondo l'esperienza)	Edificio reale (scelto da analisi statistica)	Edificio teorico (scelto da analisi statistica)
TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E IMPIANTISTICHE	Tecnologia reale presente nell'edificio reale scelto	<b>ReEx</b>	<b>ReAv</b>	
	Tecnologia scelta secondo l'esperienza	<b>ReEx</b> <b>ReEx</b>	<b>ReAv</b> <b>ReEx</b>	<b>SyAv</b> <b>ReEx</b>
	Tecnologia definita da analisi statistica	<b>ReEx</b> <b>SyAv</b>	<b>ReAv</b> <b>SyAv</b>	<b>SyAv</b> <b>SyAv</b>

Figura 13 – Schema relativo alla definizione degli edifici-tipo. Fonte: TABULA Typology Brochure Italy

Nel caso di studio è stato considerato un edificio reale per quanto riguarda le dimensioni geometriche (16,36m\*10,25m, 3 livelli: piano terra, primo e secondo con copertura piana), ma che rappresenta la media di un ampio campione statistico; per quanto riguarda la tipologia degli elementi costruttivi e impiantistici si sono scelte quelle tipiche per esperienza, anche in questo caso maggiormente rappresentative della popolazione. Il caso studio ricade quindi nella voce di “archetipo” (SyAv-SyAv). La suddivisione in tabella soprastante serve per capire come il progetto TABULA ha usato e applicato i dati, mentre quello del caso studio rappresenta appunto una indicazione, seguendo la falsariga della tabella, che non ha nulla a vedere riguardo all’elaborazione dei dati. Gli input del caso studio riguardo le caratteristiche dei componenti edilizi (pareti, solai, ecc...) e impiantistici (riscaldamento, acqua calda sanitaria, ecc...) sono stati estrapolati dalle tabelle del progetto TABULA. L’insieme degli edifici-tipo del progetto TABULA sono raggruppate nella “Matrice della Tipologia Edilizia”, su questa si individua dove il caso studio rientra (“archetipo” SyAv-SyAv).









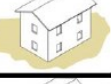




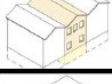



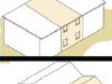


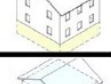
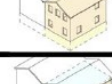


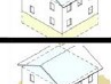
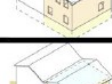





<b>CLASSE DI DIMENSIONE EDILIZIA</b>					
<i>Area climatica media</i>	<b>CASE MONOFAMILIARI</b>	<b>CASE A SCHIERA</b>	<b>EDIFICI MULTIFAMILIARI</b>	<b>BLOCCHI DI APPARTAMENTI</b>	
<b>CLASSE DI EPOCA DI COSTRUZIONE</b>	<b>1</b> Fino al 1900				
	<b>2</b> 1901-1920				
	<b>3</b> 1921-1945				
	<b>4</b> 1946-1960				
	<b>5</b> 1961-1975				
	<b>6</b> 1976-1990				
	<b>7</b> 1991-2005				
	<b>8</b> Dopo il 2005				

Figura 14 – Matrice delle Tipologie Edilizie. Fonte: TABULA Typology Brochure Italy

Per quanto riguarda il caso studio in esame, come accennato si sono prese le dimensioni geometriche di un edificio reale che sono significativamente la media del campione della popolazione; mentre per definire le caratteristiche della tipologia dell'epoca di costruzione in esame (1961-1970) si sono ricavati i dati dalle tabelle del progetto TABULA, che si riportano sotto.



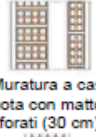



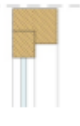
<b>Regione/Zona climatica: Area climatica media</b> <b>Classe di epoca di costruzione: 5 (1961-1975)</b> <b>Classe di dimensione edilizia: Edificio multifamiliare</b>							
<b>V</b> [m <sup>3</sup> ]	<b>S/V</b> [m <sup>-1</sup> ]	<b>A<sub>t,l</sub></b> [m <sup>2</sup> ]	<b>Numero di appartamenti</b>	<b>Numero di piani climatizzati</b>			
3074	0,54	934	10	5			
STATO ORIGINARIO							
TIPOLOGIA COSTRUTTIVA							
<b>COPERTURA</b>  Tetto a falde in laterizio [sottotetto non climatizzato]	<b>PARETI</b>  1. Muratura a cassetta vuota con mattoni forati (30 cm)  2. Muratura in mattoni forati (25 cm) (verso ambiente non riscaldato)		<b>SOLAIO (superiore, verso ambiente non riscaldato)</b>  Solaio latero-cementizio	<b>SOLAIO (inferiore, su ambiente non riscaldato)</b>  Solaio latero-cementizio	<b>SERRAMENTO</b>  Vetro singolo, telaio in legno		
<b>COPERTURA</b> $U$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$U_1$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$U_2$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>SOLAIO (superiore)</b> $U$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>SOLAIO (inferiore)</b> $U$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	<b>SERRAMENTO</b> $U$ [W/(m <sup>2</sup> K)]		$g_{g,n}$ [-]
2,20	1,15	1,52	1,65	1,30	4,90		0,85
TIPOLOGIA IMPIANTISTICA							
IMPIANTO DI RISCALDAMENTO							
<b>GENERAZIONE</b> $\eta_{H,qn} = 0,88$	<b>ACCUMULO</b> $Q_{ls,H,s} = 0$ kWh/m <sup>2</sup>	<b>DISTRIBUZIONE</b> $\eta_{H,d} = 0,90$	<b>AUSILIARIO</b> $Q_{aux,H} = 1,6$ kWh/m <sup>2</sup>				
caldaia standard per impianti di riscaldamento autonomi (per appartamento), installata in ambiente non climatizzato	-	distribuzione separata per appartamento / 1961-1975	ausiliario elettrico per caldaia standard (impianto di riscaldamento autonomo)				
IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA							
<b>GENERAZIONE</b> $\eta_{W,qn} = 0,84$	<b>ACCUMULO</b> $Q_{ls,W,s} = 3,4$ kWh/m <sup>2</sup>	<b>DISTRIBUZIONE</b> $Q_{ls,W,d} = 1,07$ kWh/m <sup>2</sup>	<b>AUSILIARIO</b> $Q_{aux,W} = 0$ kWh/m <sup>2</sup>				
caldaia standard per impianti di ACS autonomi (produzione combinata riscaldamento e ACS, per appartamento), installata in ambiente non climatizzato	serbatoio di accumulo di acqua calda per appartamento - basso livello di isolamento	distribuzione di acqua calda sanitaria separata per appartamento, senza ricircolo - fino al 1975	produzione di ACS per appartamento o separata/individuale				

Figura 15 – Caratteristiche di edificio multifamiliare dell'epoca 1961-1975. Fonte: TABULA Typology Brochure Italy

Dalle considerazioni sopra effettuate, si individua nel dettaglio l'edificio oggetto di questa tesi.

L'edificio scelto come caso studio di questa tesi è un piccolo condominio degli anni '60, realizzato su 3 livelli: piano terra con due appartamenti; piano primo con due appartamenti; piano secondo con due appartamenti; copertura piana non praticabile. I tre livelli destinati ad abitazione sono collegati verticalmente da un vano scala interno di dimensioni circa  $5\text{m} \times 2,5\text{m}$ , per una superficie interna non riscaldata di  $12,50\text{m}^2$ . Gli appartamenti sono simmetrici a ciascun piano e sono costituiti da: ingresso-soggiorno-cucina open-space (circa  $31,3\text{m}^2$ ) per quanto riguarda la zona giorno; camera matrimoniale (circa  $13,2\text{m}^2$ ), camera singola (circa  $10,4\text{m}^2$ ), bagno (circa  $4,1\text{m}^2$ ) e corridoio (circa  $4,7\text{m}^2$ ) per quanto riguarda la zona notte. Gli appartamenti hanno una superficie utile riscaldata pari a circa  $64,5\text{m}^2$ , pertanto ciascun piano ha una superficie utile riscaldata di  $129\text{m}^2$  e l'intero edificio una superficie utile riscaldata di circa  $387\text{m}^2$ . La superficie utile riscaldata è la superficie netta calpestabile dei volumi interessati dalla climatizzazione (riscaldamento e/o raffrescamento) ove l'altezza sia non minore di  $1,50\text{m}$  e delle proiezioni sul piano orizzontale delle rampe relative ad ogni piano nel caso di scale interne comprese nell'unità immobiliare. Le scale sono interne, ma non alla singola unità immobiliare, pertanto contribuiscono solo alla superficie non riscaldata interna.

L'edificio ha forma rettangolare e ha dimensioni di  $16,36\text{m}$  e  $10,25\text{m}$ , per una superficie coperta pari a  $167,69\text{m}^2$ ; mentre la superficie lorda complessiva è di  $503,07\text{m}^2$ . Si definisce "superficie coperta" ( $S_c$ ) la superficie risultante dalla proiezione sul piano orizzontale dell'ingombro planimetrico massimo dell'edificio fuori terra, delimitato dagli elementi verticali esterni dell'edificio medesimo, quali pareti perimetrali, pilastri, setti portanti; sono esclusi i balconi aventi aggetto dalle pareti esterne del fabbricato non superiore a  $2,00$ . Si definisce superficie lorda la somma delle superfici di tutti i piani comprese nel profilo perimetrale esterno dell'edificio escluse le superfici accessorie.

Il lato sud dell'edificio ha la porta di ingresso di dimensioni  $0,9\text{m} \times 2,10\text{m}$ , e due porta-finestre o vetrate di dimensioni  $2,80\text{m} \times 2,10\text{m}$ ; ad ogni piano ci sono degli aggetti simmetrici con la funzione di balcone delle dimensioni di  $6,33\text{m}$  di

larghezza e di 1,00m di profondità. I lati est ed ovest hanno ciascuno una singola finestra di 0,8m\*1,4m. Il lato nord ha quattro finestre da 1,2m\*1,4m in corrispondenza dei vani adibiti a camere e due da 0,7m\*1,4m in corrispondenza dei bagni. Tutti i muri hanno un colore definito “medio”. Il piano di copertura non praticabile non ha indice di riflettanza, ossia quanta radiazione incidente viene riflessa. Questi fattori possono essere osservabili nello schema esemplificativo sottostante che raffigura una pianta dell’edificio e una bozza tridimensionale dello stesso.

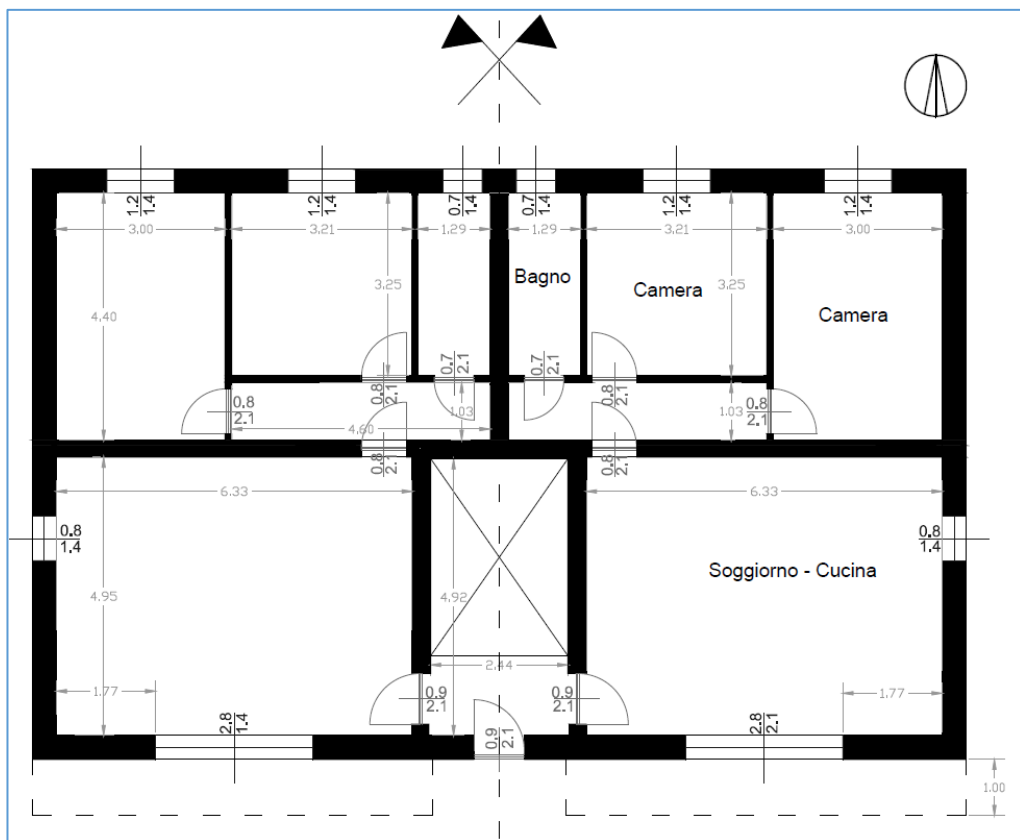


Figura 16 – Rappresentazione schematica della planimetria tipo.

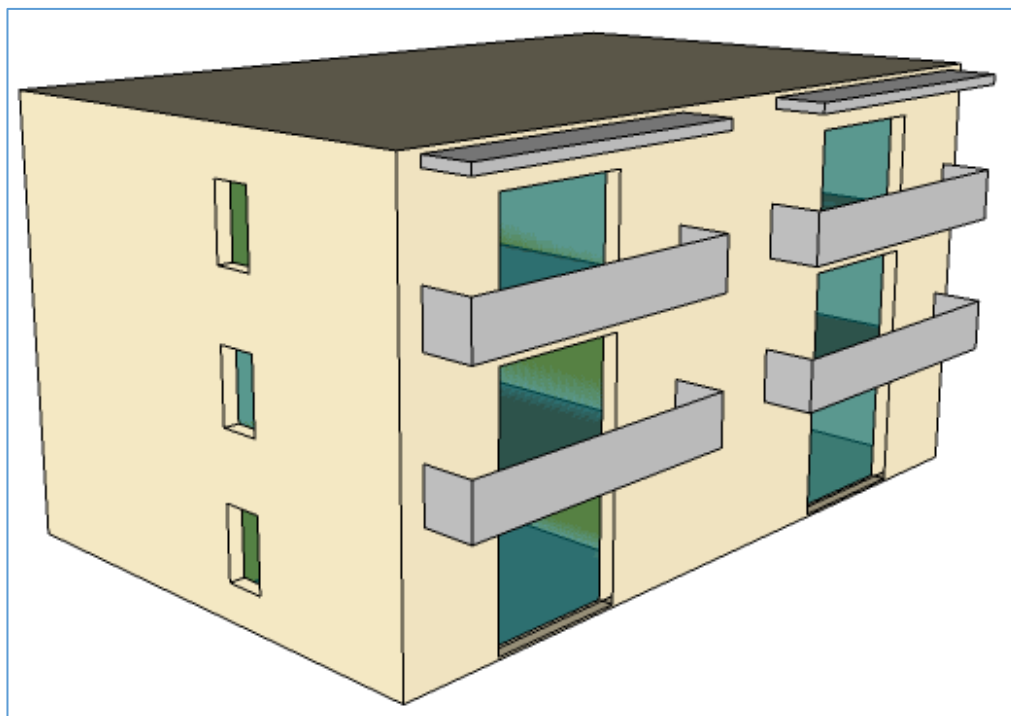


Figura 17 – Rappresentazione schematica del modello tridimensionale dell'edificio.

Si riporta un sunto dei dati geometrici del fabbricato.

<b>Dati Geometrici</b>	
<b>Superficie utile riscaldata</b>	387 m <sup>2</sup>
<b>Volume lordo riscaldato</b>	1470,06 m <sup>3</sup>
<b>Superficie disperdente (s)</b>	920,45 m <sup>2</sup>
<b>Rapporto s/v</b>	0,626
<b>Altezza locali</b>	2,7 m

Figura 18 – Riepilogo dati geometrici edificio caso studio..

Per quanto riguarda la struttura, l'edificio risulta essere costruito negli anni '60 con una struttura intelaiata in calcestruzzo armato, con pilastri 30cm\*30cm (40cm\*30cm). I solai sono in latero-cemento e visto le tecniche costruttive dell'epoca hanno una parte strutturale costituita da pignatte alte 16cm e cappa o soletta in calcestruzzo armato di 4cm, per complessivi 20cm. Anche il solaio di basamento è in latero-cemento sollevato dal terreno per pochi centimetri; questa assunzione è stata fatta perché nella tabella dei dati del progetto TABULA sono raffigurati solo solai di questo tipo. Per l'epoca di costruzione, la tabella di TABULA mostra che: le pareti di tamponamento esterne sono realizzate a doppio paramento murario con intercapedine d'aria (a cassa vuota), per uno spessore complessivo di 30cm; le pareti divisorie interne tra unità immobiliari o verso la

scala sono realizzate con mattoni forati dello spessore di 25cm; gli infissi sono in legno e vetro singolo; gli impianti di riscaldamento e per acqua calda sanitaria sono autonomi per ciascuna unità immobiliare e installati in ambienti non climatizzati. La tabella di TABULA, riportata in *figura 15*, mostra anche un'indicazione delle prestazioni termiche per i valori di trasmittanza degli elementi. La modellazione degli elementi è stata condotta cercando di rispettare quei valori; sotto si riportano le immagini degli elementi modellati tramite software Namirial Termo alla versione 4.9 (ultima disponibile al momento della sperimentazione); nelle figure compaiono stratigrafie, spessori e prestazioni termiche. Alcuni componenti presentano problemi di condensa e non rispetto delle verifiche estive (massa superficiale), questo perché il software li analizza come elementi nuovi e non già esistenti; questi aspetti nel seguito non sono stati presi in considerazione in quanto avrebbero portato a soluzioni tecniche differenti per i vari scenari con conseguente impossibilità di confrontare gli stessi. La parte di descrizione della modellazione viene inserita nel capitolo dedicato, in quanto la procedura e la metodologia sono uniche e ripetibili.

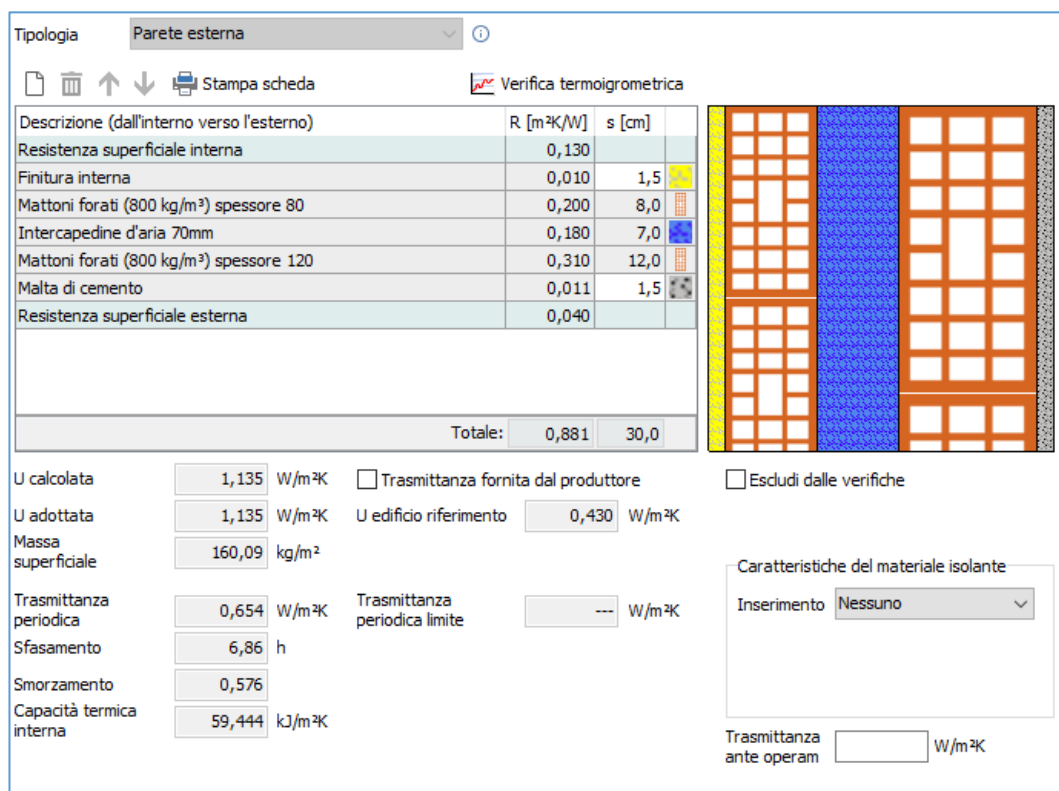


Figura 19 – Rappresentazione della stratigrafia della parete esterna di tamponamento anni '60 e sue prestazioni.  
Fonte: NAMIRIAL TERMO v.4.9.



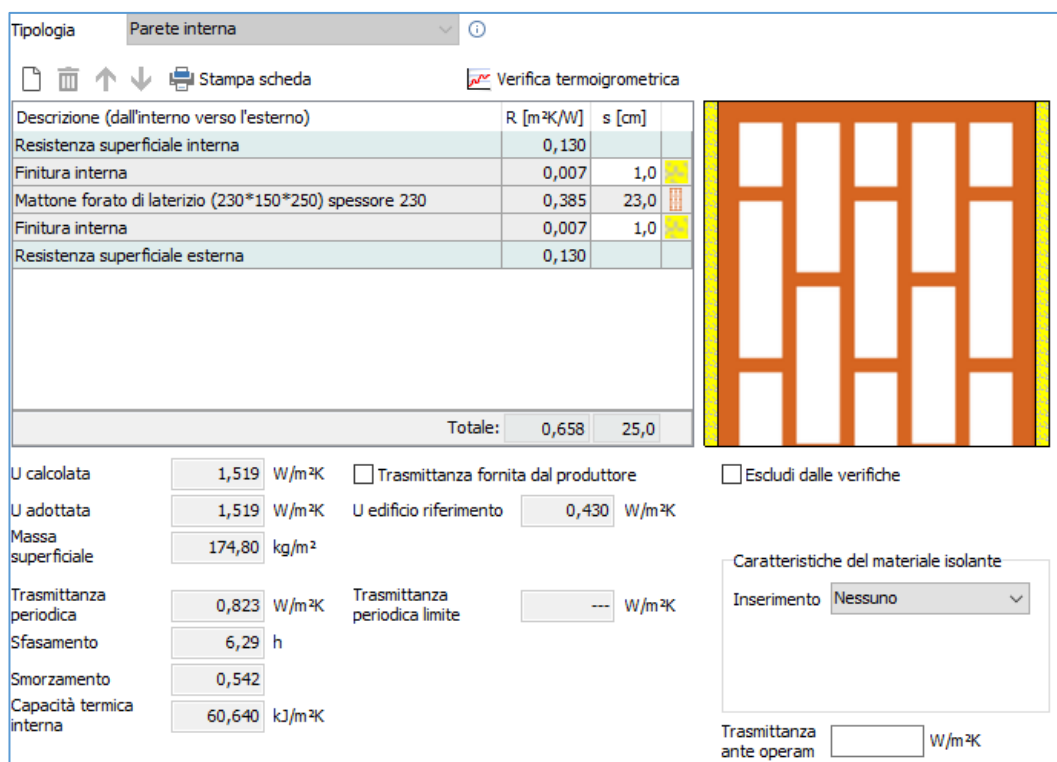


Figura 20 – Raffigurazione della stratigrafia della parete interna divisoria le unità immobiliari e verso la scala anni '60 e sue prestazioni. Fonte: NAMIRIAL TERMO v.4.9.

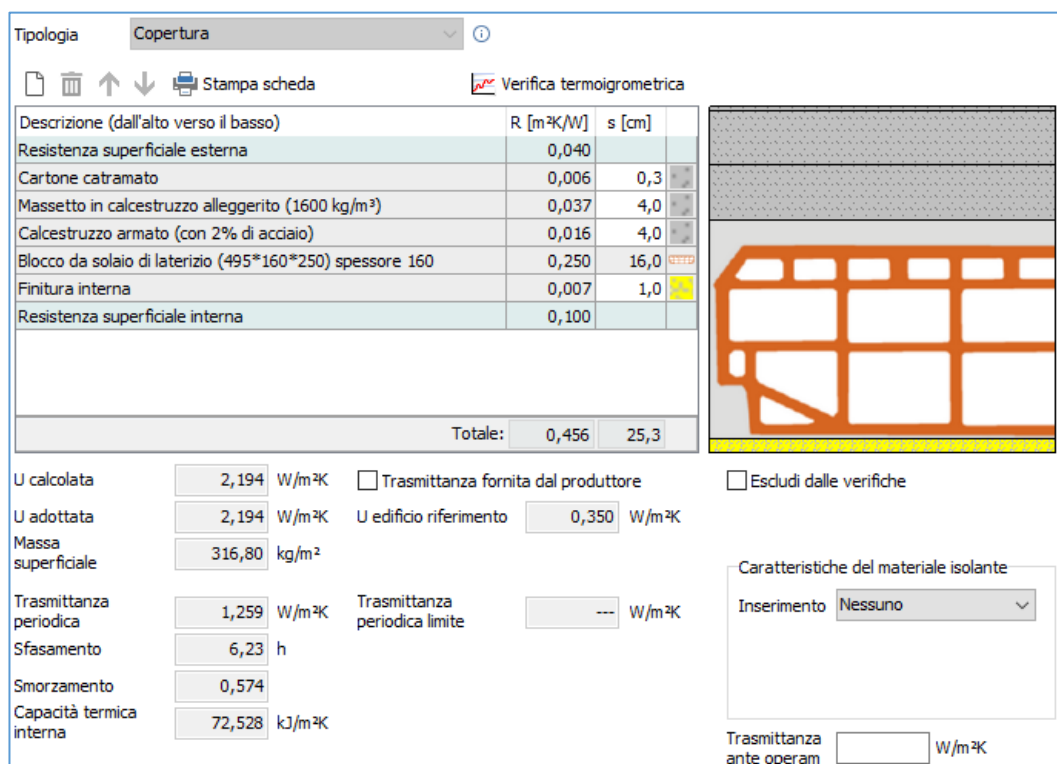


Figura 21 – Raffigurazione della stratigrafia del solaio di copertura piana anni '60 e sue prestazioni. Fonte: NAMIRIAL TERMO v.4.9.

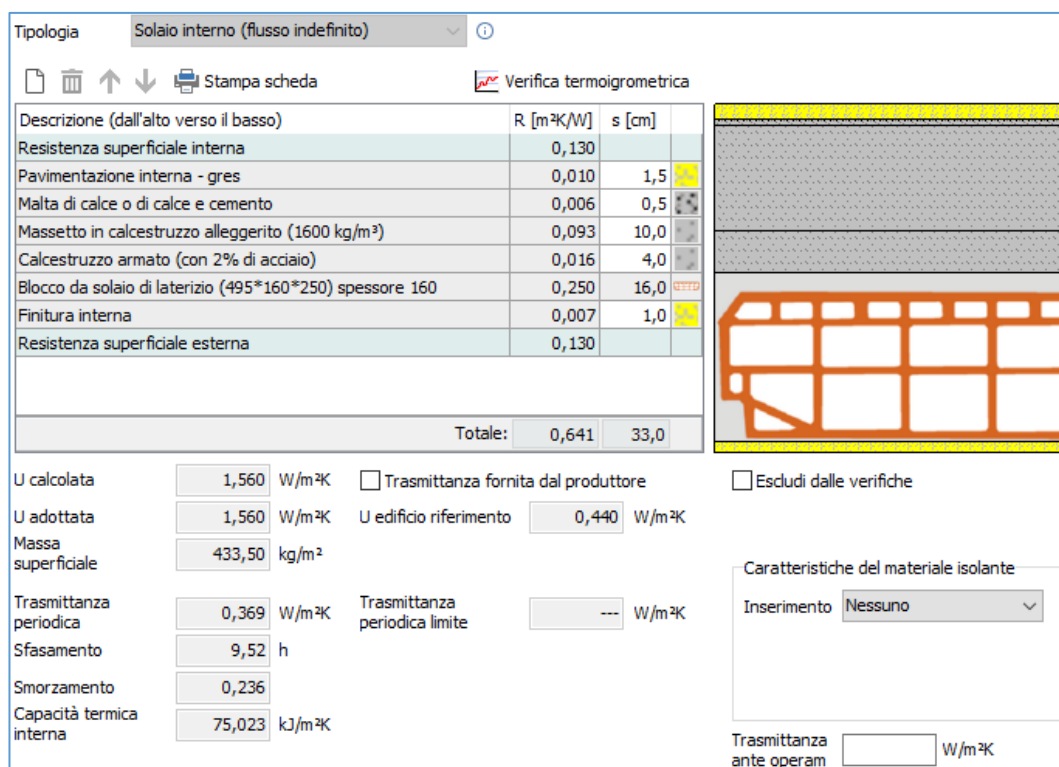


Figura 22 – Raffigurazione della stratigrafia del solaio interpiano anni '60 e sue prestazioni. Fonte: NAMIRIAL TERMO v.4.9.

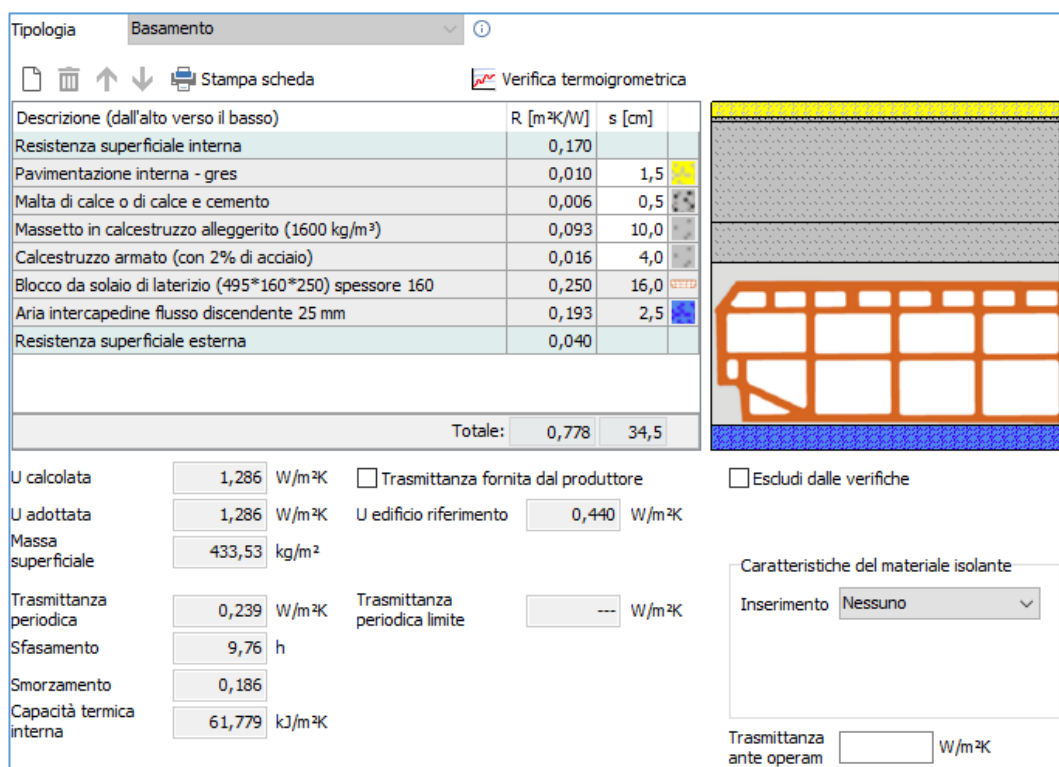


Figura 23 – Raffigurazione della stratigrafia del solaio basamento verso terra anni '60 e sue prestazioni. Fonte: NAMIRIAL TERMO v.4.9.

Si riporta un riepilogo di confronto tra le prestazioni suggerite nella tabella di TABULA e quelle modellate nel caso studio.

<b>Strutture verticali</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Trasmittanza suggerita da tabella TABULA (U) [W/m<sup>2</sup>K]</b>	<b>Trasmittanza modellata TERMO (U) [W/m<sup>2</sup>K]</b>
<i>Parete esterna di tamponamento</i>	1,15	1,135
<i>Parete interna divisoria U.I.</i>	1,52	1,519
<i>Parete interna verso scala</i>	1,52	1,519
<i>Finestre legno e vetro singolo</i>	4,9	4,9

Figura 24 – Riepilogo su confronto della trasmittanza tra TABULA e TERMO degli elementi verticali.

<b>Strutture orizzontali</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Trasmittanza suggerita da tabella TABULA (U) [W/m<sup>2</sup>K]</b>	<b>Trasmittanza modellata TERMO (U) [W/m<sup>2</sup>K]</b>
<i>Solaio copertura</i>	2,20	2,194
<i>Solaio interpiano</i>	1,50	1,560
<i>Solaio basamento</i>	1,30	1,286

Figura 25 – Riepilogo su confronto della trasmittanza tra TABULA e TERMO degli elementi orizzontali..

Per quanto riguarda gli impianti, essi sono installati esternamente in modo autonomo per ogni appartamento. La caldaia con bruciatore a metano funziona sia per acqua calda sanitaria sia per il riscaldamento e ha potenza di 24kW (con un extra che raggiunge i 28kW) e un rendimento di 0,869; mentre i corpi scaldanti sono radiatori interni (totali 5: 2 nell'open-space, 1 nella camera matrimoniale, 1 nella camera singola, 1 in bagno).

Il caso studio viene analizzato in diverse zone climatiche, pertanto si individuano diverse città con i relativi dati climatici. Si riporta una mappa della suddivisione del territorio italiano per zone climatiche e una satellitare per la localizzazione dei luoghi.

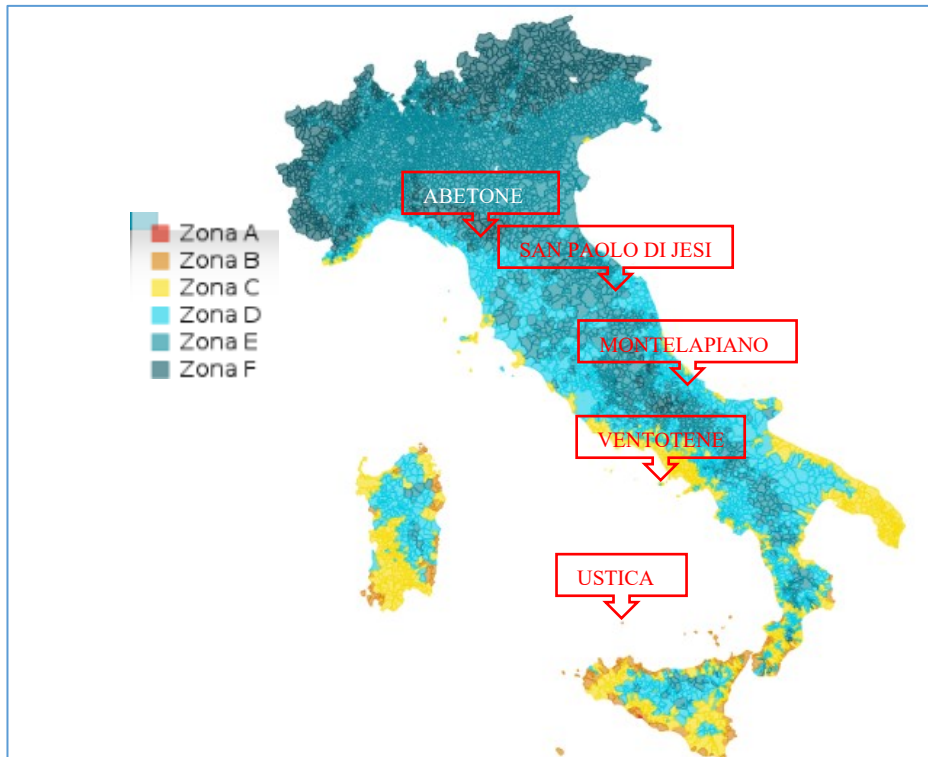


Figura 26 – Mappa raffigurante il territorio italiano suddiviso per Comuni e zone climatiche. Fonte: GEONUE [56] e D.P.R. n°412 del 26 agosto 1993 [5].



Figura 27 – Mappa raffigurante il territorio con la localizzazione geografica delle città prese in esame. Fonte: GOOGLE Maps immagini 2020.

Nei paragrafi sottostanti si riepilogano i dati di ogni zona climatica e città considerata.

### III.2.1.1 Zona Climatica “A+B”

Le zone climatiche A e B sono raggruppate in una singola zona climatica che ha le caratteristiche della B; questo perché solo pochi comuni sono all'interno della zona A e, quindi, ciò sarebbe stato poco significativo e poco rappresentativo della media statistica.

Come si può vedere da sopra, la città rappresentativa della zona A+B è Ustica in provincia di Palermo, che è all'interno della zona climatica B. I dati sono sotto riportati.

Dati località		Dati mensili	
Comune	Ustica		
Provincia	PA	Codice ISTAT	082075
		Codice catastale	L519
Regione	Sicilia		
Altitudine	49 m	Latitudine	38°42'42",48
		Longitudine	13°11'33",00
Gradi giorno	717 °C	Zona climatica	B
Zona di vento	2		
Temperatura esterna di progetto		Umidità relativa interna	
Invernale	4,8 °C	Invernale	50,0 %
Estiva	32,4 °C	Estiva	48,0 %
Zona geografica	Sicilia		
		Giorni di riscaldamento	121
Coefficiente di schermatura dal vento	Sito riparato (centro città)	Conduttività terreno	2,0 W/mK
Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione	290,5 W/m²		

Figura 28 – Dati climatici città Ustica (PA). Fonte: NAMIRIAL TERMO v.4.9.

### III.2.1.2 Zona Climatica “C”

La città rappresentativa della zona C è Ventotene in provincia di Latina. I dati sono sotto riportati.

Dati località		Dati mensili	
Comune	Ventotene		
Provincia	LT	Codice ISTAT	059033
		Codice catastale	L742
Regione	Lazio		
Altitudine	18 m	Latitudine	40°47'49".20
		Longitudine	13°25'55".56
Gradi giorno	1.107 °C	Zona climatica	C
Zona di vento	2		
Temperatura esterna di progetto		Umidità relativa interna	
Invernale	2,0 °C	Invernale	50,0 %
Estiva	32,4 °C	Estiva	48,0 %
Zona geografica	Italia Centrale e Meridionale		
		Giorni di riscaldamento	137
Coefficiente di schermatura dal vento	Sito riparato (centro città)	Conduktività terreno	2,0 W/mK
Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione	290,5 W/m <sup>2</sup>		

Figura 29 – Dati climatici città Ventotene (LT). Fonte: NAMIRIAL TERMO v.4.9.

### III.2.1.3 Zona Climatica “D”

La città rappresentativa della zona D è San Paolo di Jesi in provincia di Ancona. I dati sono sotto riportati.

Dati località		Dati mensili	
Comune	San Paolo di Jesi		
Provincia	AN	Codice ISTAT	042042
		Codice catastale	I071
Regione	Marche		
Altitudine	224 m	Latitudine	43°27'19".80
		Longitudine	13°10'25".32
Gradi giorno	1.962 °C	Zona climatica	D
Zona di vento	1		
Temperatura esterna di progetto		Umidità relativa interna	
Invernale	-1,4 °C	Invernale	50,0 %
Estiva	31,8 °C	Estiva	48,0 %
Zona geografica	Italia Centrale e Meridionale		
		Giorni di riscaldamento	166
Coefficiente di schermatura dal vento	Sito riparato (centro città)	Conduktività terreno	2,0 W/mK
Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione	290,5 W/m <sup>2</sup>		

Figura 30 – Dati climatici città San Paolo di Jesi (AN).. Fonte: NAMIRIAL TERMO v.4.9.

### III.2.1.4 Zona Climatica “E”

La città rappresentativa della zona E è Montelapiano in provincia di Chieti.

I dati sono sotto riportati.

Dati località		Dati mensili	
Comune	Montelapiano		
Provincia	CH	Codice ISTAT	069053
		Codice catastale	F535
Regione	Abruzzo		
Altitudine	740 m	Latitudine	41°57'44",28
		Longitudine	14°20'36",96
Gradi giorno	2.306 °C	Zona climatica	E
Zona di vento	2		
Temperatura esterna di progetto		Umidità relativa interna	
Invernale	-4,2 °C	Invernale	50,0 %
Estiva	27,7 °C	Estiva	48,0 %
Zona geografica	Italia Centrale e Meridionale		
Giorni di riscaldamento		183	
Coefficiente di schermatura dal vento	Sito riparato (centro città)	Conducibilità terreno	2,0 W/mK
Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione	290,5 W/m <sup>2</sup>		

Figura 31 – Dati climatici città Montelapiano (CH). Fonte: NAMIRIAL TERMO v.4.9.

### III.2.1.5 Zona Climatica “F”

La città rappresentativa della zona F è Abetone in provincia di Pistoia. I

dati sono sotto riportati.

Dati località		Dati mensili	
Comune	Abetone		
Provincia	PT	Codice ISTAT	047001
		Codice catastale	A012
Regione	Toscana		
Altitudine	1.388 m	Latitudine	44°08'46",32
		Longitudine	10°39'55",08
Gradi giorno	4.130 °C	Zona climatica	F
Zona di vento	3		
Temperatura esterna di progetto		Umidità relativa interna	
Invernale	-6,6 °C	Invernale	50,0 %
Estiva	25,0 °C	Estiva	48,0 %
Zona geografica	Italia Settentrionale Cispadana		
Giorni di riscaldamento		200	
Coefficiente di schermatura dal vento	Sito riparato (centro città)	Conducibilità terreno	2,0 W/mK
Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione	290,5 W/m <sup>2</sup>		

Figura 32 – Dati climatici città Abetone (PT). Fonte: NAMIRIAL TERMO v.4.9.

### *III.2.2 MISURE DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO*

In questo paragrafo si riportano gli elementi oggetto di intervento, come si è giunti alla loro definizione e le loro caratteristiche. Per quanto riguarda invece i livelli di efficientamento della prestazione dei componenti si fa riferimento al capitolo successivo.

Le misure di efficientamento energetico (EEM) sono individuate in seguito all'analisi della letteratura esistente; principalmente si sono individuati articoli che propongono di intervenire sull'involucro opaco e sugli impianti, affiancando anche la sostituzione degli infissi e l'inserimento dei pannelli solari fotovoltaici e/o termici; come si può leggere in Angelis et al., 2013 [30]. Corrado et al., 2016b [37] individua in totale 17 misure di efficientamento energetico (6 relative all'involucro e 11 relative ai sistemi di impianti).

In seguito ai suggerimenti rilevati, si è ragionato analizzando quali componenti sono significativi per le prestazioni energetiche di un edificio. Si sono individuate per prima cosa due macro-categorie: involucro e sistema impiantistico.

Per l'involucro si è pensato di indagare inizialmente questi elementi:

- Involucro opaco:
  - parete perimetrale esterna di tamponamento;
  - parete divisoria interna tra unità immobiliari adiacenti, quindi tra due ambienti riscaldati;
  - parete divisoria interna tra unità immobiliare interna e vano scala, quindi verso ambienti non riscaldati;
  - solaio basamento, quindi quello verso il terreno;
  - solaio interpiano, quindi separazione tra due unità immobiliari riscaldate;
  - solaio di copertura piana non praticabile verso l'esterno;
- Involucro trasparente:
  - finestre e vetrate;
  - schermature solari;
  - \*porta di ingresso esterna;
  - \*porta di ingresso alle unità immobiliari verso il vano scala.



\*Le porte di ingresso, in seguito a una sommaria valutazione riguardo alla loro superficie e numero, si è deciso di non prenderle in considerazione perché poco impattanti rispetto agli altri elementi.

Per il sistema impiantistico si è pensato di indagare questi fattori:

- impianto di produzione di acqua calda sanitaria;
- il sistema di accumulo per l'acqua calda sanitaria;
- l'impianto di riscaldamento;
- il sistema di distribuzione del circuito di riscaldamento;
- l'impianto solare termico;
- l'impianto solare fotovoltaico.

Non si considerano gli impianti seguenti, perché non si ritroverebbe riscontro tra il costo necessario all'implementazione e il beneficio in termini di prestazione:

- ventilazione meccanica controllata, perché da alcuni studi è emerso che risultano impattanti in termini di costi e non sempre il recupero di calore è sufficientemente utile per mantenere bassi i consumi;
- illuminazione, con sostituzione di luci a LED (Light Emitting Diode = diodo ad emissione luminosa), perché come si dirà in seguito negli edifici residenziali non vengono considerati i consumi di illuminazione e trasporto delle persone come gli ascensori;
- sollevamento persone, quali ascensori, montascale, montacarichi, perché non presenti nell'edificio, oltre a quanto detto al punto sopra;
- climatizzazione estiva, perché il software Namirial Termo non esegue un'analisi dinamica, come si dirà in seguito.

Di seguito è riportata una *figura 33* riassuntiva riguardo le misure di efficientamento considerate. Si possono osservare delle voci ripetute, come per i serramenti, le schermature solari e l'impianto di produzione di acqua calda sanitaria, perché, in funzione del livello di prestazione proposto, si ha un cambio di

elemento dovuto al materiale diverso o al tipo; questi fattori sono meglio spiegati nel capitolo relativo ai livelli prestazionali “III.2.3 – Livello di prestazione delle misure – “.

CODICE IDENTIFICATIVO ID ↓		EEM ↓			
ID ↓	Ordine ↓	Descrizione ↓			
INVOLUCRO	INVOLUCRO OPACO	PARETI	I.IO.PE.1.EPS →	1) Pareti esterne: Cappotto EPS	
			I.IO.PI.2.RCK →	2) Pareti vs. ambienti non climatizzati (scala): Controparete isolante con lana di roccia	
			I.IO.PI.3.RCK →	3) Pareti vs. ambienti climatizzati (altre U.I.): Controparete isolante con lana di roccia	
		SOLAI	I.IO.ST.1.EPS →	4) Solaio controterra/basamento: Isolamento pavimento interno con EPS	
			I.IO.SE.2.EPS →	5) Solaio copertura piana: Isolamento estradosso con EPS	
			I.IO.SI.3.EPS →	6) Solaio vs. ambienti climatizzati (altre U.I.): Isolamento pavimento interno con EPS	
		INVOLUCRO TRASPARENTE	SERRAMENTI	I.IT.F.1.PVC →	7) Serramenti (finestre esterne): Sostituzione serramenti PVC
				I.IT.F.2.AL →	7) Serramenti (finestre esterne): Sostituzione serramenti alluminio (AL)
			SCHERMATURE E INFISSI	I.IT.SH.1.TBI →	8) Schermature solari ai serramenti (E-S-O): Installazione tendaggi bianchi interni (TBI)
	I.IT.SH.2.VE →			8) Schermature solari ai serramenti (E-S-O): Installazione veneziane esterne (VE)	
	SISTEMA IMPIANTISTICO	PRODUZIONE, DISTRIBUZIONE E ACCUMULO	ACQUA CALDA SANITARIA	SI.P.ACS.1.CC →	10) Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione caldaia conden. centr. gas
				SI.P.ACS.2.PP →	10) Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione pompa di calore (PP)
				SI.A.ACS.1.B →	11) Impianto accumulo acq.c. san. (ACS): Installazione boyler 1000 litri (B)
			RISCALDAMENTO	SI.P.GRI.1.CC →	12) Impianto generatore riscaldamento (GRI): Installazione caldaia conden. centr. gas
				SI.P.DRI.1.RAD →	13) Impianto distribuzione riscaldam. (DRI): Installazione circuito e radiatori alluminio
IMP. SOLARI			TERMICO	SI.IS.ST →	14) Impianto solare termico (ST): Installazione pannelli solari termici
		FOTOVOLTAICO	SI.IS.PV →	15) Impianto solare fotovoltaico (PV): Installazione pannelli solari fotovoltaici	

Figura 33 – Tabella riassuntiva delle misure di efficienza energetica considerate.

Nei paragrafi sottostanti si esamina nel dettaglio il tipo di intervento, senza però fare riferimento ai livelli prestazionali e a quali scenari sono adottati per zona climatica, perché si rimanda ai due capitoli successivi. Per ognuno e per ogni materiale sono state indagate le prestazioni termiche di conducibilità termica  $\lambda$ , che è una misura dell'attitudine di una sostanza a trasmettere il calore. Tale grandezza è il rapporto, in condizioni stazionarie, fra il flusso di calore e il gradiente di temperatura che provoca il passaggio del calore per ogni unità di lunghezza (spessore) [W/mK], dipende solo dalla natura del materiale e non dalla sua forma. Dalla norma UNI 10351:2015 [57] sono indagati la conducibilità di progetto, ossia quella da inserire nei calcoli delle prestazioni, che non è quella dichiarata dai produttori dei materiali ottenute in condizioni standard di laboratorio e a determinate temperature, e la densità dei materiali. Successivamente, sono stati indagati i prezzi dei materiali tramite prezzario regionale di Emilia-Romagna e Marche e si è adottato per completezza e precisione nella definizione degli interventi quello dell'Emilia-Romagna. A titolo informativo, un prezzario regionale è ottenuto dalla collaborazione di diversi istituti, associazioni e imprese del campo delle costruzioni che, per ogni voce di lavorazione, attribuiscono un prezzo, ossia comprensivo di costi generali, margini, profitti, rischi, costi diretti e indiretti; alla fine ne calcolano un valore medio che riportano sul prezzario reso pubblico. Sotto si riportano delle figure che mostrano schematicamente la definizione del costo e del prezzo.

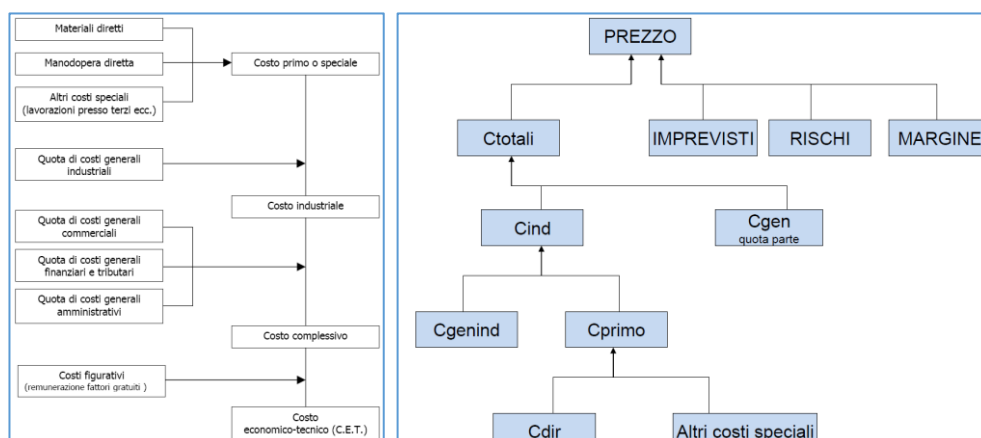


Figura 34 – Schema riepilogativo per la definizione del costo totale. Fonte: Slide corso “Project and Construction Management” UNIVPM

Figura 35 – Schema riepilogativo per la definizione del prezzo. Fonte: Slide corso “Project and Construction Management” UNIVPM

Al fine della definizione dei prezzi si hanno:

- costi diretti, che hanno un legame biunivoco fra la quantità di risorsa impiegata per unità di misura di una partizione di lavoro o di un prodotto ed il costo unitario dello stesso (esempio: le materie prime, i materiali, la manodopera, le attrezzature, le macchine, gli impianti per la produzione, noli utilizzati solo per una partizione del lavoro, le forniture, ecc...);
- costi indiretti, che non si conoscono, non si vogliono o non si possono attribuire direttamente agli oggetti di determinazione dei costi, si suddividono in:
  - costi indiretti di produzione (o joint costs) comuni a più prodotti o lavorazioni, come: imprevisti (esempio: rischio sulle quantità); spese di impianto e smobilizzo di cantiere; antinfortunistica; spese di gestione (esempio: utenze luce, acqua);
  - costi generali non industriali (o office overhead), che comprendono: costi indiretti di marketing e commerciali; costi indiretti di amministrazione, di direzione, tributari e finanziari.

All'interno dei prezzi regionali sono già comprese come valore medio finale tutte le precedenti voci di costo.

Ora si passa ad analizzare i singoli interventi.

### *III.2.2.1 Involucro Opaco*

In merito all'involucro opaco, si considerano questi elementi:

- 1) parete perimetrale esterna di tamponamento;
- 2) parete divisoria interna tra unità immobiliare interna e vano scala, quindi verso ambienti non riscaldati;
- 3) parete divisoria interna tra unità immobiliari adiacenti, quindi tra due ambienti riscaldati;
- 4) solaio basamento, quindi quello verso il terreno;

- 5) solaio interpiano, quindi separazione tra due unità immobiliari riscaldate;
- 6) solaio di copertura piana non praticabile verso l'esterno.

1) Parete esterna

Inizialmente sono stati analizzati vari sistemi di isolamento: cappotto esterno, insufflaggio in intercapedine, controparte interna. In seguito ad una rapida valutazione si è scelto di adottare il sistema a cappotto esterno per diversi motivi: maggior correzione dei ponti termici, assenza di elementi o facciate di pregio, tecnica consolidata e di facile realizzazione, non riduzione delle superfici calpestabili interne. L'intervento è pensato come segue:

- A) viene rimosso lo strato di finitura superficiale esterno tramite spicconatura e scalpellatura;
- B) successivamente viene ripulito il supporto murario e viene incollato l'isolante tramite malta e fissaggi meccanici;
- C) infine si esegue l'intonachino e la tinteggiatura.

In riferimento ai materiali per il sistema a cappotto, all'inizio sono stati considerati: fibre minerali di rocce feldspatiche in pannelli rigidi; polistirene espanso sinterizzato in lastre UNI 7891; polistirene espanso estruso senza pelle; poliuretano in lastre; pannelli in vetro cellulare.

MISURE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO = EEM	Conducibilità termica di progetto $\lambda_{\text{utile}}$ UNI 10351:2015 [W/mK]	Massa volumica $\rho$ UNI 10351:2015 [kg/m <sup>3</sup> ]	Costo unitario Cu [€/mq]	Note al costo unitario
<b>INVOLUCRO: pareti esterne</b>				
Isolamento esterno pareti verticali con:				
Fibre minerali di rocce feldspatiche : pannelli rigidi	0,037	125	58,43 € per sp.=4cm 3,94 € agg. €/cm maggiore	
Polistirene espanso sinterizzato in lastre, UNI 7891	0,040	25	48,95 € per sp.=3cm 2,06 € agg. €/cm maggiore	
Polistirene espanso estruso, senza pelle	0,034	50	52,46 € per sp.=3cm 2,45 € agg. €/cm maggiore	
Poliuretano in lastre	0,032	50	24,00 € per sp.=3cm 2,03 € agg. €/cm maggiore	
Pannelli in vetro cellulare espanso	0,055	130	43,59 € per sp.=4cm 8,88 € agg. €/cm maggiore	

Figura 36 – Riepilogo indagine materiali per la parete esterna.

In seguito ad analisi, si è scelto di utilizzare il polistirene espanso sinterizzato EPS, perché è quello tipicamente più utilizzato per i sistemi a cappotto, anche in seguito

ad una veloce analisi della letteratura, ha un adeguato rapporto costo/prestazione e si presta a diversi campi di applicazione, cosicché si ha un unico materiale per diversi interventi.

Scelto l'EPS si riporta la voce di lavorazione da prezzo.

A10.019	<b>ISOLAMENTO TERMICO A CAPPOTTO DI PARETE ESTERNA E/O INTERNA</b>			
	Isolamento termico a cappotto di pareti esterne già preparate, eseguito mediante pannelli rigidi di materiale isolante, completo di intonaco sottile armato con rete in fibra di vetro, escluso pittura o rivestimento di finitura da pagarsi a parte, realizzato con pannelli in:			
A10.019.010	polistirene espanso, rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017, ad alta resistenza meccanica autoestinguente euroclasse E, conduttività termica $\lambda$ 0,034 W/mK, resistenza a compressione > 300 kPa:			
A10.019.010.a	spessore 30 mm	mq	<b>48,95</b>	50
A10.019.010.b	sovrapprezzo per ogni cm in più di spessore	mq	<b>2,06</b>	4

Figura 37 – Estratto della voce di prezzo dell'Emilia-Romagna per la parte esterna.

## 2) Pareti verso scala

Come intervento si è pensato alla realizzazione di un sistema a controparte interna all'unità immobiliare, perché non si vuole ridurre la larghezza della scala di 1,20m a norma con la normativa sull'abbattimento delle barriere architettoniche e sull'antincendio (2 moduli di uscita). L'intervento è pensato come segue:

- A) non viene rimosso lo strato di finitura superficiale interno all'unità immobiliare per ridurre i costi e i tempi di realizzazione;
- B) successivamente viene ripulito il supporto e si installano i profili della sottostruttura metallica a "C" e/o a "U";
- C) si inserisce il materiale isolante tra la sottostruttura metallica;
- D) si applica il cartongesso e infine si raso con intonachino.

Sono indagati due materiali: fibre minerali di rocce feldspatiche e fibre minerali di vetro. Si attribuisce ad entrambi lo stesso costo in quanto quello specifico per fibre di roccia non è stato individuato nel prezzo; tale assunzione è plausibile in quanto i materiali hanno "natura" e caratteristiche simili.

MISURE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO = EEM	Conducibilità termica di progetto $\lambda_{eff}$ UNI 10351:2015 [W/mK]	Massa volumica $\rho$ UNI 10351:2015 [kg/m <sup>3</sup> ]	Costo unitario Cu [€/mq]	Note al costo unitario
<b>INVOLUCRO: pareti verso ambienti non climatizzati</b>				
<u>Isolamento controparete delle pareti verticali verso la scala con:</u>				
Fibre minerali di rocce feldspatiche : pannelli semirigidi	0,04	55	23,26 € per sp.=2cm 3,91 € agg. €/cm maggiore	
Fibre minerali di vetro : pannelli semirigidi	0,046	16	23,26 € per sp.=2cm 3,91 € agg. €/cm maggiore	

Figura 38 – Riepilogo indagine materiali per la parete interna di separazione dell'unità immobiliare dal vano scala non riscaldato.

In seguito ad una veloce valutazione, si è scelto di usare la fibra di roccia perché largamente conosciuto e diffuso in questo campo applicativo.

Scelto il materiale, si riporta la voce di prezzo di seguito (si ricorda che è riportata la voce per le fibre di vetro perché quella specifica per quella di roccia non è stata individuata, ciò comunque è accettabile).

A10.019	<b>ISOLAMENTO TERMICO A CAPPOTTO DI PARETE ESTERNA E/O INTERNA</b>			
	Isolamento termico a cappotto di pareti interne già preparate, eseguito mediante applicazione di lastre rigide di cartongesso, rispondenti ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017, delle dimensioni di 1200 x 3000 mm, spessore 12,5 mm, accoppiate con materiale isolante, senza barriera al vapore:			
A10.019.050	con lana di vetro trattata con resine termoindurenti conduttività termica $\lambda$ 0,032 W/mK:			
A10.019.050.a	spessore isolante 20 mm	mq	<b>23,26</b>	42
A10.019.050.b	sovrapprezzo per ogni cm in più di spessore	mq	<b>3,91</b>	2

Figura 39 – Estratto della voce di prezzo dell'Emilia-Romagna per la parte interna verso vano scala.

### 3) Parete tra due unità immobiliari

Per quanto riguarda le pareti divisorie interne tra due unità immobiliari, si adottano le stesse considerazioni viste sopra per la parete verso la scala. In questo specifico caso, però, l'intervento si esegue su entrambe le facce del paramento perché così vi è una riduzione equa delle superfici su entrambe le U.I.; per esempio se fosse richiesto uno spessore complessivo di 6cm isolante per il raggiungimento della prestazione, questo viene ripartito creando due controparti con ciascuna 3cm di isolamento. Ciò porta sicuramente a contare la superficie di applicazione due volte, ma lo spessore totale è ripartito su due facce.

Nel caso studio, per semplificare i calcoli, si è usato il costo sullo spessore totale e solo una faccia di applicazione, ma l'intervento reale avviene con l'applicazione su due facce rispettando il principio di equità.

Anche qui, sono indagati due materiali: fibre minerali di rocce feldspatiche e fibre minerali di vetro (si vedano considerazioni sopra circa la voce di costo).

MISURE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO = EEM	Conducibilità termica di progetto $\lambda_{\text{utile}}$ UNI 10351:2015 [W/mK]	Massa volumica $\rho$ UNI 10351:2015 [kg/m <sup>3</sup> ]	Costo unitario Cu [€/mq]	Note al costo unitario
<b>PARTIZIONI INTERNE: pareti divisorie U.I.</b>				
Isolamento con contropareti				
Fibre minerali di rocce feldspatiche : pannelli semirigidi	0,04	55	23,26 € € per sp.=2cm 3,91 € agg. €/cm maggiore	
Fibre minerali di vetro : pannelli semirigidi	0,046	16	23,26 € € per sp.=2cm 3,91 € agg. €/cm maggiore	

Figura 40 – Riepilogo indagine materiali per la parete interna di separazione tra due U.I.

A10.019	<b>ISOLAMENTO TERMICO A CAPPOTTO DI PARETE ESTERNA E/O INTERNA</b>				
	Isolamento termico a cappotto di pareti interne già preparate, eseguito mediante applicazione di lastre rigide di cartongesso, rispondenti ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017, delle dimensioni di 1200 x 3000 mm, spessore 12,5 mm, accoppiate con materiale isolante, senza barriera al vapore:				
A10.019.050	con lana di vetro trattata con resine termoindurenti conduttività termica $\lambda$ 0,032 W/mK:				
A10.019.050.a	spessore isolante 20 mm		mq	<b>23,26</b>	42
A10.019.050.b	sovrapprezzo per ogni cm in più di spessore		mq	<b>3,91</b>	2

Figura 41 – Estratto della voce di prezzo dell'Emilia-Romagna per la parte interna tra due U.I.

#### 4) Solaio di basamento verso il terreno (piano terra)

Tutte le strutture orizzontali sono interessate da interventi (basamento, interpiani, copertura).

Per questo solaio sono stati pensati due tipi di intervento: demolizione completa del solaio e rifacimento con adeguamento completo alla normativa (esempio: sollevamento di 30cm dalla terra o scavo; requisiti igrometrici e termici); demolizione della sola pavimentazione e inserimento di isolamento in estradosso con nuova pavimentazione.

La prima ipotesi è scartata perché molto invasiva e comporta un'analisi di fattibilità valutando il livello di fondazione e lo stato fondale, inoltre, comprende la demolizione delle pareti del piano terra. Il tutto ha costi elevati per la soluzione,



nonostante i costi comuni tra le soluzioni possono non essere presi in considerazione perché non apportano variazioni.

Si è scelto, pertanto, l'inserimento dell'isolamento in estradosso rimuovendo la vecchia pavimentazione fino al massetto degli impianti, ciò permette la sostituzione ed adeguamento di alcuni impianti di distribuzione.

Per questo intervento si sono analizzati gli stessi materiali visti in precedenza per le pareti, in questo caso facendo particolare attenzione al requisito di comprimibilità dello stesso. Si è scelto di adottare anche in questo caso il polistirene espanso EPS perché ha un prezzo molto basso e dotato di caratteristiche termiche e di comprimibilità adeguate. In questo modo si ha un solo materiale isolante per diversi tipi di elementi; ciò ha riscontri positivi per la gestione delle forniture e dell'organizzazione del cantiere, aspetti però non valutabili in questo elaborato. Inoltre, si prevede l'inserimento della barriera al vapore per tentare di correggere i problemi di condensa dello stato di fatto.

MISURE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO = EEM	Conducibilità termica di progetto $\lambda_{unite}$ UNI 10351:2015 [W/mK]	Massa volumica $\rho$ UNI 10351:2015 [kg/m <sup>3</sup> ]	Costo unitario Cu [€/mq]	Note al costo unitario
<b>INVOLUCRO: solaio controterra</b>				
Isolamento interno solaio controterra				
Fibre minerali di rocce feldspatiche : pannelli rigidi	0,037	125	40,61 € € per sp.=2cm 1,96 € agg. €/cm maggiore	
Polistirene espanso sinterizzato in lastre, UNI 7891	0,040	25	7,33 € € per sp.=3cm 1,70 € agg. €/cm maggiore	
Polistirene espanso estruso, senza pelle	0,034	50	7,75 € € per sp.=3cm 1,83 € agg. €/cm maggiore	
Poliuretano in lastre	0,032	50	24,00 € € per sp.=3cm 2,03 € agg. €/cm maggiore	
Pannelli in vetro cellulare espanso	0,055	130	43,59 € € per sp.=4cm 8,88 € agg. €/cm maggiore	

Figura 42 – Riepilogo indagine materiali per il solaio del piano terra di basamento verso il terreno.

Si riporta la voce di prezzario dell'Emilia-Romagna per la voce di isolamento del primo solaio con EPS.

A10.016	ISOLAMENTO TERMICO DEL PRIMO SOLAIO			
	Isolamento termico nell'estradosso del primo solaio, eseguito con materiale isolante fissato su piano di posa già preparato, realizzato con pannelli in:			
A10.016.010	polistirene espanso, rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017, ad alta resistenza meccanica, autoestinguento euroclasse E, conduttività termica $\lambda$ 0,033 W/mK, resistenza a compressione > 250 kPa:			
A10.016.010.a	spessore 30 mm	mq	7,33	26
A10.016.010.b	sovrapprezzo per ogni cm in più di spessore	mq	1,70	3

Figura 43 – Estratto della voce di prezzario dell'Emilia-Romagna per il primo solaio.

5) Solai interpiano (piano primo, piano secondo)

Tutte le strutture orizzontali sono interessate da interventi (basamento, interpiani, copertura).

Le considerazioni fatte sopra sono valide anche per questo solaio; non si prevede in questo caso l'inserimento della barriera al vapore.

Le tabelle sono identiche alle precedenti *figure 42 e 43*.

6) Solaio di copertura piana

Tutte le strutture orizzontali sono interessate da interventi (basamento, interpiani, copertura).

Le considerazioni fatte per il solaio di basamento sono valide anche per questo solaio. L'intervento pensato consiste nella demolizione e rimozione degli elementi fino alla soletta strutturale, per poi adeguare il massetto delle pendenze e inserire la barriera al vapore, l'isolante e la membrana impermeabile coperta da ghiaia di protezione. Non sono state condotte verifiche di natura strutturale per l'incremento del massetto delle pendenze e l'inserimento della ghiaia.

MISURE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO = EEM	Conducibilità termica di progetto $\lambda_{\text{utile}}$ UNI 10351:2015 [W/mK]	Massa volumica $\rho$ UNI 10351:2015 [kg/m <sup>3</sup> ]	Costo unitario Cu [€/mq]	Note al costo unitario
<b>INVOLUCRO: solaio copertura (o verso amb. non climatizzati)</b>				
Isolamento esterno solaio copertura con:				
Fibre minerali di rocce feldspatiche : pannelli rigidi	0,037	125	24,56 € per sp.=5cm 27,72 € per sp.=6cm 33,65 € per sp.=8cm 38,10 € per sp.=10cm 44,04 € per sp.=12cm 49,97 € per sp.=14cm 55,98 € per sp.=16cm 61,81 € per sp.=18cm 67,73 € per sp.=20cm	
Polistirene espanso sinterizzato in lastre, UNI 7891	0,040	25	8,34 € per sp.=3cm 2,03 € agg. €/cm maggiore	
Polistirene espanso estruso, senza pelle	0,034	50	8,70 € per sp.=3cm 1,83 € agg. €/cm maggiore	
Poliuretano in lastre	0,032	50	11,37 € per sp.=3cm 3,07 € agg. €/cm maggiore	
Pannelli in vetro cellulare espanso	0,055	130	43,59 € per sp.=4cm 8,88 € agg. €/cm maggiore	

Figura 44 – Riepilogo indagine materiali per il solaio di copertura piana..

A10.004	<b>ISOLAMENTO TERMICO DI COPERTURE PIANE</b>			
	Isolamento termico in estradosso di coperture piane a terrazzo, eseguito mediante pannelli rigidi di materiale isolante su piano di posa già preparato esclusa pavimentazione, escluso materiale di incollaggio ove previsto da pagarsi a parte, realizzato con:			
A10.004.055	polistirene espanso, rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi) di cui al DM Ministero dell'Ambiente 11/10/2017, ad alta resistenza meccanica, autoestinguento euroclasse E, conduttività termica $\lambda$ 0,034 W/mK, resistenza a compressione > 300 kPa:			
A10.004.055.a	spessore 30 mm	mq	<b>8,34</b>	23
A10.004.055.b	sovrapprezzo per ogni cm in più di spessore	mq	<b>2,03</b>	2

Figura 45 – Estratto della voce di prezzo dell'Emilia-Romagna per il solaio di copertura..

### III.2.2.2 Involucro Trasparente

In merito all'involucro trasparente, si considerano questi elementi:

- 1) serramenti esterni;
- 2) schermature solari ai serramenti.

#### 1) Serramenti esterni

L'intervento sui serramenti esterni è pensato rimuovendo i vecchi infissi e inserendone di nuovi; fino al livello 3 con finestre in PVC e per i due livelli 4 e 5 in alluminio. Sono analizzate le diverse dimensioni degli infissi, il loro quantitativo e caratteristiche. Il prezzo dell'Emilia-Romagna, infatti, individua i prezzi per singolo elemento suddividendo per materiale dell'infisso, dimensioni e prestazione; per quelle dimensioni non presenti nel prezzo si è proceduto facendo una interpolazione lineare con i prezzi relativi alla dimensione più prossima. Le prestazioni dell'infisso si raggiungono con l'impiego di vetri doppi con intercapedine d'aria o argon al 90%, in funzione della prestazione richiesta, e l'uso del trattamento basso emissivo in alcuni casi. In genere il telaio ha 5 camere e taglio termico.

MISURE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO = EEM			
	Area A [mq]	numero [n°]	Costo unitario Cu [€/cad]
<b>INVOLUCRO: finestre</b>			
Sostituzione finestre			
PVC Uw=1,2			
280*210 (2 ANTE)	5,880	2	1.686,42 € €/cad.
80*140 (1 ANTA)	1,120	2	469,71 € €/cad.
120*140 (2 ANTE)	1,680	4	616,00 € €/cad.
70*140 (1 ANTA)	0,980	2	411,00 € €/cad.
PVC Uw=1,6			
280*210 (2 ANTE)	5,880	2	1.533,97 € €/cad.
80*140 (1 ANTA)	1,120	2	460,57 € €/cad.
120*140 (2 ANTE)	1,680	4	602,00 € €/cad.
70*140 (1 ANTA)	0,980	2	403,00 € €/cad.
PVC Uw=2,2			
280*210 (2 ANTE)	5,880	2	1.395,31 € €/cad.
80*140 (1 ANTA)	1,120	2	451,61 € €/cad.
120*140 (2 ANTE)	1,680	4	588,32 € €/cad.
70*140 (1 ANTA)	0,980	2	395,16 € €/cad.
ALLUMINIO Uw=1,2			
280*210 (2 ANTE)	5,880	2	2.367,86 € €/cad.
80*140 (1 ANTA)	1,120	2	627,74 € €/cad.
120*140 (2 ANTE)	1,680	4	798,75 € €/cad.
70*140 (1 ANTA)	0,980	2	549,27 € €/cad.
ALLUMINIO Uw=1,6			
280*210 (2 ANTE)	5,880	2	2.329,05 € €/cad.
80*140 (1 ANTA)	1,120	2	620,34 € €/cad.
120*140 (2 ANTE)	1,680	4	787,66 € €/cad.
70*140 (1 ANTA)	0,980	2	542,80 € €/cad.
ALLUMINIO Uw=2,2			
280*210 (2 ANTE)	5,880	2	2.212,62 € €/cad.
80*140 (1 ANTA)	1,120	2	598,17 € €/cad.
120*140 (2 ANTE)	1,680	4	754,40 € €/cad.
70*140 (1 ANTA)	0,980	2	523,40 € €/cad.

Figura 46 – Riepilogo indagine serramenti in PVC e AL.

Di seguito sono riportate le figure che riprendono le voci di prezzo per gli infissi in PVC e AL, separate per prestazione e dimensioni geometriche. Nell'immagine soprastante sono individuate le prestazioni delle finestre anche per  $U_w=2,2W/m^2K$ . Nel prezzo non sono presenti infissi così definiti, pertanto per questi si è eseguita l'interpolazione di cui si accennava per ricavarsi i prezzi.

A18.031	<b>INFISSI IN PVC</b>		
	Serramento realizzato con profili estrusi di pvc prodotti secondo la norma DIN 7748, esenti da cadmio, autoestinguenti, classe 1 di reazione al fuoco, a 5 camere rinforzati con profili in acciaio zincato spessore 15/10, guarnizioni in TPE coestruse e saldate negli angoli, completo di controtelaio, esclusa la posa dello stesso, compresi maniglie, cerniere, meccanismi di manovra, dispositivi di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento e vetrocamera con canalina a bordo caldo, permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua classe E 750 secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3/B3 secondo la norma UNI 12210:		
A18.031.010	vetrocamera 44.1-16-33.1 bassoemissivo con gas argon, Uw = 1,2 W/mqK, Ug = 1,1 W/mqK, Uf = 1,2 W/mqK, Rw = 40 dB:		
A18.031.010.a	finestra a 1 anta, a telaio fisso, 70 x 140 cm (0,98 mq)	cad	<b>327,00</b>
A18.031.010.b	finestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 140 cm (1,68 mq)	cad	<b>452,00</b>
A18.031.010.c	portafinestra a 1 anta, a telaio fisso, 70 x 240 cm (1,68 mq)	cad	<b>458,00</b>
A18.031.010.d	portafinestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 240 cm (2,88 mq)	cad	<b>658,00</b>
A18.031.010.e	finestra a 1 anta, oscillobattente (anta-ribalta), 70 x 140 cm (0,98 mq)	cad	<b>411,00</b>
A18.031.010.f	finestra a 2 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 120 x 140 cm (1,68 mq)	cad	<b>616,00</b>
A18.031.010.g	finestra a 2 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 180 x 140 cm (2,52 cmq)	cad	<b>767,00</b>
A18.031.010.h	portafinestra a 1 anta, oscillobattente (anta-ribalta), 70 x 240 cm (1,68 mq)	cad	<b>563,00</b>
A18.031.010.i	portafinestra a 2 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 120 x 240 cm (2,88 mq)	cad	<b>861,00</b>
A18.031.010.j	portafinestra a 3 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 180 x 240 cm (4,32 mq)	cad	<b>1.127,00</b>

Figura 47 – Estratto della voce di prezzo dell'Emilia-Romagna le finestre in PVC Uw=1,2W/mqK..

A18.031	<b>INFISSI IN PVC</b>		
	Serramento realizzato con profili estrusi di pvc prodotti secondo la norma DIN 7748, esenti da cadmio, autoestinguenti, classe 1 di reazione al fuoco, a 5 camere rinforzati con profili in acciaio zincato spessore 15/10, guarnizioni in TPE coestruse e saldate negli angoli, completo di controtelaio, esclusa la posa dello stesso, compresi maniglie, cerniere, meccanismi di manovra, dispositivi di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento e vetrocamera con canalina a bordo caldo, permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua classe E 750 secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3/B3 secondo la norma UNI 12210:		
A18.031.020	vetrocamera 44.1-16-33.1 bassoemissivo, Uw = 1,6 W/mqK, Ug = 1,4 W/mqK, Uf = 1,2 W/mqK, Rw = 40 dB:		
A18.031.020.a	finestra a 1 anta, a telaio fisso, 70 x 140 cm (0,98 mq)	cad	<b>318,00</b>
A18.031.020.b	finestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 140 cm (1,68 mq)	cad	<b>435,00</b>
A18.031.020.c	portafinestra a 1 anta, a telaio fisso, 70 x 240 cm (1,68 mq)	cad	<b>441,00</b>
A18.031.020.d	portafinestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 240 cm (2,88 mq)	cad	<b>628,00</b>
A18.031.020.e	finestra a 1 anta, oscillobattente (anta-ribalta), 70 x 140 cm (0,98 mq)	cad	<b>403,00</b>
A18.031.020.f	finestra a 2 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 120 x 140 cm (1,68 mq)	cad	<b>602,00</b>
A18.031.020.g	finestra a 2 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 180 x 140 cm (2,52 cmq)	cad	<b>746,00</b>
A18.031.020.h	portafinestra a 1 anta, oscillobattente (anta-ribalta), 70 x 240 cm (1,68 mq)	cad	<b>549,00</b>
A18.031.020.i	portafinestra a 2 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 120 x 240 cm (2,88 mq)	cad	<b>837,00</b>
A18.031.020.j	portafinestra a 3 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 180 x 240 cm (4,32 mq)	cad	<b>1.239,00</b>

Figura 48 – Estratto della voce di prezzo dell'Emilia-Romagna le finestre in PVC Uw=1,6W/mqK..

A17.031	<b>FINESTRE E PORTEFINESTRE MONOBLOCCO IN ALLUMINIO</b>		
	Serramento monoblocco realizzato con profili estrusi di alluminio verniciato bianco RAL 9010, spessore 50 µ, a taglio termico e giunto aperto, completo di cassonetto coibentato in alluminio preverniciato, schermo in pvc peso minimo 4,5 kg/mq, comando dello schermo con cintino, controtelaio metallico esclusa la posa dello stesso, compresi maniglie, cerniere, meccanismi di manovra, dispositivi di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento, guarnizioni in EPDM o neoprene, vetrocamera, permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua 9A secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3 secondo la norma UNI 12210:		
A17.031.010	vetrocamera 8-12-44.1 bassoemissivo con gas argon, Uw = 1,2 W/mqK, Ug = 1,0 W/mqK, Uf = 0,9 W/mqK, Rw = 40 dB:		
A17.031.010.a	finestra a 1 anta, a telaio fisso, 70 x 140 cm (0,98 mq)	cad	<b>364,60</b>
A17.031.010.b	finestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 140 cm (1,68 mq)	cad	<b>553,60</b>
A17.031.010.c	portafinestra a 1 anta, a telaio fisso, 70 x 240 cm (1,68 mq)	cad	<b>553,60</b>
A17.031.010.d	portafinestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 240 cm (2,88 mq)	cad	<b>877,60</b>
A17.031.010.e	finestra a 1 anta, a battente, 70 x 140 cm (0,98 mq)	cad	<b>449,27</b>
A17.031.010.f	finestra a 2 ante, a battente, 120 x 140 cm (1,68 mq)	cad	<b>698,75</b>
A17.031.010.g	finestra a 2 ante, a battente, 180 x 140 cm (2,52 cmq)	cad	<b>998,13</b>
A17.031.010.h	portafinestra 1 anta, a battente, 70 x 240 cm (1,68 mq)	cad	<b>698,75</b>
A17.031.010.i	portafinestra 2 ante, a battente, 120 x 240 cm (2,88 mq)	cad	<b>1.126,43</b>
A17.031.010.j	portafinestra 3 ante, a battente, 180 x 240 cm (4,32 mq)	cad	<b>1.639,65</b>
A17.031.010.k	finestra a 1 anta, oscillobattente (anta-ribalta), 70 x 140 cm (0,98 mq)	cad	<b>549,27</b>
A17.031.010.l	finestra a 2 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 120 x 140 cm (1,68 mq)	cad	<b>798,75</b>
A17.031.010.m	finestra a 2 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 180 x 140 cm (2,52 cmq)	cad	<b>1.098,13</b>
A17.031.010.n	portafinestra a 1 anta, oscillobattente (anta-ribalta), 70 x 240 cm (1,68 mq)	cad	<b>798,75</b>
A17.031.010.o	portafinestra a 2 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 120 x 240 cm (2,88 mq)	cad	<b>1.226,43</b>
A17.031.010.p	portafinestra a 3 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 180 x 240 cm (4,32 mq)	cad	<b>1.739,65</b>
A17.031.010.q	finestra a 1 anta, a bilico orizzontale, 80 x 80 cm (0,64 mq)	cad	<b>328,10</b>

Figura 49 – Estratto della voce di prezzo dell'Emilia-Romagna le finestre in AL Uw=1,2W/mqK..

A17.031	<b>FINESTRE E PORTEFINESTRE MONOBLOCCO IN ALLUMINIO</b>		
	Serramento monoblocco realizzato con profili estrusi di alluminio verniciato bianco RAL 9010, spessore 50 µ, a taglio termico e giunto aperto, completo di cassonetto coibentato in alluminio preverniciato, schermo in pvc peso minimo 4,5 kg/mq, comando dello schermo con cintino, controtelaio metallico esclusa la posa dello stesso, compresi maniglie, cerniere, meccanismi di manovra, dispositivi di sicurezza contro le false manovre e quant'altro necessario per il funzionamento, guarnizioni in EPDM o neoprene, vetrocamera, permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207, tenuta all'acqua 9A secondo la norma UNI 12208, resistenza al vento C3 secondo la norma UNI 12210:		
A17.031.020	vetrocamera 8-12-44.1 bassoemissivo con gas argon, Uw = 1,6 W/mqK, Ug = 1,0 W/mqK, Uf = 2,0 W/mqK, Rw = 40 dB:		
A17.031.020.a	finestra a 1 anta, a telaio fisso, 70 x 140 cm (0,98 mq)	cad	<b>359,70</b>
A17.031.020.b	finestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 140 cm (1,68 mq)	cad	<b>545,20</b>
A17.031.020.c	portafinestra a 1 anta, a telaio fisso, 70 x 240 cm (1,68 mq)	cad	<b>545,20</b>
A17.031.020.d	portafinestra a 2 ante, a telaio fisso, 120 x 240 cm (2,88 mq)	cad	<b>863,20</b>
A17.031.020.e	finestra a 1 anta, a battente, 70 x 140 cm (0,98 mq)	cad	<b>442,80</b>
A17.031.020.f	finestra a 2 ante, a battente, 120 x 140 cm (1,68 mq)	cad	<b>687,66</b>
A17.031.020.g	finestra a 2 ante, a battente, 180 x 140 cm (2,52 cmq)	cad	<b>981,50</b>
A17.031.020.h	portafinestra 1 anta, a battente, 70 x 240 cm (1,68 mq)	cad	<b>687,66</b>
A17.031.020.i	portafinestra 2 ante, a battente, 120 x 240 cm (2,88 mq)	cad	<b>1.107,42</b>
A17.031.020.j	portafinestra 3 ante, a battente, 180 x 240 cm (4,32 mq)	cad	<b>1.611,14</b>
A17.031.020.k	finestra a 1 anta, oscillobattente (anta-ribalta), 70 x 140 cm (0,98 mq)	cad	<b>542,80</b>
A17.031.020.l	finestra a 2 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 120 x 140 cm (1,68 mq)	cad	<b>787,66</b>
A17.031.020.m	finestra a 2 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 180 x 140 cm (2,52 cmq)	cad	<b>1.081,50</b>
A17.031.020.n	portafinestra a 1 anta, oscillobattente (anta-ribalta), 70 x 240 cm (1,68 mq)	cad	<b>787,66</b>
A17.031.020.o	portafinestra a 2 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 120 x 240 cm (2,88 mq)	cad	<b>1.207,42</b>
A17.031.020.p	portafinestra a 3 ante, oscillobattente (anta-ribalta), 180 x 240 cm (4,32 mq)	cad	<b>1.711,14</b>
A17.031.020.q	finestra a 1 anta, a bilico orizzontale, 80 x 80 cm (0,64 mq)	cad	<b>323,87</b>

Figura 50 - Estratto della voce di prezzo dell'Emilia-Romagna le finestre in ALUw=1,6W/mqK..

## 2) Schermature solari ai serramenti

Per le schermature solari si è pensato di suddividere la misura in due tipologie: uso di tendaggi bianchi pesanti interni; uso di tendaggi alla veneziana esterni. Questo è fatto perché, da un punto di vista teorico, posizionare l'elemento schermante all'esterno intercetta prima la radiazione luminosa e riduce così il fenomeno di surriscaldamento dovuto al "fenomeno effetto serra" che si potrebbe creare se inserito all'interno. Sono così ipotizzate queste due tipologie caratterizzate soprattutto da una installazione differente, da materiali e da prezzi diversi. Si riporta di seguito la figura di riepilogo delle misure con i costi unitari di 51,31€/m<sup>2</sup> e 22,00€/m<sup>2</sup>, rispettivamente per la veneziana e per la tenda interna.

	Area A [mq]	numero [n°]		Costo [€]
<b>INVOLUCRO: schermature</b>				
<u>Sistema schermature solari</u>				
tendaggi alla veneziana esterni				51,31 €
280*210 (2 ANTE)	5,880	6		1.810,22 €
80*140 (1 ANTA)	1,120	6		344,80 €
120*140 (2ANTE)	1,680	12		1.034,41 €
70*140 (1 ANTA)	0,980	6		301,70 €
Tendaggi bianchi interni				22,00 €
280*210 (2 ANTE)	5,880	6		776,16 €
80*140 (1 ANTA)	1,120	6		147,84 €
120*140 (2ANTE)	1,680	12		443,52 €
70*140 (1 ANTA)	0,980	6		129,36 €

Figura 51 – Riepilogo indagine schermature solari ai serramenti..

Nonostante sia riportato il calcolo per tutte le finestre, questo tipo di misura di efficientamento energetico è pensato esclusivamente per le finestre poste a Sud (portafinestra 280cm\*210cm, per tre livelli, quindi un totale di sei) e per quelle poste ad Est e a Ovest (finestra 80cm\*140cm, per tre livelli, quindi un totale di sei). Le schermature non sono applicate alle finestre poste a Nord perché, sebbene siano misure pensate per evitare il surriscaldamento estivo, in estate quando sorge il sole a nord-est (ore 5-7) e tramonta a nord-ovest (ore 17-19) l'inclinazione dei raggi è bassa (circa 27°). Queste considerazioni sono mostrate nelle due immagini seguenti, che riportano il diagramma solare e l'altezza del sole per le diverse ore e diversi periodi stagionali della città più a Sud considerata tra i casi studio (Ustica (PA)); fonte sito ENEA [58].

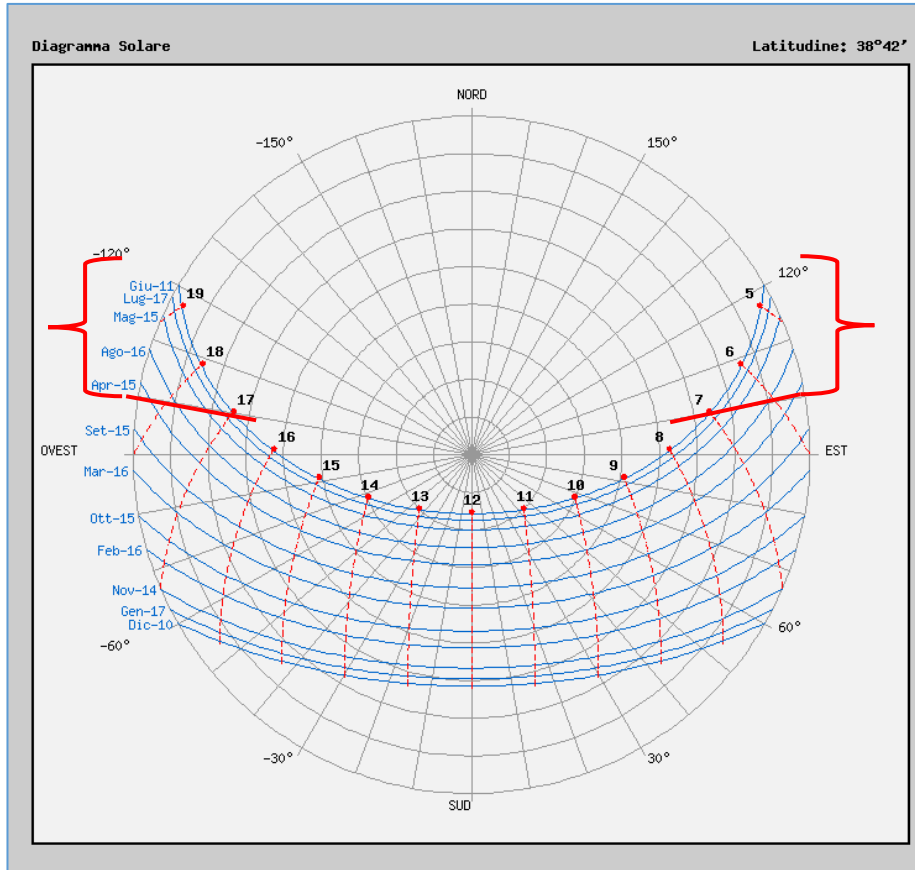


Figura 52 – Diagramma solare polare della località di Ustica (PA). Fonte: ENEA.

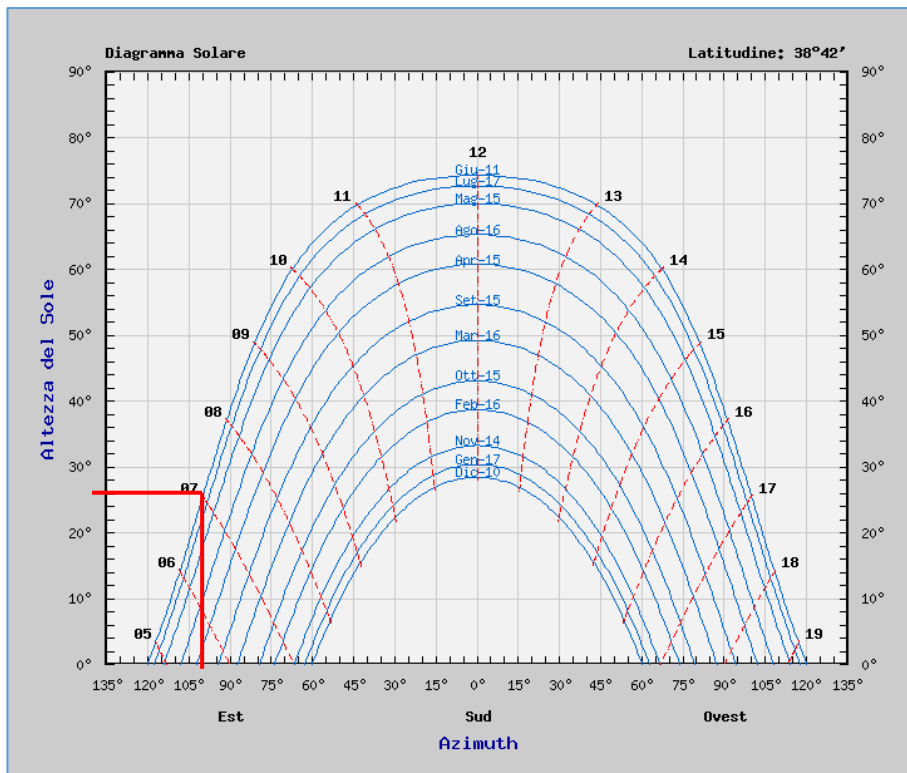


Figura 53 – Diagramma solare cartesiano azimuth della località di Ustica (PA). Fonte: ENEA.



Per quanto riguarda i prezzi delle due misure, si sono indagati diversi prezzari regionali e solo per i tendaggi alla veneziana è stata trovata la lavorazione nel prezzario della regione Marche. Per i tendaggi bianchi sono stati indagati diversi produttori e fornitori su internet, trovando un valore medio di 22,00€/m<sup>2</sup>. Si riporta la voce di prezzario di seguito.

1875	10.01.008	Tende alla veneziana. Tende alla veneziana composte da lamelle flessibili di cm 5, profilate a sagoma, in lega di alluminio verniciato a smalto, fornite e poste in opera. Sono compresi: il cassonetto; i nastri cordoncini di manovra; i congegni per il sollevamento e orientamento; tutti i lavori di muratura occorrenti. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita.	m <sup>2</sup>	51,31	0,79
------	-----------	--	----------------	-------	------

Figura 54 – Estratto della voce di prezzario delle Marche per le tende alla veneziana.

A completamento del discorso sulle schermature, sebbene non si considerino una misura di efficientamento, ci sono gli aggetti dei balconi profondi 1m sul lato Sud dell'edificio, anch'essi contribuiscono a ridurre il surriscaldamento estivo mediante l'ombreggiamento di porzioni di parete sottostante e finestre.

### III.2.2.3 Impianto Acqua Calda Sanitaria ACS

Per quanto riguarda la sezione impiantistica, sono presi i dati usati in un lavoro di tesi immediatamente precedente a questo e a questo legato.

Si prevede la sostituzione degli impianti autonomi con un impianto centralizzato. L'impianto di Acqua Calda Sanitaria nel suo insieme è composto da tre sottosistemi, ognuno con associato un rendimento; questi rendimenti moltiplicati fra loro permettono di ottenere il rendimento totale dell'impianto. Si hanno quindi:

- 1) Impianto di generazione: caldaia a gas (fino al livello di prestazione della misura n°3); pompa di calore (per i livelli di prestazione della misura n°4 e 5);
- 2) Accumulo;
- 3) Sistema di distribuzione.

- 1) ACS: Impianto di generazione

L'impianto è costituito da macchinari per produrre energia termica, quali caldaia a gas a condensazione e pompa di calore; non installate in simultanea ma

singolarmente in base ai livelli di prestazione delle misure, affiancati da collettore solare termico:

- Caldaia a gas a condensazione ad alta potenza. Potenza termica 112,30 kW, con rendimento termico al massimo regime del 93,0 %;
- Pompa di calore ad alta efficienza, reversibile per installazione esterna, con pompa standard o con accumulo e pompa standard. Alimentazione trifase. La potenza è di circa 46kW, di seguito sono riportati i dati tecnici della singola pompa di calore.

COP		Temperatura di pozzo caldo	
		35°C	45°C
Temperatura della sorgente fredda	2,0°C	2,95	2,50
	7,0°C	3,64	3,19
	12,0°C	4,05	3,46
	15,0°C	4,41	3,62
	20,0°C	4,77	4,02
	35,0°C	4,77	4,02

POTENZA [kW]		Temperatura di pozzo caldo	
		35°C	45°C
Temperatura della sorgente fredda	2,0°C	36,12	34,29
	7,0°C	46,87	44,90
	12,0°C	52,35	49,53
	15,0°C	55,29	52,01
	20,0°C	60,92	56,53
	35,0°C	60,92	56,53

Figura 55 – Riepilogo dati tecnici pompa di calore ACS.

- Collettore solare termico è della tipologia a sottovuoto con assorbitore piano, viene installato con inclinazione di 60°, orientato verso sud e con superficie captante variabile in base al livello di prestazione (da circa 23,5m<sup>2</sup> fino a circa 70 m<sup>2</sup>).

Si riportano le voci di prezzario per caldaia, pompa di calore e collettore.

### Caldaia a gas 120 kW

Voce lavorazione	Unità	Quantità	Costo relativo(€/Unit)	Costo totale (€)
Centrale termica a gas metano per riscaldamento ambientale, in locale proprio separato da altri locali con murature resistenti al fuoco di almeno 120 minuti primi, con accesso da aree a cielo libero, avente l'aerazione prescritta dalla circolare del Ministero dell'Interno 25 novembre 1969, n. 68, per potenze utili da 30 a 350 kW costituita da generatore di calore per acqua calda fino a 100 °C, rendimento termico utile minimo alla potenza nominale non inferiore al valore di 84 + 2 log (in percentuale) della potenza nominale, bruciatore monostadio a gas metano completo di rampa gas a norma UNI 8042 munito di dispositivo automatico di sicurezza totale, approvato dal Ministero dell'Interno, che interrompa il flusso del gas qualora, per qualsiasi motivo, venga a spegnersi la fiamma, filtro e stabilizzatore di pressione per non superare la pressione di 3946,6 Pa (400 mm di c.d.a.). Tubazione di adduzione del gas in acciaio zincato (tipo Mannesmann) dal contatore al bruciatore corredato di valvola di intercettazione di emergenza interna ed esterna alla centrale termica,	cad	1	3.339,41	3.339,41

<p>in prossimità dell'accesso alla stessa, attraversamento di eventuali murature con controcanna metallica chiusa all'interno del locale ed aperta verso l'esterno, raccordo fumi coibentato con punto di prelievo dei prodotti della combustione sul condotto tra la cassa dei fumi del generatore ed il camino (con dimensioni e caratteristiche secondo la norma UNI 9615-Dicembre 1990). Per l'inserimento di sonde per la determinazione del rendimento di combustione e della composizione dei gas di scarico, accessori di regolazione e sicurezza composti da pressostato di blocco, indicatore di pressione, tubo ammortizzatore, rubinetto porta manometro, termostato ad immersione regolabile, valvola di scarico termico, imbuto di scarico, termometro, pozzetto per applicazione di termometro di controllo, separatore d'aria, termoidrometro, valvola di sicurezza a membrana tarata ISPESL, valvola miscelatrice a quattro vie, flussostato, vaso di espansione a membrana collaudato ISPESL, valvola automatica di riempimento, gruppo termoregolatore pilotato da sonda termometrica di rilevamento della temperatura esterna che consenta la regolazione della temperatura ambiente su due livelli sigillabili nell'arco delle ventiquattro ore, elettropompa anticondensa, tubazioni in acciaio nero FM per collegamento dell'elettropompa anticondensa e dei collettori di mandata e di ritorno. Rivestimento delle tubazioni con materiale isolante a norma di legge, n. 2 elettropompe (di cui una di riserva) per la circolazione dell'acqua, tubazione di by-pass contro la chiusura totale delle valvole termostatiche sui corpi scaldanti, valvole ed accessori necessari alla corretta installazione e funzionamento, temperatura di mandata di progetto 75 °C, temperatura di ritorno di progetto 65 °C, impianto elettrico interno alla centrale termica realizzato nel rispetto della norma CEI 64-2 Appendice B del tipo AD-FT nella zona classificata C3Z2 ed impianto ADFE1 nella zona classificata C3Z1 (zona a ventilazione impedita che si estende dal soffitto fino a 0,5 m al di sotto della quota minima dell'apertura di aerazione), interruttore elettrico onnipolare di emergenza da posizionare all'esterno della centrale in prossimità dell'accesso alla stessa, apparecchiature, condutture, ecc.</p> <p>Nella zona C3Z2 con grado di protezione IP40, nella zona C3Z1 con grado di protezione IP44, cavi non propaganti l'incendio secondo norma CEI 20-22, collegamento elettrico dei bruciatori all'impianto con condutture metalliche flessibili grado di protezione IP40, quadro di distribuzione protetto da portello che assicuri un grado di protezione almeno pari a IP40. L'impianto con potenza complessiva superiore a 100 kW, qualora utilizzi acqua con durezza superiore ai 30° francesi, dovrà essere dotato di sistemi di trattamento dell'acqua rispondente a quanto previsto dalla norma UNI 8065. Sono comprese altresì tutte le opere murarie per il basamento dei generatori di calore, per lo staffaggio ed il fissaggio delle tubazioni l'assistenza muraria per l'impianto elettrico, la fornitura e posa in opera di almeno un estintore portatile di «tipo approvato» per fuochi delle classi «A», «B» e «C» con capacità estinguente non inferiore a «34A- 233B-C».</p> <p>La centrale termica è valutata con una quota fissa più una quota aggiuntiva in funzione del tipo di generatore e della potenza utile espressa in kW:</p>				
<p>quota aggiuntiva per caldaia in acciaio</p>	<i>kWh</i>	120	47,63	5.715,56
				<b>Tot. 9.054,86€</b>

Figura 56 – Estratto della voce di prezzario per la caldaia a gas a condensazione.

### **Pompa di calore 46 kw**

<b>Voce lavorazione</b>	<b>Unità</b>	<b>Quantità</b>	<b>Costo relativo(€/Unit)</b>	<b>Costo totale (€)</b>
Fornitura e posa in opera di pompa di calore dotata di due compressori scroll ermetici, regolazione elettronica con tecnica DDC, dispositivo per collegamento a PC, regolazione mediante microcomputer in funzione della temperatura esterna. Potenza termica pompa di calore fino a: 45,6 KW. Potenza assorbita: 11,9 KW	cad	1	25.815,42	25.815,42
			<b>Tot.</b>	<b>25.815,42€</b>

Figura 57 – Estratto della voce di prezzo per la pompa di calore (3 pompe di calore, ognuna da circa 40kW per raggiungere il fabbisogno di circa 120kW).

### **Impianto solare termico 23,5 m<sup>2</sup> (ai vari livelli si ha: 23,5m<sup>2</sup>, 35 m<sup>2</sup>, 50 m<sup>2</sup>, 60 m<sup>2</sup>, 70 m<sup>2</sup>) \*Si riporta solo la voce da 23,5 m<sup>2</sup>**

<b>Voce lavorazione</b>	<b>Unità</b>	<b>Quantità</b>	<b>Costo relativo(€/Unit)</b>	<b>Costo totale (€)</b>
Collettore solare piano certificato EN12975 di dimensioni esterne varie, colori standard scuro, superficie trattata superficialmente, piastra captante in rame e/o altre leghe similari, vetro solare temperato antiriflesso resistente alla grandine e agli agenti atmosferici, completo di telaio di contenimento e vasca di alloggiamento, dotato di attacchi e/o elementi fissanti, con possibilità di variazione inclinazione di posa. Compreso il trasporto e la fornitura al piano di lavoro, nonché tutte le movimentazioni varie nell'ambito di cantiere. Completo di ogni elemento di fissaggio quali bulloni, viteria, staffe, tiranti, piccole opere di complemento. Compreso il trasporto in quota e l'assistenza muraria. Esclusa la realizzazione della rete distributiva, da computarsi a parte.	m <sup>2</sup>	23,5	1.213,19	28.509,97
			<b>Tot.</b>	<b>28.509,97€</b>

Figura 58 – Estratto della voce di prezzo per l'impianto solare termico (\*Si riporta solo il calcolo per la quantità di 23,5m<sup>2</sup>).

#### 2) ACS: Accumulo

Il sottosistema di accumulo (solo ACS) è costituito da un boyler di circa 1000 litri, di cui 108 litri di backup e 902 litri effettivi. Il boyler è un termo-accumulatore di 1000 litri di acqua calda sanitaria con un serpentino per la produzione di acqua calda sanitaria e due scambiatori. Ha una coibentazione in fibra di poliestere ad elevato isolamento termico con dispersione termica di

2,49W/K e un rivestimento esterno in PVC, il tutto permette di mantenere una temperatura media di accumulo di circa 50°C. Sotto viene riportata la figura della voce di prezzo.

### **Boiler 1000 l**

<b>Voce lavorazione</b>	<b>Unità</b>	<b>Quantità</b>	<b>Costo relativo(€/Unit)</b>	<b>Costo totale (€)</b>
<i>Boiler ad asse verticale o orizzontale con serpentino di scambio estraibile e flangia per ispezione, compresi i sostegni, le valvole di ritegno e sicurezza, le saracinesche sulle tubazioni ed il rubinetto di scarico: accumulo acqua calda fino litri 1.000</i>	<i>cad</i>	<i>1</i>	2.835,35	2.835,35
			<b>Tot.</b>	<b>2.835,35€</b>

Figura 59 – Estratto della voce di prezzo per il boiler di accumulo dell'ACS.

### 3) ACS: Distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da un circuito di tubazioni e canalizzazioni isolate a norma di legge installato a pavimento, per quanto riguarda la distribuzione finale di zona, mentre per la distribuzione portante si ha l'installazione nelle pareti interne. Il rendimento di distribuzione per l'ACS è 92,59%.

#### *III.2.2.4 Impianto Centrale Elettrica*

Per quanto riguarda la sezione impiantistica, sono presi i dati usati in un lavoro di tesi immediatamente precedente a questo e a questo legato.

Per quanto riguarda l'impianto di produzione di energia elettrica, le normative attuali impongono che vi sia una produzione di energia da fonti rinnovabili nel sito o nelle immediate vicinanze, come individuato dalla direttiva EPBD Recast [18]. Per quanto riguarda l'oggetto di questa tesi, sono individuate diverse misure di efficientamento a cui si legano diversi livelli prestazionali; pertanto, come si dice nel paragrafo dedicato, sebbene ci sia produzione rinnovabile non sempre sarà in quantitativo adeguato a coprire elevati standard.

L'impianto fotovoltaico è composto da un modulo fotovoltaico a struttura rigida con 96 celle al silicio monocristallino di forma quadrata; avente tensione a vuoto 69,5 V, efficienza del modulo del 22,7%, tensione massima di sistema 1000 V, potenza di picco 370 Wp e dimensioni 1956 x 992x 40 mm. I pannelli solari

fotovoltaici sfruttano il principio chimico che trasforma i fotoni incidenti della radiazione luminosa solare in elettricità, pertanto una migliore ottimizzazione di inclinazione e orientazione permette di avere rese superiori; si installano con una inclinazione di 60° e orientazione verso Sud.

In base al livello prestazionale della misura si sceglie di installare diverse quantità di celle, corrispondenti a una diversa superficie e potenza di picco: 23,5m<sup>2</sup> →3,525kWp; 35m<sup>2</sup> →5,250kWp; 50m<sup>2</sup> →7,500kWp; 60m<sup>2</sup> →9,000kWp; 70m<sup>2</sup> →10,500kWp.

Di seguito si riporta la voce di lavorazione del prezzario.

**Pannelli fotovoltaici 3,525** \*Si riporta solo la voce da 3,525kWp

<i>Voce lavorazione</i>	<i>Unità</i>	<i>Quantità</i>	<i>Costo relativo(€/Unit)</i>	<i>Costo totale (€)</i>
<p><i>Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino di forma quadrata o pseudoquadrata, efficienza &gt; 13%, tensione massima di sistema 1000 V, garanzia di prestazione 90% in 10 anni e dell'80% in 25 anni, compreso di sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile. Sono altresì compresi idonei cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato. Il modulo deve essere certificato da organismo indipendente che ne attesti la conformità alle norme IEC 61215 e IEC 61646.</li> <li>- Inverter bidirezionale, di taglia e caratteristiche adatte alle dimensioni dell'impianto, connessione in rete DC/AC realizzata con trasformatore toroidale in uscita, filtri e controllore di isolamento. L'apparecchio dovrà essere dotato del dispositivo di distacco automatico della rete, conforme alla Direttiva ENEL DK 5940, display a cristalli liquidi, interfaccia seriale, contenitore con grado di protezione IP 65, conforme alla norma CEI 11-20;</li> <li>- Quadro di parallelo inverter comprensivo di interruttore di manovra sezionatore tipo rotativo con blocco porta, tensione nominale 1000 V, protezione magnetotermica, sezionatore di campo, analizzatore di rete, dispositivo di interfaccia, misuratore di energia elettrica, gruppo scaricatori di sovratensione;</li> <li>- oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie (permessi comunali, richieste incentivo - Conto Energia), domanda di connessione presso gestore energia elettrica;</li> </ul>	<i>kWp</i>	<i>3,525</i>	<i>3.799,57</i>	<i>13.393,48</i>

<p><i>Sono comprensive nel prezzo tutte le dichiarazioni attestanti:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- conformità ai sensi del decreto 37/08, art. 1, lettera "a"</li> <li>- verifiche effettuate sull'impianto eseguito e il relativo esito;</li> <li>- certificati di conformità dei moduli fotovoltaici alle norme CEI EN 61215 oppure CEI EN 61646;</li> <li>- manuale di uso e manutenzione;</li> <li>- numeri di matricola dei moduli fotovoltaici e degli inverter;</li> <li>- fotografie nel n. richiesto per l'ottenimento delle tariffe incentivanti;</li> <li>- garanzie relative alle apparecchiature installate;</li> <li>- eventuali garanzie sulle prestazioni di funzionamento;</li> <li>- disegni As-Built allegati alle certificazioni e conformi alle richieste AEEG per l'ottenimento delle tariffe incentivanti. Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie.</li> </ul>				
				<b>Tot. 13.393,48€</b>

Figura 60 – Estratto della voce di prezzo per l'impianto solare fotovoltaico da 5,525kWp (\*si riporta solo questo valore).

### III.2.2.5 Impianto Riscaldamento

Per quanto riguarda la sezione impiantistica, sono presi i dati usati in un lavoro di tesi immediatamente precedente a questo e a questo legato.

Si prevede la sostituzione degli impianti autonomi con un impianto centralizzato. Anche per l'impianto di riscaldamento si hanno diversi sottosistemi, ciascuno con un proprio rendimento, che se moltiplicati tra loro permettono di calcolare il rendimento totale dell'impianto. Per l'impianto di riscaldamento si hanno:

- 1) RISC.: Impianto di generazione;
- 2) RISC.: Accumulo;
- 3) RISC.: Distribuzione;
- 4) RISC.: Regolazione;
- 5) RISC.: Emissione.

- 1) RISC.: Impianto di generazione

Questo sottosistema è costituito da macchine per produrre energia termica; nello specifico si adotta come misura di efficientamento una caldaia da 24kW affiancato da un collettore solare termico (lo stesso individuato sopra per l'impianto di ACS). La caldaia compatta a gas a condensazione con bollitore solare integrato

ha potenza termica 24,30kW, con rendimento termico al massimo regime del 92,4%. Il collettore solare termico è della tipologia a sottovuoto con assorbitore piano, viene installato con inclinazione di 60°, orientato verso sud e con superficie captante variabile in base al livello di prestazione (da circa 23,5m<sup>2</sup> fino a circa 70 m<sup>2</sup>). Di seguito, si riporta l'estratto della voce di prezzo per la sola caldaia da 24kW, in quanto per il collettore solare è già stata riportata e contata sopra (vedi ACS: Impianto di generazione).

***Caldaia a gas 24 kW***

<b><i>Voce lavorazione</i></b>	<b><i>Unità</i></b>	<b><i>Quantità</i></b>	<b><i>Costo relativo(€/Unit)</i></b>	<b><i>Costo totale (€)</i></b>
<p><b>Centrale termica a gas metano</b> per riscaldamento ambientale, in locale proprio separato da altri locali con murature resistenti al fuoco di almeno 120 minuti primi, con accesso da aree a cielo libero, avente l'aerazione prescritta dalla circolare del Ministero dell'Interno 25 novembre 1969, n. 68, per potenze utili da 30 a 350 kW costituita da generatore di calore per acqua calda fino a 100 °C, rendimento termico utile minimo alla potenza nominale non inferiore al valore di 84 + 2 log (in percentuale) della potenza nominale, bruciatore monostadio a gas metano completo di rampa gas a norma UNI 8042 munito di dispositivo automatico di sicurezza totale, approvato dal Ministero dell'Interno, che interrompa il flusso del gas qualora, per qualsiasi motivo, venga a spegnersi la fiamma, filtro e stabilizzatore di pressione per non superare la pressione di 3946,6 Pa (400 mm di c.d.a.). Tubazione di adduzione del gas in acciaio zincato (tipo Mannesmann) dal contatore al bruciatore corredato di valvola di intercettazione di emergenza interna ed esterna alla centrale termica, in prossimità dell'accesso alla stessa, attraversamento di eventuali murature con controcanna metallica chiusa all'interno del locale ed aperta verso l'esterno, raccordo fumi coibentato con punto di prelievo dei prodotti della combustione sul condotto tra la cassa dei fumi del generatore ed il camino (con dimensioni e caratteristiche secondo la norma UNI 9615-Dicembre 1990). Per l'inserimento di sonde per la determinazione del rendimento di combustione e della composizione dei gas di scarico, accessori di regolazione e sicurezza composti da pressostato di blocco, indicatore di pressione, tubo ammortizzatore, rubinetto portamanometro, termostato ad immersione regolabile, valvola di scarico termico, imbuto di scarico, termometro, pozzetto per applicazione</p>	<i>cad</i>	<i>1</i>	<i>3.339,41</i>	<i>3.339,41</i>



di termometro di controllo, separatore d'aria, termoidrometro, valvola di sicurezza a membrana tarata ISPESL, valvola miscelatrice a quattro vie, flussostato, vaso di espansione a membrana collaudato ISPESL, valvola automatica di riempimento, gruppo termoregolatore pilotato da sonda termometrica di rilevamento della temperatura esterna che consenta la regolazione della temperatura ambiente su due livelli sigillabili nell'arco delle ventiquattro ore, elettropompa anticondensa, tubazioni in acciaio nero FM per collegamento dell'elettropompa anticondensa e dei collettori di mandata e di ritorno.

Rivestimento delle tubazioni con materiale isolante a norma di legge, n. 2 elettropompe (di cui una di riserva) per la circolazione dell'acqua, tubazione di by-pass contro la chiusura totale delle valvole termostatiche sui corpi scaldanti, valvole ed accessori necessari alla corretta installazione e funzionamento, temperatura di mandata di progetto 75 °C, temperatura di ritorno di progetto 65 °C, impianto elettrico interno alla centrale termica realizzato nel rispetto della norma CEI 64-2 Appendice B del tipo AD-FT nella zona classificata C3Z2 ed impianto ADFE1 nella zona classificata C3Z1 (zona a ventilazione impedita che si estende dal soffitto fino a 0,5 m al di sotto della quota minima dell'apertura di aerazione), interruttore elettrico onnipolare di emergenza da posizionare all'esterno della centrale in prossimità dell'accesso alla stessa, apparecchiature, condutture, ecc.

Nella zona C3Z2 con grado di protezione IP40, nella zona C3Z1 con grado di protezione IP44, cavi non propaganti l'incendio secondo norma CEI 20-22, collegamento elettrico dei bruciatori all'impianto con condutture metalliche flessibili grado di protezione IP40, quadro di distribuzione protetto da portello che assicuri un grado di protezione almeno pari a IP40. L'impianto con potenza complessiva superiore a 100 kW, qualora utilizzi acqua con durezza superiore ai 30° francesi, dovrà essere dotato di sistemi di trattamento dell'acqua rispondente a quanto previsto dalla norma UNI 8065. Sono comprese altresì tutte le opere murarie per il basamento dei generatori di calore, per lo staffaggio ed il fissaggio delle tubazioni l'assistenza muraria per l'impianto elettrico, la fornitura e posa in opera di almeno un estintore portatile di «tipo approvato» per fuochi delle classi «A», «B» e «C» con capacità estinguente non inferiore a «34A- 233B-C».

La centrale termica è valutata con una quota fissa più una quota aggiuntiva in

funzione del tipo di generatore e della potenza utile espressa in kW:				
quota aggiuntiva per caldaia in acciaio	kWh	24	47,73	1.190,72
			<b>Tot.</b>	<b>4.530,13€</b>

Figura 61 – Estratto della voce di prezzo per la caldaia a gas a condensazione per il riscaldamento.

## 2) RISC: Accumulo

Il sottosistema di accumulo serve per stipare l'energia termica; nel caso della caldaia per il riscaldamento il boiler è integrato all'interno della caldaia stessa.

## 3) RISC: Distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da tubazioni e canalizzazioni; isolate a norma di legge e installate a pavimento e, per le condotte principali/montanti, a parete interna. La temperatura di mandata e ritorno di progetto del fluido termovettore (acqua) sono fissate a 70°C-55°C e 35°C-30°C. Si riportano i dati tecnici relativi alla distribuzione e alla regolazione.

The screenshot shows a software interface for configuring a heating system. The main menu at the top includes: Involucro, Impianto, Ventilazione, Riscaldamento, Acqua calda sanitaria, Centrali elettriche, and Gruppi di trasporto. The 'Riscaldamento' section is active.

**Sottosistema di emissione:**

- Distribuzione centrale: Primaria
- Altezza netta dei locali: fino a 4 m
- Tipo di terminali: Radiatori su parete interna
- Rendimento di emissione: 96,0 %
- Potenza ausiliari: 0,0 W
- Unità con arresto del ventilatore al raggiungimento della temperatura prefissata
- Numero unità terminali: 5
- Potenza termica unitaria: W
- Calcolata

**Sottosistema di regolazione:**

- Tipo di regolazione: Zona + climatica
- Caratteristiche: On off
- Impianto di riscaldamento: Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti
- Rendimento di regolazione: 96,0 %

**Sottosistema di distribuzione:**

- Fluido termovettore: Acqua
- Distribuzione acqua:
  - Metodo di calcolo delle temperature di mandata e di ritorno: Temperatura di mandata costante e portata variabile
  - Temperatura mandata di progetto: 70,0 °C
  - Temperatura ritorno di progetto: 55,0 °C
  - Metodo di calcolo delle perdite di distribuzione: UNI/TS 11300-2 - Prospetti 21/22/23 - Semplificato
  - Rendimento di distribuzione: 94,48 %
  - Potenza ausiliari: W
  - Unità con arresto della pompa alla fermata del generatore durante il tempo di attivazione

Figura 62 – Riepilogo dati tecnici del sottosistema di distribuzione e di regolazione. Fonte: Namirial TERMO.

Il rendimento di distribuzione è 94,48% al piano terra e 99,08% ai piani superiori.

#### 4) RISC: Regolazione

Il sottosistema di regolazione è molto importante perché permette di gestire i flussi e le portate del fluido termovettore (acqua). Per la regolazione si hanno:

- Cronotermostato di zona con funzionamento ON/OFF.
- Cronotermostato di zona dotato di sonda climatica con attuatori che proporzionalmente al variare di 0.5°C (differenza rispetto alla temperatura di set-point) determinano la portata del fluido termovettore e l'energia da cedere all'ambiente.
- Termostato ambientale che permette al generatore di regolare la produzione di calore in funzione della temperatura esterna.

Il rendimento di regolazione si attesta a 96%.

#### 5) RISC: Emissione

Il sottosistema di emissione è costituito dagli elementi terminali per la cessione dell'energia agli ambienti da riscaldare o raffrescare (in questo lavoro non sono stati previsti impianti raffrescanti, il raffrescamento avviene con la ventilazione naturale). Il sistema è composto da radiatori in alluminio installati su parete interna per un totale di 5 terminali (1 per camera da letto matrimoniale, 1 per camera da letto singola, 1 per bagno, 2 per open-space soggiorno e cucina). Come si può osservare dalla *figura 62* si ha un rendimento di emissione del 96%.

Si è pensato alla misura di efficientamento energetico installando questi 5 terminali in ognuno dei 6 appartamenti in modo tale da permettere l'adeguamento del sistema alla normativa attuale; ciò è permesso anche perché a livello di solaio si prevede la demolizione fino al massetto degli impianti esistenti come visto in precedenza. Si riporta di seguito la voce di prezzo.

#### ***Impianto di riscaldamento a radiatori***

<b><i>Voce lavorazione</i></b>	<b><i>Unità</i></b>	<b><i>Quantità</i></b>	<b><i>Costo relativo(€/Unit)</i></b>	<b><i>Costo totale (€)</i></b>
<i>Circuito di riscaldamento a radiatori, esclusa la centrale termica stessa, per appartamento di media grandezza (100 m<sup>2</sup>) dimensionato a norma di legge, per garantire la temperatura interna di 20 °C + 2 °C di tolleranza, costituito con corpi scaldanti a radiazione (emissione termica nominale certificata secondo norma</i>	<i>cad</i>	6	2.520,31	15.121,86

<p>UNI 6514) fissati in genere sulle pareti sottofinestra e dotati di valvole termostatiche, detentori a squadra a doppio regolaggio e valvoline sfogo aria manuali, collettore complanare semplice o componibile in bronzo completo di cassetta con telaio in lamiera verniciata per alloggiamento del collettore stesso all'interno dell'alloggio, tubazioni in rame diametro minimo interno 10 mm rivestite singolarmente con materiale isolante di spessore secondo legge 10/91 e l'art. 5 del DPR 26 agosto 1993, n. 412 (minimo pari a 13 mm conduttività termica = 0,030 W/m°C). Sistema di termoregolazione con programmatore sigillabile che consenta la regolazione della temperatura degli ambienti sul valore di 20 °C + 2 °C di tolleranza in condizioni di regime e di 16 °C + 2 °C di tolleranza in condizioni di eventuale attenuazione notturna, temperatura di mandata di progetto 75 °C, temperatura di ritorno di progetto 65 °C predisposizione per l'inserimento di sistemi di contabilizzazione differenziata dei consumi per singolo circuito.</p> <p>Sono comprese: le opere murarie come l'apertura e la chiusura di tracce in laterizi forati o murature leggere, il ripristino dell'intonaco e la rasatura e quanto altro occorra all'installazione dell'intero circuito di riscaldamento esclusa la tinteggiatura.</p> <p>Sono escluse: le tracce su solette o muri portanti, le tubazioni di adduzione gas ed acqua, la canna fumaria singola o collettiva ramificata. L'impianto è valutato con una quota fissa per ciascuna caldaia più una quota aggiuntiva in funzione del tipo di corpo scaldante, espressa in volume riscaldato al netto delle strutture murarie (pilastri, muri, tramezzi ecc.): quota fissa per ogni circuito con termoregolazione</p>				
<p>quota aggiuntiva per radiatori in alluminio</p>	<p>m<sup>3</sup></p>	<p>16,25</p>	<p>1.543,47</p>	<p>25.081,39</p>
<b>Tot.</b>				<p><b>40.203,25€</b></p>

Figura 63 – Estratto della voce di prezzo per il sistema di distribuzione del riscaldamento.

### III.2.3 LIVELLO DI PRESTAZIONE DELLE MISURE

All'interno di questo paragrafo si vogliono individuare i livelli di prestazione target ("obiettivo") da raggiungere per ogni misura di efficientamento energetico. Invece, il livello della singola misura di efficientamento energetico viene riepilogato nel paragrafo seguente in cui si individuano i vari scenari per ciascuna zona climatica.

Si sono scelti 5 livelli di prestazione energetica, nello specifico:

- per l'involucro opaco = 5 livelli;
- per le finestre = 5 livelli;
- per gli impianti di generazione ACS = 2 livelli;
- per l'accumulo ACS = 1 livello;
- per l'impianto di generazione e distribuzione RISC. = 1 livello;
- per l'impianto solare termico e solare fotovoltaico = 5 livelli.

In particolare, è stata indagata approfonditamente la definizione dei livelli di prestazione di tutto ciò che riguarda l'involucro opaco e trasparente. Sono state indagate le normative vigenti e lo stato dell'arte; nello specifico, si è scelto di adottare per il livello 3 di prestazione i valori limite dell'edificio di riferimento 2015 del Decreto "requisiti minimi" [25] e per il livello 4 i valori limite dell'edificio del 2021. Si riportano le figure degli estratti del Decreto.

1. Nel presente paragrafo si riportano i valori dei parametri caratteristici del fabbricato dell'edificio di riferimento.

Tabella 1- Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2019/2021 <sup>(2)</sup>
A e B	0,45	0,43
C	0,38	0,34
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Figura 64 – Estratto dei valori limite per strutture verticali opache degli edifici di riferimento 2015 e 2021.

Fonte: Decreto Interministeriale 26 giugno 2015.

Tabella 2 - Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e gli ambienti non climatizzati

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2019/2021 <sup>(2)</sup>
A e B	0,38	0,35
C	0,36	0,33
D	0,30	0,26
E	0,25	0,22
F	0,23	0,20

Figura 65 – Estratto dei valori limite per strutture opache orizzontali di copertura degli edifici di riferimento 2015 e 2021. Fonte: Decreto Interministeriale 26 giugno 2015.

Tabella 3 - Trasmittanza termica U delle opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2019/2021 <sup>(2)</sup>
A e B	0,46	0,44
C	0,40	0,38
D	0,32	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Figura 66 – Estratto dei valori limite per strutture opache orizzontali contro terra degli edifici di riferimento 2015 e 2021. Fonte: Decreto Interministeriale 26 giugno 2015.

Tabella 4 - Trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2019/2021 <sup>(2)</sup>
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,20
D	2,00	1,80
E	1,80	1,40
F	1,50	1,10

Figura 67 – Estratto dei valori limite per strutture trasparenti degli edifici di riferimento 2015 e 2021. Fonte: Decreto Interministeriale 26 giugno 2015.

Tabella 5 - Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2019/2021 <sup>(2)</sup>
Tutte le zone	0,8	0,8

Figura 68 – Estratto dei valori limite per strutture di separazione tra U.I. degli edifici di riferimento 2015 e 2021. Fonte: Decreto Interministeriale 26 giugno 2015.

Per quanto riguarda i valori degli altri livelli di prestazione sono stati inseriti quelli di letteratura, dove individuati e possibile, tratti da Aelenei et al., 2015 [32] e dal progetto TABULA [28]. Nelle immagini seguenti il simbolo “\*” rappresenta il valore ricavato dalla letteratura, come indicato. Per quei livelli in cui non è stato possibile trovare dei riferimenti, si è proceduto applicando una variazione percentuale variabile del 10-15% tra livelli e zone, partendo dalla normativa (simbolo “^”), e del 32% circa tra livello 1 e 2, partendo dalla letteratura (simbolo “^^”). Per le finestre sono usati dei valori intermedi tra due livelli o tra due zone per completare i dati mancanti (simbolo “\*\*”). I valori sono plausibili perché le variazioni percentuali sono ottenute tramite una veloce interpolazione sommaria dei dati e confrontati con quelli disponibili. Si riportano le figure di riepilogo dei livelli prestazionali per ciascuna zona climatica.

MISURE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO = EEM	LIVELLO 1					
	Zona climatica A - -> U	Zona climatica B -> U	Zona climatica C - -> U	Zona climatica D - -> U	Zona climatica E -> U	Zona climatica F -> U
	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]
INVOLUCRO: pareti esterne	0,63^^	0,63^^	0,55^^	0,52^^	0,45*	0,39^^
INVOLUCRO: pareti verso ambienti non climatizzati	0,63^^	0,63^^	0,55^^	0,52^^	0,45*	0,39^^
INVOLUCRO: solaio controterra	0,63	0,63	0,56	0,50	0,46	0,43
INVOLUCRO: solaio copertura (o verso amb. non climatizzati)	0,54	0,54	0,52	0,46	0,40*	0,35
INVOLUCRO: finestre	4,90	4,90	4,50	3,70	3,50**	3,20

Figura 69 – Riepilogo dei livelli prestazionali di ciascuna zona climatica e misura di efficientamento energetico per il livello 1.

MISURE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO = EEM	LIVELLO 2					
	Zona climatica A -> U	Zona climatica B -> U	Zona climatica C -> U	Zona climatica D -> U	Zona climatica E -> U	Zona climatica F -> U
	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]
INVOLUCRO: pareti esterne	0,48	0,48	0,42^	0,39^	0,34*	0,32^
INVOLUCRO: pareti verso ambienti non climatizzati	0,48	0,48	0,42^	0,39^	0,34*	0,32^
INVOLUCRO: solaio controterra	0,48	0,48	0,42	0,38	0,35	0,33
INVOLUCRO: solaio copertura (o verso amb. non climatizzati)	0,41	0,41	0,39	0,35	0,30*	0,26
INVOLUCRO: finestre	3,40	3,40	2,60	2,40	2,20*	1,90

Figura 70 – Riepilogo dei livelli prestazionali di ciascuna zona climatica e misura di efficientamento energetico per il livello 2.

LIVELLO 3 = EDIFICIO DI RIFERIMENTO 2015						
MISURE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO = EEM	Zona climatica A	Zona climatica B	Zona climatica C	Zona climatica D --	Zona climatica E	Zona climatica F
	--> U	--> U	--> U	> U	--> U	--> U
	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]
INVOLUCRO: pareti esterne	0,45	0,45	0,38	0,34	0,30	0,28
INVOLUCRO: pareti verso ambienti non climatizzati	0,45	0,45	0,38	0,34	0,30	0,28
INVOLUCRO: solaio controterra	0,46	0,46	0,40	0,32	0,30	0,28
INVOLUCRO: solaio copertura (o verso amb. non climatizzati)	0,38	0,38	0,36	0,30	0,25	0,23
INVOLUCRO: finestre	3,20	3,20	2,40	2,00	1,80	1,50

Figura 71 – Riepilogo dei livelli prestazionali di ciascuna zona climatica e misura di efficientamento energetico per il livello 3 coincidente con i valori dell'edificio 2015 interni al Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 [25].

LIVELLO 4 = EDIFICIO DI RIFERIMENTO 2021						
MISURE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO = EEM	Zona climatica A	Zona climatica B	Zona climatica C	Zona climatica D	Zona climatica E	Zona climatica F
	--> U	--> U	--> U	--> U	--> U	--> U
	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]
INVOLUCRO: pareti esterne	0,43	0,43	0,34	0,29	0,26	0,24
INVOLUCRO: pareti verso ambienti non climatizzati	0,43	0,43	0,34	0,29	0,26	0,24
INVOLUCRO: solaio controterra	0,44	0,44	0,38	0,29	0,26	0,24
INVOLUCRO: solaio copertura (o verso amb. non climatizzati)	0,35	0,35	0,33	0,26	0,22	0,20
INVOLUCRO: finestre	3,00	3,00	2,20	1,80	1,40	1,10

Figura 72 – Riepilogo dei livelli prestazionali di ciascuna zona climatica e misura di efficientamento energetico per il livello 4 coincidente con i valori dell'edificio 2021 interni al Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 [25].

LIVELLO 5						
MISURE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO = EEM	Zona climatica A	Zona climatica B	Zona climatica C	Zona climatica D	Zona climatica E	Zona climatica F
	--> U	--> U	--> U	--> U	--> U	--> U
	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]
INVOLUCRO: pareti esterne	0,30	0,30 <sup>^</sup>	0,26	0,23 <sup>^</sup>	0,20*	0,17
INVOLUCRO: pareti verso ambienti non climatizzati	0,30	0,30 <sup>^</sup>	0,26	0,23 <sup>^</sup>	0,20*	0,17
INVOLUCRO: solaio controterra	0,30	0,30 <sup>^</sup>	0,26	0,23	0,20	0,17
INVOLUCRO: solaio copertura (o verso amb. non climatizzati)	0,30	0,30 <sup>^</sup>	0,26	0,23	0,20*	0,17
INVOLUCRO: finestre	1,80	1,80 <sup>^</sup>	1,50	1,30	1,10***	0,80

Figura 73 – Riepilogo dei livelli prestazionali di ciascuna zona climatica e misura di efficientamento energetico per il livello 5.



Come si può osservare, i livelli 1 e 2 individuano prestazioni peggiori rispetto a quanto stabilito dalla normativa, questo è accettato in questo lavoro sperimentale perché si vogliono appunto indagare diversi livelli e ciò che essi comportano; dal punto di vista progettuale e professionale invece si è in difetto perché illegale. Il livello 5 è un livello prestazionale elevato, maggiore di quello imposto dalla legge. Si può osservare che si adotta un sistema progressivo di miglioramento, in cui si aumenta sempre di più la prestazione dell'edificio e dei suoi componenti.

Si vuole rimarcare come questi valori rappresentino il target prefissato, mentre quelli riportati nel paragrafo seguente sono quelli effettivamente modellati e ottenuti dal software; solo in due situazioni del livello 5 non è stato possibile raggiungere il livello target perché il materiale raggiunge lo spessore massimo disponibile da scheda tecnica.

#### *III.2.4 INDIVIDUAZIONE SCENARI*

In questo paragrafo si riportano le combinazioni degli scenari analizzati. Si definisce “scenario (tecnico)” un insieme di interventi volti a migliorare la prestazione energetica dell'edificio, in modo da costruire una serie di casi studio in cui gli interventi vengono combinati in maniera differente e in modo che siano gradualmente migliorativi. Riassumendo ci sono:

- 5 zone climatiche (A+B, C, D, E, F);
- fino a 5 livelli di prestazione crescente delle misure di efficientamento per ogni proposta di intervento (Livello 1, Livello 2, Livello 3, Livello 4, Livello 5), ossia per alcune proposte si hanno 5 livelli diversi, mentre per altre meno e mantenute uguali su più scenari;
- 5 scenari per ogni zona climatica, ognuno corrispondente a una combinazione delle misure per livello di prestazione.

Le tabelle riassuntive delle misure e scenari sono in allegato. Le tabelle dei livelli sono inserite nel paragrafo soprastante, mentre di seguito vi sono tutti gli scenari con le rispettive misure.

In tutto, pertanto, ci saranno 25 scenari tecnici (5 scenari \* 5 zone climatiche).

Nel seguito si riportano le figure di riepilogo di tutto quanto scritto in precedenza, ossia le prestazioni raggiunte per singolo livello, singola zona climatica e singola misura di efficientamento, comprendendo i prezzi delle soluzioni con i relativi costi di investimento iniziale, la durata del ciclo di vita dell'intervento e i costi di manutenzione o gestione. Infine, si riportano le immagini di riepilogo dei dati di output della modellazione, perché questi si configurano come i dati di input del lavoro successivo per estrapolare le curve dei costi nel LCC e i risultati utili alle valutazioni finali.

In merito ai dati di durata del ciclo vita dell'intervento e/o del componente e annesso costo di manutenzione, si procede indagando la letteratura scientifica e lo stato dell'arte, quali Zinzi et al., 2019 [50] e Di Giuseppe et al., 2017b [44], ma anche la norma UNI EN 15459:2018 [21], UNI EN 15459-1:2018 [22], il sito dell'ASHRAE [59], con il suo database sulle componenti impiantistiche, e il sito INES [60], con il database dei componenti edilizi. Si riportano qui di seguito gli estratti della UNI EN 15459-1:2018 Annex D, in cui sono riportate le durate della vita dei componenti e la percentuale sul costo di investimento iniziale per ottenere il costo di manutenzione annuo.

Component	Life span	Annual maintenance cost (% of initial investment)	Disposal cost (% of initial investment)
	Min - Max (years)		
Air conditioning units	15	4	-
Air coolers	20	2	-
Air heaters, electric	15 - 25	2	-
Air heaters, steam	15 - 20	2	-
Air heaters, water	15 - 20	2 - 4	-
Boiler - condensing	20	1 - 2	-
Boiler - direct evacuation	-	-	-
Boiler - Flue evacuation	-	-	-
Burners, oil and gas	10	4	-
Chimney	-	-	-
Condensers	20	2	-
Control equipment	15 - 25	4	-
Control system - Central	15 - 25	4	-
Control system - room control	15 - 25	4	-
Control valves, automatic	15	6	-
Control valves, manual	30	4	-
Convectors	20	1	-
Cooling compressors	15	4	-
Cooling panels and ceilings	30	2	-
Dampers	20	1	-
Dampers with control motors	15	4	-
Diffusers	20	4	-
Dual duct boxes	15	4	-
Duct system for filtered air	30	2	-
Duct system for non filtered air	30	6	-
Electric board	-	-	-
Electric heater - thermal storage heater	25	1	1

Figura 74 – Estratto Appendice D UNI EN 15459-1:2018 pag.42.

Component	Life span Min - Max (years)	Annual maintenance cost (% of initial investment)	Disposal cost (% of initial investment)
Electric heating - convector	25	1	-
Electric floor heating	25 - 50* (* if lifespan agreed according to tests results)	2	20
Electric wiring	50	0,5	-
Water floor heating	50	2	20
Evaporators	20	2	-
Expansion vessels - membrane	15	0,5	-
Expansion vessels with pad	25	2	-
Expansion vessels, stainless	30	1	-
Expansion vessels, steel	15	2	-
Extract air grills	20	10	-
Fan coil units	15	4	-
Fans	20	4	-
Fans with variable flow	15	6	-
Filter frames	15	2	-
Filter material to be exchanged	1	0	-
Filter material, to be cleaned	10	10	-
Fire dampers, easily accessible	15	8	-
Fire dampers, hidden	15	15	-
Fuel tank	30	0,5	5 - 10
Gas tank	30	0,5	5
Grills in general	30	4	-
Heat pumps	15 - 20	2 - 4	-
Heat recovery units, cyclic	15	4	-
Heat recovery units, static	20	4	-
Humidifiers, steam	4	4	-
Humidifiers, water	10	6	-
Meters	10	1	-
Valve	10	1	-
Motors, diesel	10	4	-
Motors, electric	20	1	-
Pipes, Cu	30	1	-
Pipes, plastic (look at Water floor heating)	50	1	-
Pipes, stainless	30	1	-

Figura 75 – Estratto Appendice D UNI EN 15459-1:2018 pag.43.

Component	Life span Min - Max (years)	Annual maintenance cost (% of initial investment)	Disposal cost (% of initial investment)
Pipes, steel in closed system	30	1	-
Pipes, steel in open system	15	1	-
Piping systems	30	0,5	-
Pumps - circulation	10 - 20	2	-
Pumps - regulated	10 - 15	1,5 - 2	-
Radiators paint	20 - 30	0	-
Radiators, water	30 - 40	1 - 2	-
Shut off valves, automatic	15	4	-
Shut off valves, manual	30	2	-
Solar collector (Vacuum collector or plate collector)	15 - 25	0,5	-
Sound traps	30	1	-
Tank storage for domestic hot water	20	1	-
Tank storage with internal heat exchanger for domestic hot water	20	1	-
Thermostats for radiators	15	4	-
Valve with auxiliary power	10	1	5
Valve - Thermostatic	20	1,5	5
Variable flow units	15	6	-
V-belt drive	10	6	-
Wiring	30	1	-
Windows (Wood)	30	1	-
Windows (Aluminium)	30	0,5	-
Concrete structure	100	0	2-6
Plaster sheet	50	0	1

Figura 76 – Estratto Appendice D UNI EN 15459-1:2018 pag.44.

Per concludere il discorso riguardo ai costi di manutenzione, si indaga sommariamente anche un possibile intervento di tinteggiatura per le pareti esterne ed interne, analogamente a quanto fatto in precedenza per i costi delle varie misure e soluzioni, così da confrontare ed avvalorare i dati di letteratura. Ipotizzando di tinteggiare le pareti esterne 1 volta in 30 anni di vita del componente e le pareti interne 5 volte in 50 anni, si ottengono valori di incidenza percentuali variabili dal 0,34% al 1,48%; ciò è in linea con i dati trovati. Si riporta sotto la figura di riepilogo.

A20.010.010.b	Tinteggiatura con idropittura di superfici a tre mani a coprire, esclusa la preparazione delle stesse su superfici esterne con idropittura traspirante e idrorepellente										
		8,61	3659,39	121,98	0,59%	0,54%	0,52%	0,52%	0,45%		
					0,56%	0,52%	0,50%	0,47%	0,43%		
					0,54%	0,50%	0,45%	0,44%	0,40%		
					0,50%	0,47%	0,44%	0,40%	0,34%	media	
					0,50%	0,47%	0,44%	0,40%	0,34%		0,47%
	pareti interne	4,61	441,454	44,1454	1,48%	1,19%	1,08%	1,08%	0,79%		
					1,32%	1,08%	0,99%	0,79%	0,70%		
					1,32%	0,99%	0,91%	0,79%	0,62%		
					0,99%	0,85%	0,74%	0,66%	0,49%	media	
					0,99%	0,85%	0,74%	0,66%	0,49%		0,90%

Figura 77 – Riepilogo della verifica dell'incidenza percentuale della manutenzione delle pareti..

### III.2.4.1 Zona Climatica "A+B"

#### **RIEPILOGO SOLUZIONI (EEO) ZONA A+B**

EEM ↓		LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi) ↓ ↓ ↓ ↓ ↓				
1) Pareti esterne: Cappotto EPS	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,612 W/mq*K	0,469 W/mq*K	0,420 W/mq*K	0,420 W/mq*K	0,296 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	3 cm	5 cm	6 cm	6 cm	10 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>I</sub> [€] →	20.804,53 €	22.555,60 €	23.431,13 €	23.431,13 €	26.933,26 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	104,02 €	112,78 €	117,16 €	117,16 €	134,67 €
2) Pareti vs. ambienti non climatizzati (scala):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,584 W/mq*K	0,452 W/mq*K	0,406 W/mq*K	0,406 W/mq*K	0,289 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	4 cm	6 cm	7 cm	7 cm	11 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>I</sub> [€] →	2.976,22 €	3.725,06 €	4.099,49 €	4.099,49 €	5.597,17 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	29,76 €	37,25 €	40,99 €	40,99 €	55,97 €

3) Pareti vs. ambienti climatizzati (altre U.I.):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>I</sub> [€] →	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	28,75 €	28,75 €	28,75 €	28,75 €	28,75 €
4) Solaio controterra/basamento: Isolamento pavimento interno	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,626 W/mq*K	0,477 W/mq*K	0,426 W/mq*K	0,426 W/mq*K	0,299 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	3 cm	5 cm	6 cm	6 cm	10 cm
	Sup. netta locali [m <sup>2</sup> ] →	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>I</sub> [€] →	1.037,20 €	1.518,30 €	1.758,85 €	1.758,85 €	2.721,05 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €

5) Solaio copertura piana: Isolamento estradosso con	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,483 W/mq*K	0,389 W/mq*K	0,354 W/mq*K	0,325 W/mq*K	0,280 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	6 cm	8 cm	9 cm	10 cm	12 cm
	Sup. lorda cop. [m <sup>2</sup> ] →	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>I</sub> [€] →	2.419,77 €	3.100,59 €	3.441,00 €	3.781,41 €	4.462,23 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	12,10 €	15,50 €	17,21 €	18,91 €	22,31 €
6) Solaio vs. ambienti climatizzati (altre U.I.):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	1,042 W/mq*K	0,826 W/mq*K	0,685 W/mq*K	0,685 W/mq*K	0,452 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	1 cm	2 cm	3 cm	3 cm	6 cm
	Sup. netta locali [m <sup>2</sup> ] →	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>I</sub> [€] →	1.891,14 €	1.891,14 €	1.891,14 €	1.891,14 €	3.206,94 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
7) Serramenti (finestre esterne): Sostituzione serramenti PVC	Trasmittanza U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> *K] →	2,200 W/mq*K	2,200 W/mq*K	2,200 W/mq*K	x	x
	Costo iniz. Investim. C <sub>I</sub> [€] →	20.512,24 €	20.512,24 €	20.512,24 €	0,00 €	0,00 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	102,56 €	102,56 €	102,56 €	0,00 €	0,00 €
7) Sostituzione serramenti alluminio (AL)	Trasmittanza U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> *K] →	x	x	x	2,200 W/mq*K	1,600 W/mq*K
	Costo iniz. Investim. C <sub>I</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	29.057,96 €	30.405,09 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	145,29 €	152,03 €
8) Schermature solari ai serramenti (E-S-O):	Applicazione (n° tot.) →	Si (12)	Si (12)	Si (12)	x	x
	Sup. tot. applicazione [m <sup>2</sup> ] →	42,00 mq	42,00 mq	42,00 mq	x	x
	Costo iniz. Investim. C <sub>I</sub> [€] →	924,00 €	924,00 €	924,00 €	0,00 €	0,00 €
8) Schermature solari ai serramenti (E-S-O): Installazione veneziane esterne (VE)	Applicazione (n° tot.) →	x	x	x	Si (12)	Si (12)
	Fattore ombreggiamento [-] →	x	x	x	0,15	0,15
	Sup. tot. applicazione [m <sup>2</sup> ] →	x	x	x	42,00 mq	42,00 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>I</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.188,21 €	2.188,20 €
	0) san. (ACS): Installazione caldaia conden. centr. gas	Pot.Utile nomin. [kW] →	120 kW	120 kW	120 kW	x
Rendimento [%] →		93,0%	93,0%	93,0%	x	x
Costo iniz. Investim. C <sub>I</sub> [€] →		9.054,86 €	9.054,86 €	9.054,86 €	0,00 €	0,00 €
Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →		20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
% manutenzione annua [%] →		1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →		135,82 €	135,82 €	135,82 €	0,00 €	0,00 €
0) Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione pompa di calore (PP)	Pot.Utile nomin. [kW] →	x	x	x	46 kW	46 kW
	Rendimento [%] →				da dati scheda	da dati scheda
	Costo iniz. Investim. C <sub>I</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	25.815,42 €	25.815,42 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	18 anni	18 anni	18 anni	18 anni	18 anni
	% manutenzione annua [%] →	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	774,46 €	774,46 €

11)	Impianto accumulo acq.c. san. (ACS): Installazione	Accumulo [volume l] →	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	28,35 €	28,35 €	28,35 €	28,35 €	28,35 €
12)	Impianto generatore riscaldameto (GRI):	Pot. Utile nomin. [kW] →	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	67,95 €	67,95 €	67,95 €	67,95 €	67,95 €

13)	riscaldam. (DRI): Installazione circuito e radiatori alluminio	Complessivo [c.a.d.] →	6	6	6	6	6
		Rendimento [%] →	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	35 anni	35 anni	35 anni	35 anni	35 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
14)	Installazione pannelli solari termici	Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	28.509,97 €	42.461,65 €	60.659,50 €	72.791,40 €	84.923,30 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	142,55 €	212,31 €	303,30 €	363,96 €	424,62 €

15)	Impianto solare fotovoltaico (PV): Installazione pannelli	Potenza install. picco [kWp] →	3,525 kWp	5,250 kWp	7,500 kWp	9,000 kWp	10,500 kWp
		Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	13.393,48 €	19.947,74 €	28.496,78 €	34.196,13 €	39.895,49 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	66,97 €	99,74 €	142,48 €	170,98 €	199,48 €

LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi, lettura orizzontale) INDIVIDUAZIONE SCENARIO (lettura verticale)					
PRESTAZIONE RAGGIUNTA NAMIRIAL TERMO ↓	SCENARIO 1 ↓	SCENARIO 2 ↓	SCENARIO 3 ↓	SCENARIO 4 ↓	SCENARIO 5 ↓
Fabbisogno di energia utile per riscaldamento Q <sub>h,nd</sub> [kWh] →	4.847,800 kWh	3.318,300 kWh	2.858,100 kWh	2.770,700 kWh	1.356,400 kWh
energia utile per riscaldamento a mq di sup. totale dei locali Q <sub>h,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	12,527 kWh/mq	8,574 kWh/mq	7,385 kWh/mq	7,159 kWh/mq	3,505 kWh/mq
Indice di prestazione per il riscaldamento EP <sub>h,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	12,610 kWh/mq anno	8,650 kWh/mq anno	7,450 kWh/mq anno	7,230 kWh/mq anno	3,550 kWh/mq anno
Fabbisogno di energia utile per ACS Q <sub>w,nd</sub> [kWh] →	5.668,100 kWh	5.662,300 kWh	5.659,400 kWh	5.659,400 kWh	5.647,900 kWh
ogno di energia utile per ACS a mq di sup. totale dei locali Q <sub>w,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	14,646 kWh/mq	14,631 kWh/mq	14,624 kWh/mq	14,624 kWh/mq	14,594 kWh/mq
Indice di prestazione di energia primaria globale EP <sub>g,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	45,792 kWh/mq	41,299 kWh/mq	40,114 kWh/mq	29,318 kWh/mq	25,439 kWh/mq
Energia primaria riscaldamento EP <sub>h,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	12,613 kWh/mq	8,647 kWh/mq	7,454 kWh/mq	7,226 kWh/mq	3,548 kWh/mq
Energia primaria raffrescamento EP <sub>C,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	37,593 kWh/mq	38,079 kWh/mq	38,354 kWh/mq	31,664 kWh/mq	32,542 kWh/mq
Percentuale fonte rinnovabile ACS [%] →	2,4%	2,8%	3,2%	100,0%	100,0%
Percentuale fonte rinnovabile RISC., RAFFR., ACS [%] →	17,0%	19,6%	21,2%	93,1%	97,7%
Coefficiente medio globale di scambio termico HT [-] →	0,67	0,57	0,54	0,54	0,43
Area solare equivalente per unità di superficie [A <sub>sol,eq</sub> m <sup>2</sup> /A <sub>sup,utile</sub> ] →	0,0285	0,0285	0,0285	0,0180	0,0181
Efficienza impianto riscaldamento [-] →	0,8505	0,8482	0,8425	0,8508	0,8314
Efficienza impianto acqua calda sanitaria [-] →	0,4763	0,4744	0,4720	0,7088	0,6979
Efficienza media stagionale climatizzazione invernale [η <sub>cl</sub> ] →	1,62	2,92	5,52	3,60	6,10
Efficienza media stagionale produzione acqua calda sanitaria [η <sub>pv</sub> ] →	0,49	0,49	0,49	-	-
stazione di energia primaria globale non rinnovabile EP <sub>g,nd,ren</sub> [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	37,99 kWh/mq anno	33,20 kWh/mq anno	31,61 kWh/mq anno	2,01 kWh/mq anno	0,58 kWh/mq anno
te prestazione di energia primaria globale rinnovabile EP <sub>g,nd,ren</sub> [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	7,80 kWh/mq anno	8,10 kWh/mq anno	8,50 kWh/mq anno	27,31 kWh/mq anno	24,86 kWh/mq anno
Emissioni di CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> anno] →	7,48 kg/mq anno	6,54 kg/mq anno	6,22 kg/mq anno	0,40 kg/mq anno	0,11 kg/mq anno
Consumo di energia elettrica della pompa di calore escluso ausiliari "fabbisogno energia primaria" [kWh] →	0 kWh	0 kWh	0 kWh	757 kWh	592 kWh
Consumo di energia elettrica prelevata da rete [kWh] →	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Consumo di gas naturale [Sm <sup>3</sup> ] →	1.322,40 Smc	1.153,66 Smc	1.097,73 Smc	70,15 Smc	19,91 Smc
Consumo di energia prodotta da solare fotovoltaico [kWh] →	425 kWh	475 kWh	554 kWh	1.126 kWh	1.135 kWh
Consumo di energia prodotta da solare termico [kWh] →	2.572 kWh	2.633 kWh	2.708 kWh	8.534 kWh	7.728 kWh
Energia esportata in un anno [kWh/anno] →	3.114 kWh/anno	4.797 kWh/anno	6.977 kWh/anno	7.911 kWh/anno	9.408 kWh/anno

COSTI TOTALI ↓	SCENARIO 1 ↓	SCENARIO 2 ↓	SCENARIO 3 ↓	SCENARIO 4 ↓	SCENARIO 5 ↓
Costo investimento iniziale $C_i$ [€] →	150.529,88 €	174.697,65 €	203.275,45 €	245.829,40 €	272.966,41 €
Costo investimento su superficie riscaldata $C_i$ [€/m <sup>2</sup> ] →	388,97 €/mq	451,42 €/mq	525,26 €/mq	635,22 €/mq	705,34 €/mq
Costo manutenzione annua $C_M$ [€] →	1.321,89 €	1.444,07 €	1.587,63 €	2.359,86 €	2.491,64 €
Costo manutenzione su superficie riscaldata $C_M$ [€/m <sup>2</sup> ] →	3,42 €/mq	3,73 €/mq	4,10 €/mq	6,10 €/mq	6,44 €/mq

### III.2.4.2 Zona Climatica "C"

#### RIEPILOGO SOLUZIONI (EEO) ZONA C

EEM ↓		LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi) ↓ ↓ ↓ ↓ ↓				
↓: Descrizione ↓:		Livello 1 ↓	Livello 2 ↓	Livello 3 ↓	Livello 4 ↓	Livello 5 ↓
1) Pareti esterne: Cappotto EPS	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,531 W/mq*K	0,420 W/mq*K	0,380 W/mq*K	0,319 W/mq*K	0,258 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	4 cm	6 cm	7 cm	9 cm	12 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq
	Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	21.680,07 €	23.431,13 €	24.306,67 €	26.057,73 €	28.684,33 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	108,40 €	117,16 €	121,53 €	130,29 €	143,42 €
2) Pareti vs. ambienti non climatizzati (scala):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,509 W/mq*K	0,406 W/mq*K	0,368 W/mq*K	0,337 W/mq*K	0,252 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	5 cm	7 cm	8 cm	11 cm	13 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq
	Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	3.350,64 €	4.099,49 €	4.473,91 €	5.597,17 €	6.346,02 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →					
3) Pareti vs. ambienti climatizzati (altre U.I.):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq
	Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	28,75 €	28,75 €	28,75 €	28,75 €	28,75 €
4) Solai controterra/basamento: Isolamento pavimento interno	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,542 W/mq*K	0,385 W/mq*K	0,385 W/mq*K	0,351 W/mq*K	0,260 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	4 cm	7 cm	7 cm	8 cm	12 cm
	Sup. netta locali [m <sup>2</sup> ] →	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq
	Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	1.277,75 €	1.999,40 €	1.999,40 €	2.239,95 €	3.202,15 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
5) Solai copertura piana: Isolamento estradosso con	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,483 W/mq*K	0,389 W/mq*K	0,354 W/mq*K	0,325 W/mq*K	0,246 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	6 cm	8 cm	9 cm	10 cm	14 cm
	Sup. lorda cop. [m <sup>2</sup> ] →	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq
	Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	2.419,77 €	3.100,59 €	3.441,00 €	3.781,41 €	5.143,05 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,50%	0,50%	0,50%	5,00%	5,00%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	12,10 €	15,50 €	17,21 €	189,07 €	257,15 €
6) Solai vs. ambienti climatizzati (altre U.I.):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	1,042 W/mq*K	0,826 W/mq*K	0,685 W/mq*K	0,685 W/mq*K	0,452 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	1 cm	2 cm	3 cm	3 cm	6 cm
	Sup. netta locali [m <sup>2</sup> ] →	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq
	Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	1.891,14 €	1.891,14 €	1.891,14 €	1.891,14 €	3.206,94 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €



7)	Sostituzione serramenti alluminio (AL)	Trasmittanza $U_w$ [ $W/m^2K$ ] →	x	x	x	2,200 $W/mq^*K$	1,200 $W/mq^*K$
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	29.057,96 €	30.854,18 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	145,29 €	154,27 €
8)	Schermate solari ai serramenti (E-S-O):	Applicazione ( $n^{\circ}$ tot.) →	Si (12)	Si (12)	Si (12)	x	x
		Sup. tot. applicazione [ $m^2$ ] →	42,00 mq	42,00 mq	42,00 mq	x	x
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	924,00 €	924,00 €	924,00 €	0,00 €	0,00 €
8)	Schermate solari ai serramenti (E-S-O):	Applicazione ( $n^{\circ}$ tot.) →	x	x	x	Si (12)	Si (12)
		Sup. tot. applicazione [ $m^2$ ] →	x	x	x	42,00 mq	42,00 mq
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.188,21 €	2.188,20 €
10)	Impianto produzione acq. c. san. (ACS): Installazione caldaia	Pot. Utile nomin. [kW] →	120 kW	120 kW	120 kW	x	x
		Rendimento [%] →	93,0%	93,0%	93,0%	x	x
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	9.054,86 €	9.054,86 €	9.054,86 €	0,00 €	0,00 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	135,82 €	135,82 €	135,82 €	0,00 €	0,00 €
10)	Impianto produzione acq. c. san. (ACS): Installazione pompa di calore (PP)	Pot. Utile nomin. [kW] →	x	x	x	46 kW	46 kW
		Rendimento [%] →				da dati scheda	da dati scheda
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	25.815,42 €	25.815,42 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	18 anni	18 anni	18 anni	18 anni	18 anni
		% manutenzione annua [%] →	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	774,46 €	774,46 €
11)	Impianto accumulo acq. c. san. (ACS): Installazione	Accumulo [volume l] →	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	28,35 €	28,35 €	28,35 €	28,35 €	28,35 €
12)	Impianto generatore riscaldametro (GRI):	Pot. Utile nomin. [kW] →	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	67,95 €	67,95 €	67,95 €	67,95 €	67,95 €

13)	Impianto distribuzione riscaldam. (DRI): Installazione circuito e radiatori alluminio	Completivo [c.a.d.] →	6	6	6	6	6		
		Rendimento [%] →	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%		
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €		
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	35 anni	35 anni	35 anni	35 anni	35 anni		
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%		
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	603,05 €	603,05 €	603,05 €	603,05 €	603,05 €		
		14)	Impianto solare termico (ST): Installazione pannelli solari	Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq
Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	28.509,97 €			42.461,65 €	60.659,50 €	72.791,40 €	84.923,30 €		
Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni			20 anni	20 anni	20 anni	20 anni		
% manutenzione annua [%] →	0,5%			0,5%	0,5%	0,5%	0,5%		
Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	142,55 €			212,31 €	303,30 €	363,96 €	424,62 €		
15)	Impianto solare fotovoltaico (PV): Installazione pannelli			Potenza install. picco [kWp] →	3,525 kWp	5,250 kWp	7,500 kWp	9,000 kWp	10,500 kWp
				Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	13.393,48 €	19.947,74 €	28.496,78 €	34.196,13 €	39.895,49 €		
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni		
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%		
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	66,97 €	99,74 €	142,48 €	170,98 €	199,48 €		

LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi, lettura orizzontale)						
INDIVIDUAZIONE SCENARIO (lettura verticale)						
PRESTAZIONE RAGGIUNTA NAMIRIAL TERMO ↓	SCENARIO 1 ↓	SCENARIO 2 ↓	SCENARIO 3 ↓	SCENARIO 4 ↓	SCENARIO 5 ↓	
Fabbisogno di energia utile per riscaldamento Q <sub>h,rd</sub> [kWh] →	7.833,400 kWh	5.938,700 kWh	5.344,200 kWh	4.578,500 kWh	2.091,400 kWh	
Energia utile per riscaldamento a mq di sup. totale dei locali Q <sub>h,rd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	20,241 kWh/mq	15,345 kWh/mq	13,809 kWh/mq	11,831 kWh/mq	5,404 kWh/mq	
Indice di prestazione per il riscaldamento EP <sub>h,rd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	20,400 kWh/mq anno	15,490 kWh/mq anno	13,950 kWh/mq anno	11,960 kWh/mq anno	5,480 kWh/mq anno	
Fabbisogno di energia utile per ACS Q <sub>e,rd</sub> [kWh] →	6.239,800 kWh	6.233,500 kWh	6.230,300 kWh	6.227,200 kWh	6.214,500 kWh	
Esigenza di energia utile per ACS a mq di sup. totale dei locali Q <sub>e,rd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	16,124 kWh/mq	16,107 kWh/mq	16,099 kWh/mq	16,091 kWh/mq	16,058 kWh/mq	
Energia primaria globale EP <sub>g,tot</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	56,602 kWh/mq	50,963 kWh/mq	49,399 kWh/mq	36,373 kWh/mq	29,370 kWh/mq	
Energia primaria riscaldamento EP <sub>H,rd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	20,397 kWh/mq	15,488 kWh/mq	13,948 kWh/mq	11,959 kWh/mq	5,480 kWh/mq	
Energia primaria raffrescamento EP <sub>C,rd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	29,746 kWh/mq	30,455 kWh/mq	30,660 kWh/mq	24,321 kWh/mq	26,406 kWh/mq	
Percentuale fonte rinnovabile ACS [%] →	2,2%	2,5%	2,9%	100,0%	100,0%	
Percentuale fonte rinnovabile RISC., RAFFR., ACS [%] →	25,0%	30,1%	32,4%	96,2%	98,4%	
Coefficiente medio globale di scambio termico HT [-] →	0,62	0,55	0,52	0,49	0,38	
Area solare equivalente per unità di superficie [A <sub>sol,eq</sub> /A <sub>sup,util</sub> ] →	0,0297	0,0297	0,0298	0,0184	0,0185	
Efficienza impianto riscaldamento [-] →	0,8581	0,8603	0,8566	0,8590	0,8377	
Efficienza impianto acqua calda sanitaria [-] →	0,4949	0,4932	0,4912	0,7245	0,7133	
Efficienza media stagionale climatizzazione invernale [η <sub>H</sub> ] →	1,97	4,48	11,30	8,65	11,32	
Efficienza media stagionale produzione acqua calda sanitaria [η <sub>W</sub> ] →	0,51	0,51	0,51	-	-	
Restituzione di energia primaria globale non rinnovabile EP <sub>g,ren</sub> [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	42,48 kWh/mq anno	35,60 kWh/mq anno	33,39 kWh/mq anno	1,38 kWh/mq anno	0,48 kWh/mq anno	
Utile prestazione di energia primaria globale rinnovabile EP <sub>g,ren</sub> [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	14,13 kWh/mq anno	15,36 kWh/mq anno	16,01 kWh/mq anno	34,99 kWh/mq anno	28,89 kWh/mq anno	
Emissioni di CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> anno] →	8,36 kg/mq anno	7,01 kg/mq anno	6,57 kg/mq anno	0,27 kg/mq anno	0,10 kg/mq anno	
Consumo di energia elettrica della pompa di calore escluso ausiliari "fabbisogno energia primaria" [kWh] →	0 kWh	0 kWh	0 kWh	560 kWh	583 kWh	
Consumo di energia elettrica prelevata da rete [kWh] →	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	
Consumo di gas naturale [Sm <sup>3</sup> ] →	1.644,00 Smc	1.376,00 Smc	1.289,00 Smc	53,00 Smc	19,00 Smc	
Consumo di energia prodotta da solare fotovoltaico [kWh] →	454 kWh	507 kWh	596 kWh	1.032 kWh	1.143 kWh	
Consumo di energia prodotta da solare termico [kWh] →	4.971 kWh	5.384 kWh	5.536 kWh	11.773 kWh	9.262 kWh	
Energia esportata in un anno [kWh/anno] →	3.644 kWh/anno	5.596 kWh/anno	8.123 kWh/anno	9.431 kWh/anno	11.064 kWh/anno	
<b>COSTO INIZIALE INVESTIMENTO TOTALE ↓</b>	<b>SCENARIO 1 ↓</b>	<b>SCENARIO 2 ↓</b>	<b>SCENARIO 3 ↓</b>	<b>SCENARIO 4 ↓</b>	<b>SCENARIO 5 ↓</b>	
Costo investimento iniziale C <sub>i</sub> [€] →	152.020,39 €	176.428,71 €	204.765,96 €	252.622,99 €	279.265,54 €	
Costo investimento su superficie riscaldata C <sub>i</sub> [€/m <sup>2</sup> ] →	392,82 €/mq	455,89 €/mq	529,11 €/mq	652,77 €/mq	721,62 €/mq	
Costo manutenzione annua C <sub>M</sub> [€] →	1.330,02 €	1.452,19 €	1.595,75 €	2.387,97 €	2.513,53 €	
Costo manutenzione su superficie riscaldata C <sub>M</sub> [€/m <sup>2</sup> ] →	3,44 €/mq	3,75 €/mq	4,12 €/mq	6,17 €/mq	6,49 €/mq	

### III.2.4.3 Zona Climatica "D"

<b>RIEPILOGO SOLUZIONI (EEO) ZONA D</b>						
<b>EEM ↓</b>		<b>LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi) ↓ ↓ ↓ ↓ ↓</b>				
<b>↓: Descrizione ↓:</b>		<b>Livello 1 ↓</b>	<b>Livello 2 ↓</b>	<b>Livello 3 ↓</b>	<b>Livello 4 ↓</b>	<b>Livello 5 ↓</b>
1) Pareti esterne: Cappotto EPS	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,469 W/mq*K	0,380 W/mq*K	0,319 W/mq*K	0,275 W/mq*K	0,228 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	5 cm	7 cm	9 cm	11 cm	14 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	22.555,60 €	24.306,67 €	26.933,26 €	27.808,80 €	30.435,40 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	112,78 €	121,53 €	134,67 €	139,04 €	152,18 €
2) Pareti vs. ambienti non climatizzati (scala):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,509 W/mq*K	0,368 W/mq*K	0,337 W/mq*K	0,289 W/mq*K	0,224 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	5 cm	8 cm	9 cm	11 cm	15 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	3.350,64 €	4.473,91 €	4.848,33 €	5.597,17 €	7.094,86 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	33,51 €	44,74 €	48,48 €	55,97 €	70,95 €
3) Pareti vs. ambienti climatizzati (altre U.I.):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	28,75 €	28,75 €	28,75 €	28,75 €	28,75 €
4) Solaio controterra/basamento: Isolamento pavimento interno	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,426 W/mq*K	0,351 W/mq*K	0,299 W/mq*K	0,278 W/mq*K	0,230 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	6 cm	8 cm	10 cm	11 cm	14 cm
	Sup. netta locali [m <sup>2</sup> ] →	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	1.758,75 €	2.239,95 €	2.721,05 €	2.961,60 €	3.683,25 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
5) Solaio copertura piana: Isolamento estradosso con EPS	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,431 W/mq*K	0,325 W/mq*K	0,280 W/mq*K	0,246 W/mq*K	0,219 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	7 cm	10 cm	12 cm	14 cm	16 cm
	Sup. lorda cop. [m <sup>2</sup> ] →	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	2.760,18 €	3.781,41 €	4.462,23 €	5.143,05 €	5.823,87 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	13,80 €	18,91 €	22,31 €	25,72 €	29,12 €
6) Solaio vs. ambienti climatizzati (altre U.I.): Isolamento pavimento interno con EPS	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	1,042 W/mq*K	0,826 W/mq*K	0,685 W/mq*K	0,685 W/mq*K	0,452 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	1 cm	2 cm	3 cm	3 cm	6 cm
	Sup. netta locali [m <sup>2</sup> ] →	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	1.891,14 €	1.891,14 €	1.891,14 €	1.891,14 €	3.206,94 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €

7)	Serramenti (finestre esterne): Sostituzione serramenti PVC	Trasmittanza $U_w$ [ $W/m^2K$ ] →	2,200 $W/mq^*K$	2,200 $W/mq^*K$	1,600 $W/mq^*K$	x	x
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	20.512,24 €	20.512,24 €	21.609,26 €	0,00 €	0,00 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	102,56 €	102,56 €	108,05 €	0,00 €	0,00 €
7)	Sostituzione serramenti alluminio (AL)	Trasmittanza $U_w$ [ $W/m^2K$ ] →	x	x	x	1,600 $W/mq^*K$	1,200 $W/mq^*K$
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	30.405,09 €	30.854,18 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	152,03 €	154,27 €
8)	Schermature solari ai serramenti (E-S-O):	Applicazione ( $n^{\circ}$ tot.) →	Si (12)	Si (12)	Si (12)	x	x
		Sup. tot. applicazione [ $m^2$ ] →	42,00 mq	42,00 mq	42,00 mq	x	x
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	924,00 €	924,00 €	924,00 €	0,00 €	0,00 €
8)	Schermature solari ai serramenti (E-S-O): Installazione veneziane esterne (VE)	Applicazione ( $n^{\circ}$ tot.) →	x	x	x	Si (12)	Si (12)
		Fattore ombreggiamento [-] →	x	x	x	0,15	0,15
		Sup. tot. applicazione [ $m^2$ ] →	x	x	x	42,00 mq	42,00 mq
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.188,21 €	2.188,20 €
10)	Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione caldaia	Pot.Utile nomin. [kW] →	120 kW	120 kW	120 kW	x	x
		Rendimento [%] →	93,0%	93,0%	93,0%	x	x
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	9.054,86 €	9.054,86 €	9.054,86 €	0,00 €	0,00 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
10)	Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione pompa di calore (PP)	Pot.Utile nomin. [kW] →	x	x	x	46 kW	46 kW
		Rendimento [%] →				da dati scheda	da dati scheda
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	25.815,42 €	25.815,42 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	18 anni	18 anni	18 anni	18 anni	18 anni
		% manutenzione annua [%] →	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
11)	Impianto accumulo acq.c. san. (ACS): Installazione boiler 1000 litri (B)	Accumulo [volume l] →	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri
		Temp. media accumulo [°C] →	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
12)	Impianto generatore riscaldametro (GRD):	Pot.Utile nomin. [kW] →	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW
		Rendimento [%] →	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
13)	Impianto distribuzione riscaldam. (DRI): Installazione circuito e radiatori alluminio	Complessivo [c.a.d.] →	6	6	6	6	6
		Rendimento [%] →	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%
		Costo iniz. Investim. $C_1$ [€] →	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	35 anni	35 anni	35 anni	35 anni	35 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	603,05 €	603,05 €	603,05 €	603,05 €	603,05 €

14)	Impianto solare termico (ST): Installazione pannelli solari	Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	28.509,97 €	42.461,65 €	60.659,50 €	72.791,40 €	84.923,30 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	142,55 €	212,31 €	303,30 €	363,96 €	424,62 €
15)	Impianto solare fotovoltaico (PV): Installazione pannelli	Potenza install. picco [kWp] →	3,525 kWp	5,250 kWp	7,500 kWp	9,000 kWp	10,500 kWp
		Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	13.393,48 €	19.947,74 €	28.496,78 €	34.196,13 €	39.895,49 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	66,97 €	99,74 €	142,48 €	170,98 €	199,48 €

LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi, lettura orizzontale) INDIVIDUAZIONE SCENARIO (lettura verticale)						
PRESTAZIONE RAGGIUNTA NAMIRIAL TERMO ↓	SCENARIO 1 ↓	SCENARIO 2 ↓	SCENARIO 3 ↓	SCENARIO 4 ↓	SCENARIO 5 ↓	
Fabbisogno di energia utile per riscaldamento Q <sub>h,nd</sub> [kWh] →	14.309,600 kWh	11.884,100 kWh	9.589,000 kWh	8.494,200 kWh	6.102,800 kWh	
Energia utile per riscaldamento a mq di sup. totale dei locali Q <sub>h,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	36,976 kWh/mq	30,708 kWh/mq	24,778 kWh/mq	21,949 kWh/mq	15,770 kWh/mq	
Indice di prestazione per il riscaldamento EP <sub>h,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	37,260 kWh/mq anno	31,020 kWh/mq anno	25,050 kWh/mq anno	22,220 kWh/mq anno	16,020 kWh/mq anno	
Fabbisogno di energia utile per ACS Q <sub>ac,nd</sub> [kWh] →	6.800,200 kWh	6.789,900 kWh	6.786,400 kWh	6.779,500 kWh	6.765,700 kWh	
Esigenza di energia utile per ACS a mq di sup. totale dei locali Q <sub>ac,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	17,572 kWh/mq	17,545 kWh/mq	17,536 kWh/mq	17,518 kWh/mq	17,482 kWh/mq	
Energia primaria globale EP <sub>gl,tot</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	78,409 kWh/mq	71,182 kWh/mq	64,380 kWh/mq	50,201 kWh/mq	43,309 kWh/mq	
Energia primaria riscaldamento EP <sub>h,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	37,260 kWh/mq	31,017 kWh/mq	25,046 kWh/mq	22,222 kWh/mq	16,016 kWh/mq	
Energia primaria raffrescamento EP <sub>c,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	20,276 kWh/mq	21,086 kWh/mq	22,196 kWh/mq	17,416 kWh/mq	19,370 kWh/mq	
Percentuale fonte rinnovabile ACS [%] →	2,0%	2,3%	2,6%	100,0%	100,0%	
Percentuale fonte rinnovabile RISC., RAFFR., ACS [%] →	17,5%	23,1%	26,6%	74,6%	81,5%	
Coefficiente medio globale di scambio termico HT [-] →	0,58	0,51	0,45	0,42	0,36	
Area solare equivalente per unità di superficie [A <sub>sol,eq</sub> /A <sub>sup,util</sub> ] →	0,0304	0,0305	0,0305	0,0185	0,0186	
Efficienza impianto riscaldamento [-] →	0,8515	0,8523	0,8503	0,8527	0,8494	
Efficienza impianto acqua calda sanitaria [-] →	0,5110	0,5094	0,5076	0,7347	0,7261	
Efficienza media stagionale climatizzazione invernale [η <sub>cl</sub> ] →	1,21	1,50	1,89	1,85	2,13	
Efficienza media stagionale produzione acqua calda sanitaria [η <sub>ac</sub> ] →	0,52	0,52	0,52	-	-	
Restituzione di energia primaria globale non rinnovabile EP <sub>gl,non</sub> [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	64,67 kWh/mq anno	54,74 kWh/mq anno	47,24 kWh/mq anno	12,03 kWh/mq anno	7,51 kWh/mq anno	
Indice prestazione di energia primaria globale rinnovabile EP <sub>gl,ren</sub> [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	13,74 kWh/mq anno	16,44 kWh/mq anno	17,14 kWh/mq anno	38,17 kWh/mq anno	35,80 kWh/mq anno	
Emissioni di CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> anno] →	12,73 kg/mq anno	10,78 kg/mq anno	9,30 kg/mq anno	2,37 kg/mq anno	1,48 kg/mq anno	
Consumo di energia elettrica della pompa di calore escluso ausiliari "fabbisogno energia primaria" [kWh] →	0 kWh	0 kWh	0 kWh	1.190 kWh	1.124 kWh	
Consumo di energia elettrica prelevata da rete [kWh] →	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	
Consumo di gas naturale [Sm <sup>3</sup> ] →	2.503,00 Smc	2.114,00 Smc	1.823,00 Smc	463,00 Smc	288,00 Smc	
Consumo di energia prodotta da solare fotovoltaico [kWh] →	528 kWh	573 kWh	649 kWh	1.399 kWh	1.455 kWh	
Consumo di energia prodotta da solare termico [kWh] →	4.750 kWh	5.727 kWh	5.914 kWh	12.100 kWh	11.130 kWh	
Energia esportata in un anno [kWh/anno] →	3.069 kWh/anno	4.784 kWh/anno	7.004 kWh/anno	7.784 kWh/anno	9.259 kWh/anno	
<b>COSTO INIZIALE INVESTIMENTO TOTALE ↓</b>	<b>SCENARIO 1 ↓</b>	<b>SCENARIO 2 ↓</b>	<b>SCENARIO 3 ↓</b>	<b>SCENARIO 4 ↓</b>	<b>SCENARIO 5 ↓</b>	
Costo investimento iniziale C <sub>i</sub> [€] →	153.717,33 €	178.600,04 €	210.606,87 €	255.616,27 €	282.927,37 €	
Costo investimento su superficie riscaldata C <sub>i</sub> [€/m <sup>2</sup> ] →	397,20 €/mq	461,50 €/mq	544,20 €/mq	660,51 €/mq	731,08 €/mq	
Costo manutenzione annua C <sub>M</sub> [€] →	1.336,10 €	1.463,72 €	1.623,22 €	2.410,27 €	2.533,18 €	
Costo manutenzione su superficie riscaldata C <sub>M</sub> [€/m <sup>2</sup> ] →	3,45 €/mq	3,78 €/mq	4,19 €/mq	6,23 €/mq	6,55 €/mq	

### III.2.4.4 Zona Climatica "E"

#### RIEPILOGO SOLUZIONI (EEO) ZONA E

EEM ↓		LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi) ↓ ↓ ↓ ↓ ↓				
↓: Descrizione ↓:		Livello 1 ↓	Livello 2 ↓	Livello 3 ↓	Livello 4 ↓	Livello 5 ↓
1) Pareti esterne: Cappotto EPS	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,420 W/mq*K	0,319 W/mq*K	0,296 W/mq*K	0,258 W/mq*K	0,195 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	6 cm	9 cm	10 cm	12 cm	17 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	23.431,13 €	26.057,73 €	26.933,26 €	28.684,33 €	33.061,99 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	117,16 €	130,29 €	134,67 €	143,42 €	165,31 €
2) Pareti vs. ambienti non climatizzati (scala):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,406 W/mq*K	0,337 W/mq*K	0,289 W/mq*K	0,252 W/mq*K	0,192 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	7 cm	9 cm	11 cm	13 cm	18 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	4.099,49 €	4.848,33 €	5.597,17 €	6.346,02 €	8.218,12 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	40,99 €	48,48 €	55,97 €	63,46 €	82,18 €
3) Pareti vs. ambienti climatizzati (altre U.I.):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	28,75 €	28,75 €	28,75 €	28,75 €	28,75 €
4) Solaio controterra/basamento: Isolamento pavimento interno	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,426 W/mq*K	0,323 W/mq*K	0,299 W/mq*K	0,260 W/mq*K	0,196 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	6 cm	9 cm	10 cm	12 cm	17 cm
	Sup. netta locali [m <sup>2</sup> ] →	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	1.758,85 €	2.480,50 €	2.721,05 €	3.202,15 €	4.404,90 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
5) Solaio copertura piana: Isolamento estradosso con	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,389 W/mq*K	0,280 W/mq*K	0,246 W/mq*K	0,219 W/mq*K	0,197 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	8 cm	12 cm	14 cm	16 cm	18 cm
	Sup. lorda cop. [m <sup>2</sup> ] →	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	3.100,59 €	4.462,23 €	5.143,05 €	5.823,87 €	6.504,70 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	15,50 €	22,31 €	25,72 €	29,12 €	32,52 €
6) Solaio vs. ambienti climatizzati (altre U.I.):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	1,042 W/mq*K	0,826 W/mq*K	0,685 W/mq*K	0,685 W/mq*K	0,452 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	1 cm	2 cm	3 cm	3 cm	6 cm
	Sup. netta locali [m <sup>2</sup> ] →	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	1.891,14 €	1.891,14 €	1.891,14 €	1.891,14 €	3.206,94 €
	Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €

7)	Serramenti (finestre esterne): Sostituzione serramenti PVC	Trasmittanza $U_w$ [ $W/m^2K$ ] →	2,200 $W/mq^*K$	2,200 $W/mq^*K$	1,600 $W/mq^*K$	x	x
		Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	20.512,24 €	20.512,24 €	21.609,26 €	0,00 €	0,00 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	102,56 €	102,56 €	108,05 €	0,00 €	0,00 €
7)	Sostituzione serramenti alluminio (AL)	Trasmittanza $U_w$ [ $W/m^2K$ ] →	x	x	x	1,200 $W/mq^*K$	1,200 $W/mq^*K$
		Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	30.854,18 €	30.854,18 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	154,27 €	154,27 €
8)	Schermature solari ai serramenti (E-S-O):	Applicazione ( $n^\circ$ tot.) →	Si (12)	Si (12)	Si (12)	x	x
		Sup. tot. applicazione [ $m^2$ ] →	42,00 mq	42,00 mq	42,00 mq	x	x
		Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	924,00 €	924,00 €	924,00 €	0,00 €	0,00 €
8)	Schermature solari ai serramenti (E-S-O): Installazione veneziane esterne (VE)	Applicazione ( $n^\circ$ tot.) →	x	x	x	Si (12)	Si (12)
		Fattore ombreggiamento [-] →	x	x	x	0,15	0,15
		Sup. tot. applicazione [ $m^2$ ] →	x	x	x	42,00 mq	42,00 mq
		Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.188,21 €	2.188,20 €
		10)	Impianto produzione acq. c. san. (ACS): Installazione caldaia	Pot. Utile nomin. [kW] →	120 kW	120 kW	120 kW
Rendimento [%] →	93,0%			93,0%	93,0%	x	x
Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	9.054,86 €			9.054,86 €	9.054,86 €	0,00 €	0,00 €
Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni			20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
% manutenzione annua [%] →	1,5%			1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	135,82 €			135,82 €	135,82 €	0,00 €	0,00 €
10)	Impianto produzione acq. c. san. (ACS): Installazione pompa di calore (PP)	Pot. Utile nomin. [kW] →	x	x	x	46 kW	46 kW
		Rendimento [%] →				da dati scheda	da dati scheda
		Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	25.815,42 €	25.815,42 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	18 anni	18 anni	18 anni	18 anni	18 anni
		% manutenzione annua [%] →	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	774,46 €	774,46 €
11)	Impianto accumulo acq. c. san. (ACS): Installazione boiler 1000 litri (B)	Accumulo [volume l] →	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri
		Temp. media accumulo [°C] →	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C
		Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	28,35 €	28,35 €	28,35 €	28,35 €	28,35 €
12)	Impianto generatore riscaldametro (GRI):	Pot. Utile nomin. [kW] →	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW
		Rendimento [%] →	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%
		Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	67,95 €	67,95 €	67,95 €	67,95 €	67,95 €
13)	Impianto distribuzione riscaldam. (DRI): Installazione circuito e radiatori alluminio	Complessivo [c.a.d.] →	6	6	6	6	6
		Rendimento [%] →	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%
		Costo iniz. Investim. $C_i$ [€] →	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	35 anni	35 anni	35 anni	35 anni	35 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) $C_M$ [€] →	603,05 €	603,05 €	603,05 €	603,05 €	603,05 €

14)	Impianto solare termico (ST): Installazione pannelli solari	Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	28.509,97 €	42.461,65 €	60.659,50 €	72.791,40 €	84.923,30 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	142,55 €	212,31 €	303,30 €	363,96 €	424,62 €
15)	Impianto solare fotovoltaico (PV): Installazione pannelli	Potenza install. picco [kWp] →	3,525 kWp	5,250 kWp	7,500 kWp	9,000 kWp	10,500 kWp
		Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	13.393,48 €	19.947,74 €	28.496,78 €	34.196,13 €	39.895,49 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	66,97 €	99,74 €	142,48 €	170,98 €	199,48 €

LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi, lettura orizzontale) INDIVIDUAZIONE SCENARIO (lettura verticale)						
PRESTAZIONE RAGGIUNTA NAMIRIAL TERMO ↓	SCENARIO 1 ↓	SCENARIO 2 ↓	SCENARIO 3 ↓	SCENARIO 4 ↓	SCENARIO 5 ↓	
Fabbisogno di energia utile per riscaldamento Q <sub>0,nd</sub> [kWh] →	18.099,500 kWh	14.482,100 kWh	12.354,700 kWh	8.921,400 kWh	7.591,600 kWh	
Energia utile per riscaldamento a mq di sup. totale dei locali Q <sub>0,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	46,769 kWh/mq	37,421 kWh/mq	31,924 kWh/mq	23,053 kWh/mq	19,617 kWh/mq	
Indice di prestazione per il riscaldamento EP <sub>0,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	47,200 kWh/mq anno	37,830 kWh/mq anno	32,320 kWh/mq anno	23,380 kWh/mq anno	19,970 kWh/mq anno	
Fabbisogno di energia utile per ACS Q <sub>0,nd</sub> [kWh] →	7.714,000 kWh	7.706,100 kWh	7.698,300 kWh	7.690,400 kWh	7.670,800 kWh	
Esigenza di energia utile per ACS a mq di sup. totale dei locali Q <sub>0,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	19,933 kWh/mq	19,912 kWh/mq	19,892 kWh/mq	19,872 kWh/mq	19,821 kWh/mq	
Energia primaria globale EP <sub>gl,tot</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	92,978 kWh/mq	81,933 kWh/mq	75,571 kWh/mq	54,026 kWh/mq	50,369 kWh/mq	
Energia primaria riscaldamento EP <sub>0,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	47,202 kWh/mq	37,827 kWh/mq	32,321 kWh/mq	23,376 kWh/mq	19,970 kWh/mq	
Energia primaria raffrescamento EP <sub>C,nd</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ] →	4,910 kWh/mq	6,451 kWh/mq	7,448 kWh/mq	6,356 kWh/mq	6,998 kWh/mq	
Percentuale fonte rinnovabile ACS [%] →	1,7%	1,9%	2,1%	100,0%	100,0%	
Percentuale fonte rinnovabile RISC., RAFFR., ACS [%] →	21,8%	30,4%	37,2%	87,5%	91,4%	
Coefficiente medio globale di scambio termico HT [-] →	0,55	0,48	0,44	0,37	0,34	
Area solare equivalente per unità di superficie [A <sub>sol,eq</sub> /A <sub>sup,util</sub> ] →	0,0298	0,0298	0,0299	0,0184	0,0185	
Efficienza impianto riscaldamento [-] →	0,8533	0,8564	0,8578	0,8600	0,8592	
Efficienza impianto acqua calda sanitaria [-] →	0,5342	0,5330	0,5315	0,7506	0,7439	
Efficienza media stagionale climatizzazione invernale [η <sub>i</sub> ] →	1,32	1,89	3,12	3,55	4,74	
Efficienza media stagionale produzione acqua calda sanitaria [η <sub>ac</sub> ] →	0,54	0,54	0,54	-	-	
Restituzione di energia primaria globale non rinnovabile EP <sub>gl,non</sub> [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	72,71 kWh/mq anno	57,01 kWh/mq anno	47,42 kWh/mq anno	6,58 kWh/mq anno	4,22 kWh/mq anno	
Utile prestazione di energia primaria globale rinnovabile EP <sub>gl,ren</sub> [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	20,26 kWh/mq anno	24,92 kWh/mq anno	28,15 kWh/mq anno	47,44 kWh/mq anno	46,15 kWh/mq anno	
Emissioni di CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> anno] →	14,31 kg/mq anno	11,22 kg/mq anno	9,34 kg/mq anno	1,30 kg/mq anno	0,83 kg/mq anno	
Consumo di energia elettrica della pompa di calore escluso ausiliari "Fabbisogno energia primaria" [kWh] →	0 kWh	0 kWh	0 kWh	696 kWh	691 kWh	
Consumo di energia elettrica prelevata da rete [kWh] →	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	
Consumo di gas naturale [Sm <sup>3</sup> ] →	2.525,36 Smc	1.976,49 Smc	1.641,86 Smc	227,51 Smc	145,04 Smc	
Consumo di energia prodotta da solare fotovoltaico [kWh] →	563 kWh	596 kWh	667 kWh	1.126 kWh	1.216 kWh	
Consumo di energia prodotta da solare termico [kWh] →	7.207 kWh	8.946 kWh	10.092 kWh	16.434 kWh	15.726 kWh	
Energia esportata in un anno [kWh/anno] →	3.339 kWh/anno	5.215 kWh/anno	7.635 kWh/anno	8.837 kWh/anno	10.407 kWh/anno	
<b>COSTO INIZIALE INVESTIMENTO TOTALE ↓</b>						
Costo investimento iniziale C <sub>i</sub> [€] →	155.682,22 €	181.646,89 €	212.036,53 €	260.799,32 €	288.079,70 €	
Costo investimento su superficie riscaldata C <sub>i</sub> [€/m <sup>2</sup> ] →	402,28 €/mq	469,37 €/mq	547,90 €/mq	673,90 €/mq	744,39 €/mq	
Costo manutenzione annua C <sub>M</sub> [€] →	1.349,66 €	1.479,62 €	1.634,11 €	2.427,78 €	2.560,95 €	
Costo manutenzione su superficie riscaldata C <sub>M</sub> [€/m <sup>2</sup> ] →	3,49 €/mq	3,82 €/mq	4,22 €/mq	6,27 €/mq	6,62 €/mq	

### III.2.4.5 Zona Climatica "F"

#### RIEPILOGO SOLUZIONI (EEO) ZONA F

EEM ↓	Descrizione ↓	LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi) ↓ ↓ ↓ ↓ ↓					
		Livello 1 ↓	Livello 2 ↓	Livello 3 ↓	Livello 4 ↓	Livello 5 ↓	
1)	Pareti esterne: Cappotto EPS	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,380 W/mq*K	0,319 W/mq*K	0,275 W/mq*K	0,228 W/mq*K	0,170 W/mq*K
		Spessore isol. [cm] →	7 cm	9 cm	11 cm	14 cm	20 cm
		Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq	425,02 mq
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	24.306,67 €	26.057,73 €	27.808,80 €	30.435,40 €	35.688,59 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	121,53 €	130,29 €	139,04 €	152,18 €	178,44 €
2)	Pareti vs. ambienti non climatizzati (scala):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,368 W/mq*K	0,311 W/mq*K	0,269 W/mq*K	0,237 W/mq*K	0,175 W/mq*K
		Spessore isol. [cm] →	8 cm	10 cm	12 cm	16 cm	20 cm
		Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq	95,76 mq
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	4.473,91 €	5.222,75 €	5.971,59 €	6.720,44 €	8.966,97 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	44,74 €	52,23 €	59,72 €	67,20 €	89,67 €



3) Pareti vs. ambienti climatizzati (altre U.I.):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm
	Sup. verticale [m <sup>2</sup> ] →	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq	36,96 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €	1.437,74 €
	Durata vita (tempo sostituzione)					
	Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	28,75 €	28,75 €	28,75 €	28,75 €	28,75 €
4) Solai controterra/basamento: Isolamento pavimento interno	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,426 W/mq*K	0,323 W/mq*K	0,278 W/mq*K	0,230 W/mq*K	0,171 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	6 cm	9 cm	11 cm	14 cm	20 cm
	Sup. netta locali [m <sup>2</sup> ] →	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq	141,50 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	1.758,85 €	2.480,50 €	2.961,60 €	3.683,25 €	5.126,55 €
	Durata vita (tempo sostituzione)					
	Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
5) Solaio copertura piana: Isolamento estradosso con	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	0,325 W/mq*K	0,246 W/mq*K	0,219 W/mq*K	0,197 W/mq*K	0,179 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	10 cm	14 cm	16 cm	18 cm	20 cm
	Sup. lorda cop. [m <sup>2</sup> ] →	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq	167,69 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	3.781,41 €	5.143,05 €	5.823,87 €	6.504,70 €	7.185,52 €
	Durata vita (tempo sostituzione)					
	Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,5%	1%	1%	1%	1%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	18,91 €	25,72 €	29,12 €	32,52 €	35,93 €
6) Solaio vs. ambienti climatizzati (altre U.I.):	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> *K] →	1,042 W/mq*K	0,826 W/mq*K	0,685 W/mq*K	0,685 W/mq*K	0,452 W/mq*K
	Spessore isol. [cm] →	1 cm	2 cm	3 cm	3 cm	6 cm
	Sup. netta locali [m <sup>2</sup> ] →	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq	129,00 mq
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	1.891,14 €	1.891,14 €	1.891,14 €	1.891,14 €	3.206,94 €
	Durata vita (tempo sostituzione)					
	Anni [A] →	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni	50 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,0%	0%	0%	0%	0%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
7) Serramenti (finestre esterne): Sostituzione serramenti PVC	Trasmittanza U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> *K] →	2,200 W/mq*K	1,600 W/mq*K	1,200 W/mq*K	x	x
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	20.512,24 €	21.609,26 €	22.794,79 €	0,00 €	0,00 €
	Durata vita (tempo sostituzione)					
	Anni [A] →	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
	Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	102,56 €	108,05 €	113,97 €	0,00 €	0,00 €
7) Sostituzione serramenti alluminio (AL)	Trasmittanza U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> *K] →	x	x	x	1,200 W/mq*K	1,200 W/mq*K
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	30.854,18 €	30.854,18 €
	Durata vita (tempo sostituzione)					
	Anni [A] →	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni	30 anni
	% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	154,27 €	154,27 €	
8) Schemature solari ai serramenti (E-S-O):	Applicazione (n° tot.) →	Si (12)	Si (12)	Si (12)	x	x
	Sup. tot. applicazione [m <sup>2</sup> ] →	42,00 mq	42,00 mq	42,00 mq	x	x
	Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	924,00 €	924,00 €	924,00 €	0,00 €	0,00 €

8)	Schedature solari ai serramenti (E-S-O): Installazione veneziane esterne (VE)	Applicazione (n° tot.) →	x	x	x	Si (12)	Si (12)
		Fattore ombreggiamento [-] →	x	x	x	0,15	0,15
		Sup. tot. applicazione [m <sup>2</sup> ] →	x	x	x	42,00 mq	42,00 mq
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	2.188,21 €	2.188,20 €
10)	Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione caldaia	Pot. Utile nomin. [kW] →	120 kW	120 kW	120 kW	x	x
		Rendimento [%] →	93,0%	93,0%	93,0%	x	x
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	9.054,86 €	9.054,86 €	9.054,86 €	0,00 €	0,00 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	135,82 €	135,82 €	135,82 €	0,00 €	0,00 €
10)	Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione pompa di calore (PP)	Pot. Utile nomin. [kW] →	x	x	x	46 kW	46 kW
		Rendimento [%] →				da dati scheda	da dati scheda
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	25.815,42 €	25.815,42 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	18 anni	18 anni	18 anni	18 anni	18 anni
		% manutenzione annua [%] →	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	0,00 €	0,00 €	0,00 €	774,46 €	774,46 €
11)	Impianto accumulo acq.c. san. (ACS): Installazione boiler 1000 litri (B)	Accumulo [volume l] →	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri
		Temp. media accumulo [°C] →	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €	2.835,35 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	28,35 €	28,35 €	28,35 €	28,35 €	28,35 €
12)	Impianto generatore riscaldametro (GRI):	Pot. Utile nomin. [kW] →	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW
		Rendimento [%] →	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €	4.530,13 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	67,95 €	67,95 €	67,95 €	67,95 €	67,95 €
13)	Impianto distribuzione riscaldam. (DRI): Installazione circuito e radiatori alluminio	Complessivo [c.a.d.] →	6	6	6	6	6
		Rendimento [%] →	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €	40.203,25 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	35 anni	35 anni	35 anni	35 anni	35 anni
		% manutenzione annua [%] →	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	603,05 €	603,05 €	603,05 €	603,05 €	603,05 €
14)	Impianto solare termico (ST): Installazione pannelli solari	Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	28.509,97 €	42.461,65 €	60.659,50 €	72.791,40 €	84.923,30 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni	20 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	142,55 €	212,31 €	303,30 €	363,96 €	424,62 €
15)	Impianto solare fotovoltaico (PV): Installazione pannelli	Potenza install. picco [kWp] →	3,525 kWp	5,250 kWp	7,500 kWp	9,000 kWp	10,500 kWp
		Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq
		Costo iniz. Investim. C <sub>i</sub> [€] →	13.393,48 €	19.947,74 €	28.496,78 €	34.196,13 €	39.895,49 €
		Durata vita (tempo sostituzione) Anni [A] →	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni	25 anni
		% manutenzione annua [%] →	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
		Costo operativo/manutenzione (% sul costo iniziale di investimento) C <sub>M</sub> [€] →	66,97 €	99,74 €	142,48 €	170,98 €	199,48 €

LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi, lettura orizzontale)					
INDIVIDUAZIONE SCENARIO (lettura verticale)					
PRESTAZIONE RAGGIUNTA NAMIRIAL TERMO ↓	SCENARIO 1 ↓	SCENARIO 2 ↓	SCENARIO 3 ↓	SCENARIO 4 ↓	SCENARIO 5 ↓
Fabbisogno di energia utile per riscaldamento $Q_{h,nd}$ [kWh] →	27.827,200 kWh	22.649,100 kWh	18.674,500 kWh	15.258,800 kWh	13.377,800 kWh
Energia utile per riscaldamento a mq di sup. totale dei locali $Q_{h,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ] →	71,905 kWh/mq	58,525 kWh/mq	48,255 kWh/mq	39,428 kWh/mq	34,568 kWh/mq
Indice di prestazione per il riscaldamento $EP_{h,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	72,630 kWh/mq anno	59,210 kWh/mq anno	48,890 kWh/mq anno	40,010 kWh/mq anno	35,250 kWh/mq anno
Fabbisogno di energia utile per ACS $Q_{e,nd}$ [kWh] →	8.536,800 kWh	8.528,100 kWh	8.519,400 kWh	8.510,700 kWh	8.484,600 kWh
Esigenza di energia utile per ACS a mq di sup. totale dei locali $Q_{e,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ] →	22,059 kWh/mq	22,036 kWh/mq	22,014 kWh/mq	21,991 kWh/mq	21,924 kWh/mq
Energia primaria globale $EP_{gl,tot}$ [kWh/m <sup>2</sup> ] →	126,382 kWh/mq	110,120 kWh/mq	97,844 kWh/mq	76,474 kWh/mq	70,945 kWh/mq
Energia primaria riscaldamento $EP_{h,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ] →	72,628 kWh/mq	59,206 kWh/mq	48,893 kWh/mq	40,013 kWh/mq	35,247 kWh/mq
Energia primaria raffrescamento $EP_{c,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ] →	1,248 kWh/mq	2,342 kWh/mq	3,562 kWh/mq	2,535 kWh/mq	2,968 kWh/mq
Percentuale fonte rinnovabile ACS [%] →	1,7%	1,9%	2,1%	98,0%	98,9%
Percentuale fonte rinnovabile RISC., RAFFR., ACS [%] →	16,0%	23,8%	31,0%	68,7%	74,2%
Coefficiente medio globale di scambio termico HT [-] →	0,52	0,45	0,39	0,35	0,32
Area solare equivalente per unità di superficie $[A_{sol,eq}/A_{sup,util}]$ →	0,0293	0,0294	0,0294	0,0178	0,0179
Efficienza impianto riscaldamento [-] →	0,8450	0,8510	0,8554	0,8549	0,8559
Efficienza impianto acqua calda sanitaria [-] →	0,5510	0,5498	0,5482	0,7523	0,7511
Efficienza media stagionale climatizzazione invernale $[\eta_{H}]$ →	1,09	1,34	1,77	1,79	2,04
Efficienza media stagionale produzione acqua calda sanitaria $[\eta_{H}]$ →	0,56	0,56	0,56	42,08	76,54
Reste di energia primaria globale non rinnovabile $EP_{gl,non}$ [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	106,13 kWh/mq anno	83,97 kWh/mq anno	67,49 kWh/mq anno	22,94 kWh/mq anno	17,58 kWh/mq anno
Utile prestazione di energia primaria globale rinnovabile $EP_{gl,ren}$ [kWh/m <sup>2</sup> anno] →	20,25 kWh/mq anno	26,16 kWh/mq anno	30,36 kWh/mq anno	53,54 kWh/mq anno	53,37 kWh/mq anno
Emissioni di CO <sub>2</sub> [kg/m <sup>2</sup> anno] →	20,89 kg/mq anno	16,53 kg/mq anno	13,29 kg/mq anno	4,53 kg/mq anno	3,47 kg/mq anno
Consumo di energia elettrica della pompa di calore escluso ausiliari "fabbisogno energia primaria" [kWh] →	0 kWh	0 kWh	0 kWh	1.833 kWh	1.612 kWh
Consumo di energia elettrica prelevata da rete [kWh] →	0 kWh	0 kWh	0 kWh	120 kWh	66 kWh
Consumo di gas naturale [Sm <sup>3</sup> ] →	4.098,00 Smc	3.237,00 Smc	2.598,00 Smc	858,00 Smc	659,00 Smc
Consumo di energia prodotta da solare fotovoltaico [kWh] →	667 kWh	684 kWh	744 kWh	1.643 kWh	1.669 kWh
Consumo di energia prodotta da solare termico [kWh] →	7.093 kWh	9.321 kWh	10.851 kWh	17.474 kWh	17 kWh
Energia esportata in un anno [kWh/anno] →	2.911 kWh/anno	4.644 kWh/anno	6.869 kWh/anno	7.492 kWh/anno	8.989 kWh/anno
<b>COSTO INIZIALE INVESTIMENTO TOTALE ↓</b>	<b>SCENARIO 1 ↓</b>	<b>SCENARIO 2 ↓</b>	<b>SCENARIO 3 ↓</b>	<b>SCENARIO 4 ↓</b>	<b>SCENARIO 5 ↓</b>
Costo investimento iniziale $C_1$ [€] →	157.613,00 €	183.799,15 €	215.393,39 €	264.086,74 €	292.857,62 €
Costo investimento su superficie riscaldata $C_1$ [€/m <sup>2</sup> ] →	407,27 €/mq	474,93 €/mq	556,57 €/mq	682,39 €/mq	756,74 €/mq
Costo manutenzione annua $C_M$ [€] →	1.361,19 €	1.492,26 €	1.651,57 €	2.443,69 €	2.584,98 €
Costo manutenzione su superficie riscaldata $C_M$ [€/m <sup>2</sup> ] →	3,52 €/mq	3,86 €/mq	4,27 €/mq	6,31 €/mq	6,68 €/mq

### III.3

#### - METODI -

Per il lavoro svolto all'interno di questa tesi si segue il Regolamento Delegato EU n°244/2012 che è di fondamentale importanza perché introduce un quadro metodologico che può essere così riassunto:

- 1) Definizione degli edifici di riferimento per categorie di edifici, ossia un edificio ipotetico o reale che sia rappresentativo della geometria, sistemi impiantistici, prestazioni energetiche di involucro e impianti, condizioni climatiche ed ubicazione geografica.
- 2) Identificazione delle Misure di Efficienza Energetica (Energy Efficiency Measures =**EEM**), ossia i possibili elementi o pacchetti di intervento per soddisfare almeno i requisiti minimi individuati dallo Stato.
- 3) Calcolo del fabbisogno di energia primaria per ogni pacchetto di EEM, ossia il fabbisogno di energia per riscaldamento e raffrescamento e per ventilazione, acqua calda sanitaria (=ACS o Domestic Hot Water =**DHW**) e illuminazione; deducendo l'energia prodotta in loco.
- 4) Calcolo del costo globale in termini di Valore Attuale Netto (=VAN o Net Present Value =**NPV**) per ciascuna proposta, come individuato dalle formule poco sopra. All'interno di questo punto, si stabilisce come per gli edifici residenziali e pubblici si debba usare un ciclo economico di 30 anni e per gli altri edifici non residenziali e commerciali un periodo di 20 anni; esortando gli Stati a seguire le ulteriori indicazioni della norma EN 15459.
- 5) [...]
- 6) Derivazione di un livello ottimale in funzione dei costi della prestazione energetica.

Per quanto riguarda i primi due punti relativi a edifici e a EEM si è già discusso nel capitolo dei materiali perché sono i dati di partenza per il proseguo del lavoro. Nel seguito si analizza la metodologia relativa alla prestazione energetica, ai costi e alla definizione dei livelli ottimali. Per mancanza di tempo e non attinenza all'obiettivo proposto dalla tesi, non si esegue una analisi di sensitività (punto 5) e pertanto questo aspetto non viene indagato.

### *III.3.1 MODELLAZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE*

Il software utilizzato per la modellazione e la definizione delle prestazioni energetiche è NAMIRIAL TERMO alla versione v.4.9. Il programma permette l'analisi energetica in regime quasi-stazionario ed è stato sviluppato in collaborazione con l'Università Politecnica delle Marche. Il 15/03/2017 Termo ha ottenuto dal Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente (=CTI) il certificato di conformità alle norme: UNI/TS 11300-1:2014, UNI/TS 11300-2:2014, UNI/TS 11300-3:2010, UNI/TS 11300-4:2016, UNI/TS 11300-5:2016, UNI/TS 11300-6:2016 e alla UNI EN 15193:2008. Il software è compatibile con le più recenti specifiche tecniche (UNI/TS 11300-1:2014, UNI/TS 11300-2:2019, UNI/TS 11300-3:2010, UNI/TS 11300-4:2016, UNI/TS 11300-5:2016, UNI/TS 11300-6:2016), adeguato ai più recenti dati climatici (UNI 10349:2016) e in linea con la normativa vigente (Legge 10/91, D.P.R. n° 412/93, D.Lgs. 192/2005 e D.M. 26/06/2015) in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici e con la Finanziaria 2008 e D.M. 19/02/2007 aggiornato dal D.M. 07/04/2008 e D.M. 26/01/2010. Il tutto come riportato sul sito internet del produttore del software.

Il software permette di verificare, in accordo con le norme sopra citate, le componenti edilizie dal punto di vista termo-igrometrico, di verificare il sistema impiantistico (produzione elettricità, impianto ACS, impianto riscaldamento, impianto raffrescamento, impianto di ventilazione meccanica controllata, impianto di illuminazione), di calcolare le prestazioni energetiche degli edifici e di attribuire agli stessi una classificazione. La classificazione, attribuita negli Attestati di Prestazione Energetica (=APE), avviene mediante la valutazione dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile ( $EP_{gl,nren}$ ). Vi sono 7 classi che partono dalla più bassa G (edificio energeticamente inefficiente) e arrivano alla classe A, suddivisa poi in ulteriori 4 livelli di prestazione crescente: A1, A2, A3, A4 (edificio estremamente efficiente). Si riporta di seguito un esempio con le classi dell'APE.

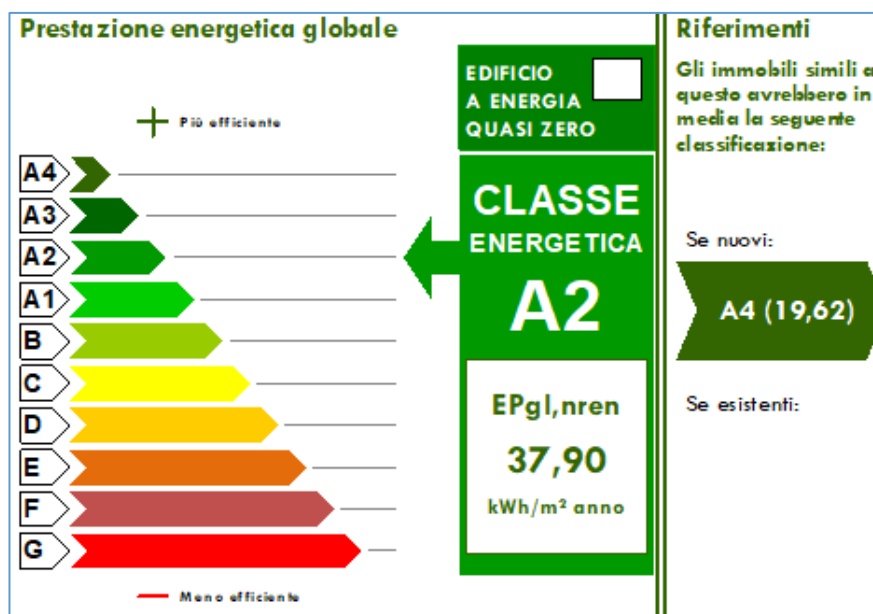


Figura 78 – Esempio estratto classificazione della prestazione energetica. Fonte NAMIRIAL TERMO.

Il software necessita di numerosi dati di input per poter eseguire l’analisi prestazionale; di seguito si riportano i concetti per l’inserimento dei valori.

### III.3.1.1 Dati Climatici

I primi dati da inserire sono quelli relativi alla destinazione d’uso dell’edificio e alla località per determinare gli input climatici (si vedano le *figure da 26 a 32* nel paragrafo “III.2.1 CASO STUDIO”).

Il territorio italiano è suddiviso in zone climatiche dipendenti dai gradi giorno, ossia in base al clima medio del Comune indipendentemente dal luogo geografico (però entrano in gioco latitudine, altitudine, ed altri fattori che appunto ne determinano il clima) secondo il D.P.R. 26 agosto 1993 n°412 consolidato 2018 [5]. Queste zone sono suddivise in base all’entità dei gradi giorno.

Zona Climatica	Gradi Giorno	Zona climatica	Periodo di accensione	Orario consentito
A	< 600	A	1° dicembre – 15 marzo	6 ore giornaliere
B	600 - 900	B	1° dicembre – 31 marzo	8 ore giornaliere
C	901 - 1.400	C	15 novembre – 31 marzo	10 ore giornaliere
D	1.401 - 2.100	D	1° novembre – 15 aprile	12 ore giornaliere
E	2.101 - 3.000	E	15 ottobre – 15 aprile	14 ore giornaliere
F	> 3.000	F	nessuna limitazione	nessuna limitazione

Figura 79 – Estratti riassuntivi delle zone climatiche suddivise per gradi giorno e periodo di riscaldamento. Fonte: D.P.R. n°412 del 26 agosto 1993.

Il programma TERMO utilizza le norme aggiornate con i dati climatici derivanti dalla UNI 10349:2016.

L'edificio è destinato ad abitazione e, secondo la “classificazione degli edifici per categorie” individuata dal D.P.R. n°412 [5], rientra nella voce “E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili: E.1 (1), E.1 (2), E.1 (3)”; per questi la temperatura invernale degli ambienti interni è fissata a 20°C. In tutti i siti è considerato un condominio posto in centro città, quindi con coefficiente di schermatura dal vento “Sito riparato (centro città)”.

### III.3.1.2 Metodo Di Calcolo

Il secondo passaggio da operare all'interno del software è quello di inserire il metodo di calcolo, ossia la data di intervento, il tipo di intervento e la normativa di riferimento.

Normativa di calcolo / verifica	
Data di applicazione verifiche	31/01/2021 ⓘ
Normativa	Nazionale - D.Lgs 192/2005 - UNI/TS 11300 ▾
Tipo di intervento	
Edificio	Ristrutturazione importante di primo livello ▾
Impianto	Nuova installazione o ristrutturazione di impianti termici in edifici esistenti ▾
	<input type="checkbox"/> Ristrutturazione integrale di edificio con superficie utile superiore a 1000 m <sup>2</sup>
	<input type="checkbox"/> Verifica divisori ⓘ
Metodo di calcolo	
Scambi terreno	Analitico - UNI EN ISO 13370 ▾
Capacità termica	Analitico - UNI EN ISO 13786 ▾ ⓘ
Carichi estivi	Nessuno ▾
Modalità di inserimento dati	Inserimento dati tramite CAD ▾ ⓘ
	<input checked="" type="checkbox"/> Usa livello medio del terreno
Modalità di input superfici disperdenti	Superfici esterne ▾ ⓘ

Figura 80 – Estratto relativo alla normativa di calcolo impiegata. Fonte: NAMIRIAL TERMO.

La data di intervento è scelta al 2021, perché il livello 4 di prestazione delle misure corrisponde ai requisiti dell'edificio al 2021; inoltre non è vincolante perché i livelli più bassi hanno prestazioni peggiori, come già indicato in precedenza. Il tipo di intervento e la normativa corrispondono alla ristrutturazione importante di primo livello e al D.M. 26/06/2015.

Il calcolo più rilevante ai fini di questo lavoro di tesi è quello relativo all'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile  $EP_{gl,nren}$ . Secondo il D.M. 26/06/2015 il calcolo avviene attraverso la formula generale seguente:

$$EP_{gl,nren} = EP_{H,nren} + EP_{W,nren} + EP_{C,nren} + EP_{V,nren} + EP_{L,nren} + EP_{T,nren}$$

Dove:

- $EP_{H,nren}$ : fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale;
- $EP_{W,nren}$ : fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria;
- $EP_{C,nren}$ : fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione estiva;
- $EP_{V,nren}$ : fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la ventilazione;
- $EP_{L,nren}$ : fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per l'illuminazione;
- $EP_{T,nren}$ : fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per il trasporto di persone o cose.

In questo lavoro di tesi sono considerati solamente gli indici che influenzano la prestazione invernale dei casi studio. Gli indici considerati sono  $EP_{H,nren}$ ,  $EP_{W,nren}$  e  $EP_{V,nren}$ , mentre quelli non considerati sono  $EP_{C,nren}$  relativo al raffrescamento estivo,  $EP_{L,nren}$  e  $EP_{T,nren}$ , questi ultimi non considerati in quanto obbligatori solo per il calcolo dell'illuminazione e del trasporto delle persone in edifici non residenziali. Con le considerazioni fatte, la formula diventa così:

$$EP_{gl,nren} = EP_{H,nren} + EP_{W,nren} + EP_{V,nren}$$

Gli scenari studiati individuano interventi di ristrutturazione importante di edifici esistenti, perché il Decreto Interministeriale del 26 giugno 2015 [\[25\]](#) riporta:

- a) “ristrutturazioni importanti di primo livello: l'intervento, oltre a interessare l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 50% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio, comprende anche la ristrutturazione dell'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito



all'intero edificio. In tali casi i requisiti di prestazione energetica si applicano all'intero edificio [...]”.

Detto ciò, da legge, è possibile utilizzare la procedura di calcolo standardizzato partendo dai dati climatici e di progetto dell'edificio.

### *III.3.1.3 Modello Strutture: Pareti, Solai, Finestre, Ponti Termici*

Il passo successivo consiste nel modellare le componenti edilizie: pareti, solai, finestre, porte e ponti termici. Il software permette di creare diversi tipi di elementi partendo da un database di materiali o da materiali definiti dall'utente. Questa flessibilità permette di ottenere componenti caratterizzati da diversi parametri: trasmittanza termica, trasmittanza periodica, massa superficiale, smorzamento e sfasamento per le strutture opache; trasmittanza del serramento per gli infissi; trasmittanza lineica per i ponti termici. Di seguito sono analizzati alcuni aspetti e termini più significativi per il lavoro in esame; non sono riportati quelli per il comportamento estivo (smorzamento, sfasamento, trasmittanza termica periodica, massa superficiale) perché appunto non analizzato.

A) La trasmittanza termica  $U$  è il parametro principale utilizzato per calcolare le dispersioni termiche attraverso l'involucro di un edificio. La trasmittanza termica rappresenta il flusso di calore che passa attraverso una struttura di  $1\text{m}^2$  di superficie e con una differenza di temperatura, tra gli ambienti delimitati dalla struttura stessa, pari ad  $1\text{K}$ . L'unità di misura è il  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ . La norma di riferimento per il calcolo della trasmittanza termica e della resistenza termica è la UNI EN ISO 10077-1:2018. Più basso è il valore di trasmittanza termica degli elementi che costituiscono l'involucro edilizio, minore sarà il flusso di calore che attraversa gli elementi stessi. Il calcolo della trasmittanza termica per elementi opachi può essere quindi fatto attraverso la seguente formula:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_{si} + \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{s_n}{\lambda_n} + R_n + R_a + R_{se}}$$

*Figura 81 – Formula della trasmittanza termica per strati omogenei.*

dove R rappresenta la resistenza termica totale della parete calcolata come somma delle resistenze termiche di tutti gli strati che compongono la parete stessa:

- $R_{si}$ : resistenza liminare della superficie interna della struttura,  $R_{si}=1/(h_c+h_r)$  dipende dal coefficiente di convezione relativo alla direzione del flusso termico (ascendente, orizzontale, discendente) e dal coefficiente di irraggiamento della superficie [ $m^2 K/W$ ];

Resistenza superficiale $m^2K/W$	Direzione del flusso termico		
	ascendente	orizzontale	discendente
$R_{si}$	0,10	0,13	0,17
$R_{se}$	0,04	0,04	0,04

Figura 82 – Valori delle resistenze superficiali.

- $S/\lambda$ : resistenza termica di uno o più strati di materiale omogeneo, [ $m^2 K/W$ ];
- $R_n=1/C$ : resistenza termica di strati di materiale non omogeneo, [ $m^2 K/W$ ];
- $R_a$ : resistenza termica di eventuali intercapedini, [ $m^2 K/W$ ];
- $R_{se}$ : resistenza liminare della superficie esterna della struttura,  $R_{se}=1/(h_c+h_r)$  dipende dal coefficiente di convezione relativo alla velocità del vento e dal coefficiente di irraggiamento della superficie [ $m^2 K/W$ ];
- $C$ : conduttanza termica, [ $W/m^2K$ ];
- $\lambda$ : conduttività termica dei materiali, [ $W/mK$ ]; è una misura dell'attitudine di una sostanza a trasmettere il calore. Tale grandezza è il rapporto, in condizioni stazionarie, fra il flusso di calore e il gradiente di temperatura che provoca il passaggio del calore;

$$\lambda_d = \lambda_D \cdot F_T \cdot F_m \cdot F_a \quad (10.3)$$

dove:

- $\lambda_d$  è il valore di conducibilità termica da utilizzare, [ $mK/W$ ];
- $\lambda_D$  è la conducibilità termica misurata in condizioni standard e dichiarata dal produttore, [ $mK/W$ ];
- $F_T$  è il fattore di conversione che tiene conto della temperatura;
- $F_m$  è il fattore di conversione che tiene conto della presenza di umidità;
- $F_a$  è il fattore di conversione che tiene conto dell'invecchiamento del materiale.

Figura 83 – Formula della conducibilità di progetto.

- $S_i$ : spessore strato i-esimo della parete, [ $m$ ].

B) Per gli infissi il parametro più importante è la trasmittanza termica del serramento, ottenuto con la seguente formula:

$$U_w = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f}$$

Figura 84 – Formula per calcolare la trasmittanza termica del serramento  $U_w$ .

dove:

- $A_g$  = area visibile dell'elemento vetrato, espressa in  $m^2$ ;
- $U_g$  = trasmittanza termica dell'elemento vetrato, espressa in  $W/(m^2 K)$ ;
- $A_f$  = superficie del telaio calcolata facendo riferimento alla larghezza totale del telaio e moltiplicata per la lunghezza del telaio lungo il perimetro del serramento, espressa in  $m^2$ ;
- $U_f$  = trasmittanza termica del telaio, espressa in  $W/(m^2 K)$ ;
- $l_g$  = lunghezza del telaio, valutata lungo il perimetro dell'elemento vetrato, espressa in m;
- $\Psi_g$  = trasmittanza termica lineare del giunto tra telaio e vetrata, espressa in  $W/(m K)$ .

Per quanto riguarda il valore  $U_g$ , questo è influenzato dal trattamento superficiale sulle facce dei vetri (esempio: basso emissivo), dalla presenza e spessore delle intercapedini d'aria e dalla presenza o meno di gas nobili nelle intercapedini.

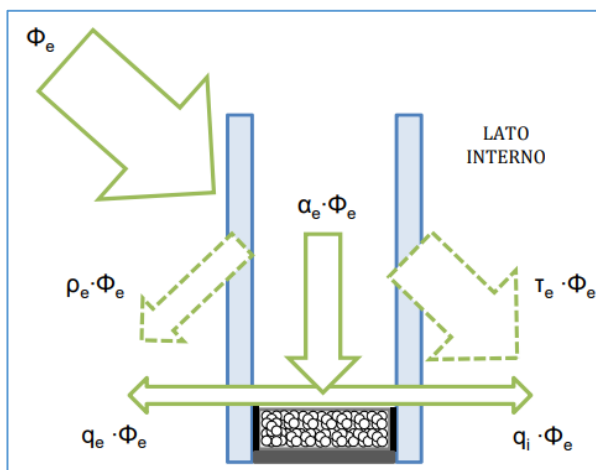


Figura 85 – Raffigurazione del comportamento termico ed ottico del vetro.

Il distanziatore è un elemento che contribuisce a ridurre la prestazione energetica del serramento, serve a garantire la resistenza meccanica della vetratura doppia o tripla e può essere realizzato in alluminio, metallo o polimeri rinforzati. Nel

distanziatore vengono posti sali igroscopici per evitare la condensa all'interno dell'intercapedine d'aria. Il ponte termico dovuto al distanziatore è valutabile con le tabelle sottostanti.

<b>Materiali del telaio</b>	<b>Vetrata doppia o tripla non rivestita, intercapedine con aria o gas <math>\Psi</math> [W/mK]</b>	<b>Vetrata doppia con bassa emissività, vetrata tripla con due rivestimenti a bassa emissività intercapedine con aria o gas <math>\Psi</math> [W/mK]</b>
Telaio in legno o telaio in PVC	0,06	0,08
Telaio in alluminio con taglio termico	0,08	0,11
Telaio in metallo senza taglio termico	0,02	0,05

<b>Materiali del telaio</b>	<b>Vetrata doppia o tripla non rivestita, intercapedine con aria o gas <math>\Psi</math> [W/mK]</b>	<b>Vetrata doppia con bassa emissività, vetrata tripla con due rivestimenti a bassa emissività intercapedine con aria o gas <math>\Psi</math> [W/mK]</b>
Telaio in legno o telaio in PVC	0,05	0,06
Telaio in alluminio con taglio termico	0,06	0,08
Telaio in metallo senza taglio termico	0,01	0,04


Figura 86 – Trasmittanz termica lineica del ponte termico dovuto al distanziatore.

All'interno del software TERMO c'è una sezione di modellazione delle caratteristiche geometriche degli elementi vetrati con annessi telai e componenti opachi. In alternativa si possono definire le dimensioni geometriche dell'elemento e attribuire il valore  $U_w$  come stabilito da scheda tecnica del produttore dell'infisso. Nel caso specifico, si è usato il secondo metodo, molto più veloce e correlato ai valori della voce di prezzo. Inoltre, sono state attribuite tutte le caratteristiche di isolamento del cassonetto per l'avvolgibile, della sottofinestra, di trasmissione solare, del ponte termico e degli oscuranti; il tutto visibile dalle figure sottostanti di esempio.


Tipologia **Finestra esterna** ⓘ

Doppio serramento

Trasmittanza finestra  W/m²K

Trasmittanza edificio riferimento  W/m²K  Escludi dalle verifiche 


Dati finestra **Sottofinestra e cassonetto** Riepilogo finestra

Dati forniti dal produttore  

**Vetrata**

Area  =  m²

Perimetro  =  m

Struttura  

Trasmittanza vetro  W/m²K

**Pannello opaco**

Area  =  m²

Perimetro  =  m

Trasmittanza  W/m²K Trasmittanza lineica ponte termico  W/mK


Trasmittanza  W/m²K

Figura 87 – Estratto dati di esempio di una finestra: dati geometrici e trasmittanza. Fonte : NAMIRIAL TERMO.

Tipologia **Finestra esterna** ⓘ



Doppio serramento

Trasmittanza finestra  W/m²K

Trasmittanza edificio riferimento  W/m²K  Escludi dalle verifiche 

Dati finestra **Sottofinestra e cassonetto** Riepilogo finestra

**Sottofinestra**

Struttura   

Altezza  m

Area  m²

Trasmittanza  W/m²K

**Cassonetto**

Altezza  m

Area  m²


Trasmittanza  W/m²K 

Figura 88 – Estratto dati di esempio di una finestra: cassonetto e sottofinestra. Fonte : NAMIRIAL TERMO.

Tipologia		Finestra esterna			
<input type="checkbox"/> Doppio serramento					
Trasmittanza finestra		2,200	W/m <sup>2</sup> K		
Trasmittanza edificio riferimento		2,200	W/m <sup>2</sup> K	<input type="checkbox"/> Escludi dalle verifiche	Stampa scheda
Dati finestra		Sottofinestra e cassonetto		Riepilogo finestra	
Finestra					
Area	2,8*2,1	=	5,880	m <sup>2</sup>	
Perimetro	(2,8+2,1)*2	=	9,800	m	
Larghezza	2,800	m			
Chiusure oscuranti					
Resistenza termica aggiuntiva dovuta a chiusure chiuse		0,165	m <sup>2</sup> K/W		
Trasmittanza finestra con chiusura chiusa		1,848	W/m <sup>2</sup> K		
Ponte termico associato alla finestra					
Ponte termico	W1_Finestra/Parete Lv.2				
Trasmissione solare		0,67			
Classe del serramento		0			

Figura 89 – Estratto dati di esempio di una finestra: oscuranti e ponte termico associato. Fonte : NAMIRIAL TERMO.

C) Per quanto riguarda i ponti termici, questi sono i punti singoli dell'involucro edilizio, attraverso i quali si ha una dispersione di calore localizzata superiore a quella delle superfici adiacenti. Si hanno ponti termici per:

- variazioni della continuità del materiale costituente l'involucro edilizio;
- modifiche della geometria;
- elementi passanti di fissaggio;
- presenza di elementi strutturali o di raccordo.

In corrispondenza di questi punti singoli si rileva un incremento del flusso termico, associato a una deviazione delle linee di flusso e ad una variazione puntuale delle distribuzioni di temperatura. Questo fatto, caratterizzato da una riduzione della temperatura superficiale interna, comporta un rischio di formazione di condensazione superficiale che, protratta nel tempo, porta al degrado dei materiali di finitura e alla formazione di muffe e crescite biologiche. I ponti termici

portano ad un incremento delle dispersioni termiche per trasmissione dell'edificio. Queste sono rappresentate dal coefficiente seguente:

$$H_T = \sum_{i=1}^n A_i \cdot U_i + \sum_{k=1}^m L_k \cdot \psi_k$$

dove:

$H_T$  è il coefficiente di dispersione termica per trasmissione, [W/K];

$A_i$  è la superficie disperdente i-esima, [m<sup>2</sup>];

$U_i$  è la trasmittanza termica della i-esima superficie disperdente, [W/m<sup>2</sup>K];

$L_k$  è la lunghezza della k-esima interfaccia di ponte termico, [m];

$\psi_k$  è la k-esima trasmittanza termica lineica, [W/mK].

Figura 90 – Formula per calcolare la trasmittanza termica del serramento  $U_w$ .

Il valore di  $\psi$  è influenzato dalla qualità/caratteristiche del nodo costruttivo, dalle dimensioni di riferimento con cui viene calcolato (dimensioni interne o esterne) e dal valore di trasmittanza  $U$  delle superfici adiacenti al nodo costruttivo. Il software permette di calcolare la trasmittanza termica lineica mediante atlante dei ponti termici o abaco nazionale dei ponti termici CENED; in questo lavoro è stato usato l'atlante dei ponti termici in cui si inseriscono le dimensioni geometriche del nodo e i parametri energetici dei componenti del particolare costruttivo stesso. Altri metodi più raffinati usano il calcolo agli elementi finiti, questo metodo non è considerato perché vista la natura della sperimentazione di indirizzamento nelle fasi preliminari alla progettazione non si ritiene utile spendere risorse di tempo, di energia e di sforzi per una modellazione raffinata. Alla fine, basta inserire nel "Layout" il ponte termico ed associargli la lunghezza per completare il calcolo da parte del software.

#### III.3.1.4 Modello Impianto: Centrale Elettrica e Termica

Il passaggio successivo consiste nel modellare l'impianto; l'ordine proposto dal programma è: centrale elettrica, centrale termica.

A) Nella sezione "centrali elettriche" è possibile inserire il generatore fotovoltaico, eolico o idroelettrico; in questo lavoro si è già visto che si usa un

impianto fotovoltaico. All'interno si possono inserire le caratteristiche dei pannelli, come orientamento, inclinazione, tipologia, albedo e dimensioni. Alla voce albedo si attribuisce la caratteristica "Tetti e terrazzi in bitume". Si riporta la figura di esempio seguente.

**Generatore fotovoltaico**

Descrizione e caratteristiche tecniche

Metodo di calcolo: UNI/TS 11300-4

Superficie captante: 35,000 m<sup>2</sup>

Modalità inserimento dati: Conosco il tipo di pannello

Tipo di pannello: Silicio monocristallino

Fattore di potenza di picco: 0,150

Potenza di picco: 5,250 kWp

Inclinazione: 60 ° Orientamento: 0 °

Integrazione moduli: Moduli moderatamente ventilati

Efficienza sistema: 0,750

Albedo medio mensile

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13

Albedo medio annuo: 0,13

Tipo supporto: Supporto metallico

Figura 91 – Estratto di esempio della modellazione dell'impianto fotovoltaico. Fonte: NAMIRIAL TERMO.

B) Nella sezione "centrali termiche" è possibile inserire i componenti della centrale termica, quali generatori per ACS e riscaldamento o combinati. Tra i possibili generatori ci sono: a combustione, pompa di calore, teleriscaldamento, cogenerazione, scaldacqua, elettrico, solare termico. Nella sperimentazione in oggetto, in base allo scenario, si possono adottare: generatore a combustione con caldaia a gas a condensazione, pompa di calore e solare termico. Per la centrale termica si possono impostare parametri come il tipo di impianto centralizzato o autonomo; come avviene la distribuzione e con quale fluido termovettore; se c'è la presenza della ventilazione meccanica o centrali elettriche e a quali zone termiche è a servizio. Successivamente si possono specificare le caratteristiche tecniche dei componenti (esempio: caldaia, pompa di calore, solare termico) come rendimento,



dimensioni e parametri di generazione, ma anche la normativa di riferimento su cui basare il metodo di calcolo.

Nel presente lavoro sono stati inseriti i generatori termici individuati nel capitolo “III.2 – MATERIALI –“. Alla caldaia a gas è stato associato il rendimento descritto nelle schede tecniche fornite dai produttori, i cui dati sono riepilogati sempre nello stesso capitolo. Per la pompa di calore si applica il COP (coefficiente di prestazione). Vengono utilizzati i dati forniti dai produttori (come indicato dal lavoro di tesi precedente).


Si riportano sotto gli estratti con i parametri impostati.

Dati generali	Ripartizione	Distribuzione primaria	Ventilazione	Centrali elettriche	Descrizione impianto
Tipo sistema	Riscaldamento + acqua calda sanitaria				
Tipo impianto	Impianto centralizzato				
Generatori della centrale termica					
Generatore					
Caldaia Cond. metano ACS 120 kw					
Solare termico 35mq					
Caldaia Cond. metano RISC.Viessmann Vitodens 141-E 24kW					
<input checked="" type="checkbox"/> Regolazione e contabilizzazione del calore		<input type="checkbox"/> Contabilizzazione diretta del calore			
<input checked="" type="checkbox"/> Regolazione e contabilizzazione dell'ACS		<input type="checkbox"/> Contabilizzazione diretta dell'ACS			
Zone termiche servite dalla centrale termica					
Zona					
APPARTAMENTO 1					
APPARTAMENTO 2					
APPARTAMENTO 3					
APPARTAMENTO 4					
APPARTAMENTO 6					
APPARTAMENTO 5					

Figura 92 – Estratto di esempio della modellazione della centrale termica. Fonte: NAMIRIAL TERMO.

### Generatore a combustione

Dati generali   Dati tecnici   Distribuzione   Emissione

Combustibile utilizzato:  

Metodo di calcolo:

Dati generali   Parametri generatore

Tipo generatore:

Tipologia generatore:

Ubicazione:



Fluido termovettore:

Ripartizione del carico:

Funzionamento ACS istantaneo

Potenza al focolare nominale:  kW

Potenza utile nominale:  kW

Rendimento termico: al 100%  %  al 30%  % 

Tipo di bruciatore:

Figura 93 – Estratto di esempio della modellazione caldaia a condensazione per ACS. Fonte: NAMIRIAL TERMO.

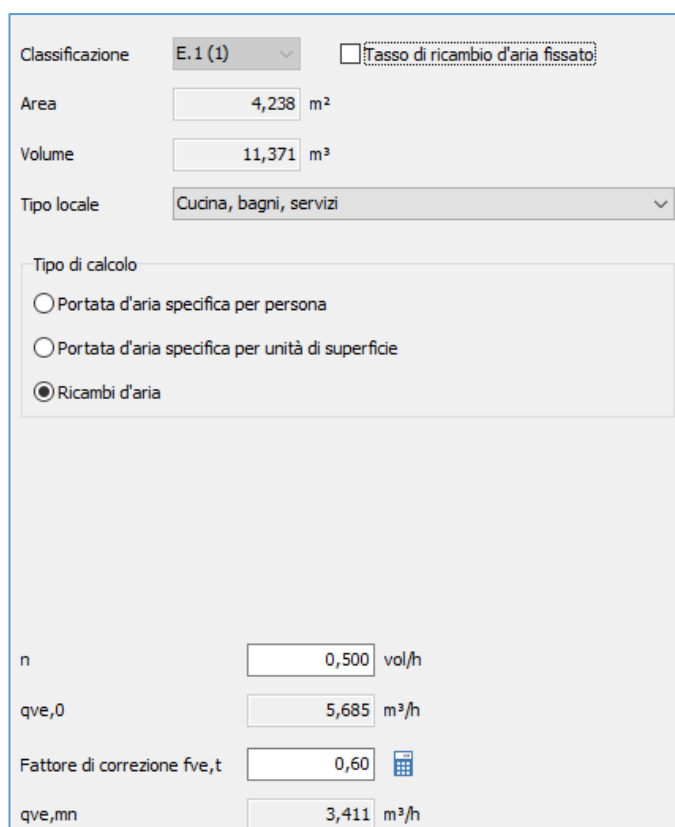
#### III.3.1.5 Modello Geometrico: Zone Termiche, Layout

L'ultimo passaggio consiste nella definizione delle zone termiche e nel disegno dell'edificio.

Per le zone termiche, bisogna inserire la loro destinazione, in modo tale da permettere al software di capire se fanno parte dell'ambiente riscaldato o di quello non calcolato come per il vano scala. Inoltre, vanno inseriti i dati di classificazione della zona termica, perché così si individuano i valori di set point per le temperature; gli input relativi alla ventilazione, in questo lavoro si applica la ventilazione naturale con un ricambio d'aria di 0,5vol/h; e infine le caratteristiche del sottosistema di regolazione, di emissione e di distribuzione per l'ACS e per il riscaldamento. Riguardo ai sottosistemi di emissione e distribuzione, le temperature

di set point di mandata e ritorno variano a seconda della tipologia di impianto, mentre il calcolo per le perdite è stato svolto secondo il metodo semplificato previsto dalla UNI/TS 11300-2:2014 (prospetti 21/22/23 per il riscaldamento e prospetto 24 per l'ACS). (si veda il capitolo “III.2 – MATERIALI –”).

All'interno della sezione “layout” è possibile inserire tutti i componenti edilizi partendo da un file importato, da seguire come base. In questa fase si inseriscono muri, solai, porte, finestre, ponti termici e vani. Di particolare interesse risulta l'attribuzione dei solai ai vani e la definizione dettagliata di quanto riguarda la ventilazione, anche nel bagno viene applicata una ventilazione naturale con ricambi d'aria pari a 0,5vol/h; come si osserva nella figura sotto.



Classificazione	E. 1 (1)	<input type="checkbox"/> Tasso di ricambio d'aria fissato
Area	4,238	m <sup>2</sup>
Volume	11,371	m <sup>3</sup>
Tipo locale	Cucina, bagni, servizi	
Tipo di calcolo		
<input type="radio"/> Portata d'aria specifica per persona		
<input type="radio"/> Portata d'aria specifica per unità di superficie		
<input checked="" type="radio"/> Ricambi d'aria		
n	0,500	vol/h
qve,0	5,685	m <sup>3</sup> /h
Fattore di correzione fve,t	0,60	
qve,mn	3,411	m <sup>3</sup> /h

Figura 94 – Estratto di esempio della modellazione della ventilazione del vano bagno. Fonte: NAMIRIAL TERMO.

Per le porte è necessario modificare le dimensioni in 0,90m\*2,10m.

Inoltre, bisogna porre attenzione ai muri e alle finestre per l'attribuzione ad entrambi dei fattori di riduzione per l'ombreggiatura dovuti ad aggetti verticali e orizzontali come i balconi; per i muri si pone attenzione anche alla voce del colore, qui impostata per tutti su “medio”.

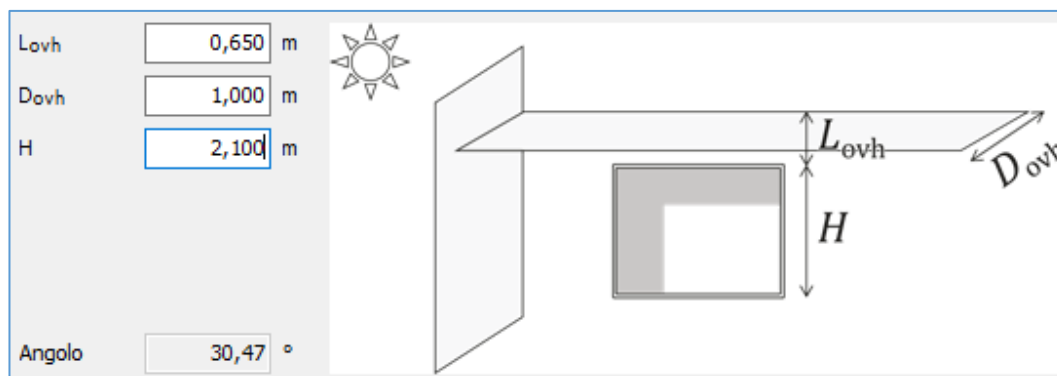


Figura 95 – Estratto di esempio della modellazione delle ostruzioni per il fattore di ombreggiatura. Fonte: NAMIRIAL TERMO.

Per finire, nelle finestre è presente il fattore dovuto a tendaggi, da inserire per quelle finestre in cui sono previsti sistemi schermanti come le tende e le veneziane.

La modellazione si conclude inserendo i ponti termici e la loro lunghezza, per quelli relativi alle finestre erano già stati associati nella fase di creazione delle stesse, quindi non bisogna inserirli doppiamente.

Al termine, si esegue il comando di calcolo e si indagano le verifiche e l'Attestato di Prestazione Energetica presenti nella sezione “verifiche legge 10” o comando “stampa”.

### III.3.2 METODO LCC e COST-OPTIMAL

Come indicato nel capitolo del quadro normativo, la Direttiva 2010/31/UE [18] introdusse il “livello ottimale in funzione dei costi”, ossia un livello di prestazione energetica che comporta il costo più basso durante il ciclo di vita economico tenendo conto dei costi di investimento, di manutenzione, di funzionamento e, eventualmente, di smaltimento. Per completare il tutto, il Regolamento Delegato (UE) n°244/2012 [20] istituì un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici. Secondo il Regolamento vi sono due prospettive di calcolo; nel lavoro si è adottata la prospettiva finanziaria.

Per quanto riguarda il calcolo dei costi per la prospettiva finanziaria si ha la seguente formula:

$$C_g(\tau) = C_I + \sum_j \left[ \sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right]$$

dove:

$\tau$  è il periodo di calcolo

$C_g(\tau)$  rappresenta il costo globale (riferito all'anno iniziale  $\tau_0$ ) nell'arco del periodo di calcolo

Figura 96 – Estratto della formula per calcolo dei costi globali (finanziaria). Fonte: Regolamento UE n°244/2012

$C_I$  rappresenta il costo iniziale dell'investimento per la misura o l'insieme di misure j

$C_{a,i}(j)$  rappresenta il costo annuale durante l'anno i per la misura o l'insieme di misure j

$V_{f,\tau}(j)$  rappresenta il valore residuo della misura o dell'insieme di misure j alla fine del periodo di calcolo (attualizzato all'anno iniziale  $\tau_0$ )

$R_d(i)$  rappresenta il fattore di sconto per l'anno i sulla base del tasso di sconto r da calcolare

e:

$$R_d(p) = \left( \frac{1}{1 + r/100} \right)^p$$

dove p rappresenta il numero di anni a partire dal periodo iniziale e r rappresenta il tasso di sconto reale.

Figura 97 – Estratto della formula per calcolo dei costi globali, specificazioni sulle voci di costo. Fonte: Regolamento UE n°244/2012

Il calcolo del costo globale nella prospettiva finanziaria tiene conto dei costi a carico del cliente, comprensivi di tutte le imposte, dell'IVA e degli altri oneri; inoltre, lo Stato Membro può decidere se includere o meno i sussidi.

Il Regolamento europeo si affida anche alla norma UNI EN15459:2018 [22], in cui viene spiegato nel dettaglio il metodo di calcolo e tutti i dati di input necessari. Si considerano tutti i costi passati, presenti e futuri su tutto il periodo di calcolo compresi quelli finali per lo smaltimento, se individuati. Le definizioni sono riportate nella norma, quelle relative ai costi sono già state individuate all'interno del "II.1 – Quadro normativo [...]–", qui se ne riportano altre significative:

- price development rate,  $RAT_{dev}$ ; consiste nel tasso di evoluzione sul tempo dei prezzi per l'energia, i sistemi edilizi, i servizi, la manodopera, la manutenzione e altri costi che possono essere differenti dal tasso di inflazione;

- discount rate,  $RAT_{disc}$ ; è il valore definito per la comparazione tra diversi valori monetari a differenti tempi, serve per riportare il valore espresso al momento attuale e, in genere, è uguale al real discount rate  $RAT_{Re}$ ;
- real discount rate  $RAT_{Re}$ ; è il tasso di attualizzazione o actualization rate  $RAT_{act}$  ridotto del tasso di inflazione o inflation rate;
- life span,  $LS$ ; rappresenta il tempo di vita economico atteso per un componente ed espresso in anni;
- economic Lifecycle,  $LS_e$ ; periodo di tempo sopra il quale la valutazione dell'NPV è calcolata, in genere, è minore della vita fisica dell'oggetto considerato per ragioni di obsolescenza tecnica;
- payback period,  $PB$ ; è il tempo necessario al bilanciamento tra i costi di investimento iniziale e i risparmi occorsi in termini monetari;
- calculation period,  $TC$ ; periodo di tempo considerato per il calcolo espresso in anni;
- residual (or final) value;  $VAL_{fin}$ ; è la somma dei valori residui dei componenti o elementi edilizi alla fine del periodo di calcolo; in genere è calcolato come deprezzamento lineare nel tempo. È calcolato come segue:

$$VAL_{fin}(j) = V_{(0)}(j) * (1 + RAT_{pr})^{n * LS(j)} * \left[ \frac{t_{TC} - n * LS(j)}{LS(j)} \right] * D_{-f_{t_{TC}}} \text{ [€]}$$

Figura 98 – Estratto della formula per calcolo del valore finale. Fonte: UNI EN 15459-1:2018 pg.20

Le definizioni sono legate ai rispettivi dati di input, la metodologia proposta dalla norma stabilisce che i tassi siano fissi e non variabili nel tempo, come visibile di seguito.

<b>Description</b>	<b>Symbol</b>	<b>Unit</b>	<b>Intended destination module</b>	<b>Varying</b>
Calculation Period	$t_{\tau c}$	Year	-	NO
Discount rate	$RAT_{disc}$	%	-	NO <sup>a</sup>
Evolution of prices for energy 1 <sup>b</sup>	$RAT_{en,1}$	%	-	NO <sup>a</sup>
Evolution of prices for human operation	$RAT_{hu}$	%	-	NO <sup>a</sup>
Evolution of prices for products	$RAT_{pr}$	%	-	NO <sup>a</sup>
Evolution of prices for water	$RAT_w$	%	-	NO <sup>a</sup>
<sup>a</sup> The rates are usually declared constant over the calculation period and correspond to the average expected value. <sup>b</sup> The rates could be different depending on the energy carrier and if the energy is delivered to the building or exported from the building.				

Figura 99 – Estratto dei dati di input relativi ai tassi fissi. Fonte: UNI EN 15459-1:2018 pg.22

La metodologia proposta invita ad inserire i seguenti dati:

- dati finanziari (durata di calcolo, tasso di inflazione, tasso di sconto derivante da valutazioni nazionali, tasso di evoluzione dei costi e del prezzo dell'energia);
- dati di progetto (luogo, dati climatici, vincoli o opportunità energetici);
- dati dei costi (investimento, sostituzione) suddivisi per componente edilizio o elemento impiantistico;
- dati dei costi energetici come parte dei costi annuali (calcolando i consumi).

Come ultimi passaggi, la UNI 15459-1:2018 individua i modi per calcolare nel dettaglio i seguenti output.

<b>Description</b>	<b>Symbol</b>	<b>Unit</b>	<b>Intended destination module</b>
Global Cost for solution x	$CG(t_{TC})_x$	€	-
Payback period	$PB$	Y	-
Global unitary cost for solution x	$CG_x$	€/ (m <sup>2</sup> .a)	-

Figura 100 – Estratto dei dati di output. Fonte: UNI EN 15459-1:2018 pg.21

Il costo globale è ottenuto come somma dei costi, diminuiti dei valori residui, nel tempo e attualizzati con i relativi tassi; è data la seguente formula specifica:

$$CG = CO_{INIT} + \sum_j \left[ \sum_{i=1}^{TC} (CO_{a(i)}(j) * (1 + RAT_{xx(i)}(j)) + CO_{CO2(i)}(j) * D_f(i) + CO_{fin(TLS)}(j) - VAL_{ft_{TC}}(j) \right]$$

Figura 101 – Estratto della formula per ottenere il costo globale. Fonte: UNI EN 15459-1:2018 pg.31

$CG$	are the global costs (referred to starting year $T_0$ );
$CO_{INIT}$	are the initial investment costs;
$CO_{a(i)}(j)$	are the annual cost for year i for component or service j;
$RAT_{xx}(j)$	is the price development for year i for component or service j;
$CO_{CO2(i)}(j)$	is the CO <sub>2</sub> emissions cost for measure j during year i;
$CO_{fdisp(TLS)}(j)$	is the final (disposal) cost for decommissioning, deconstruction and disposal in last year of lifecycle TLS of component j or of building (referred to starting year $T_0$ );
$VAL_{fin}(t_{TC})(j)$	is the residual value of component j in year TC at the end of the calculation period (referred to starting year $T_0$ );
$D_f(i)$	is the discount factor for year i;
$t_{TC}$	is the calculation period.

Figura 102 – Specificazione dei termini della formula del costo globale. Fonte: UNI EN 15459-1:2018 pg.32

In merito ai possibili casi di attualizzazione si riportano e si discutono i seguenti esempi. Può accadere che il tempo di vita economico del componente sia inferiore al periodo di calcolo, pertanto bisogna prevederne la sua sostituzione al termine della sua vita. Il prezzo della sostituzione dovrebbe per prima cosa essere inflazionato, perché si conosce il prezzo dell'intervento al momento attuale, ma si vuole conoscere il prezzo della sostituzione dopo un certo periodo di tempo coincidente con il termine della vita utile. Successivamente, si deve attualizzare quel valore con il relativo saggio per riportare il costo al momento attuale.



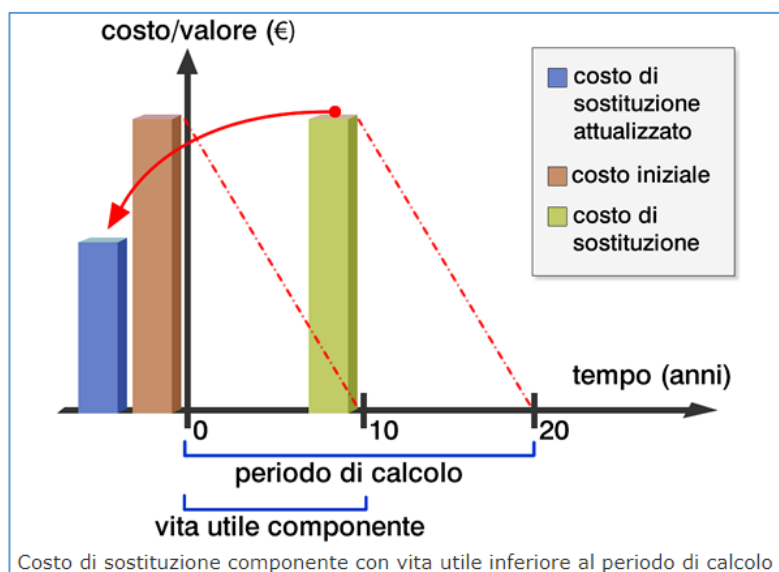


Figura 103 – Esempio attualizzazione costo di sostituzione prima della fine del periodo di calcolo.

All'opposto del caso precedente, può accadere che il tempo di vita economico del componente sia maggiore del periodo di calcolo, pertanto, al termine il componente possiede ancora del valore. Il valore residuo ottenuto come deprezzamento lineare va poi attualizzato.

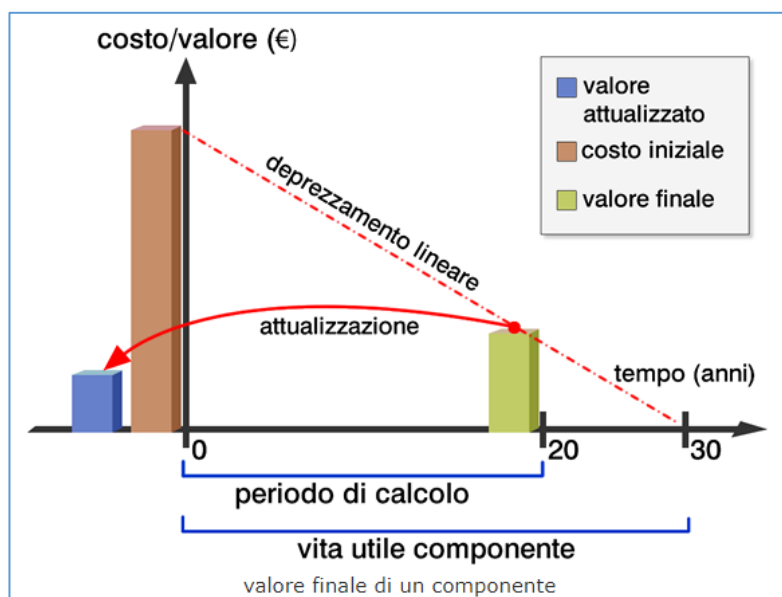


Figura 104 – Esempio attualizzazione valore residuo con deprezzamento.

Anche eventuali costi di smaltimento o qualsiasi altro costo non al tempo zero vanno attualizzati.

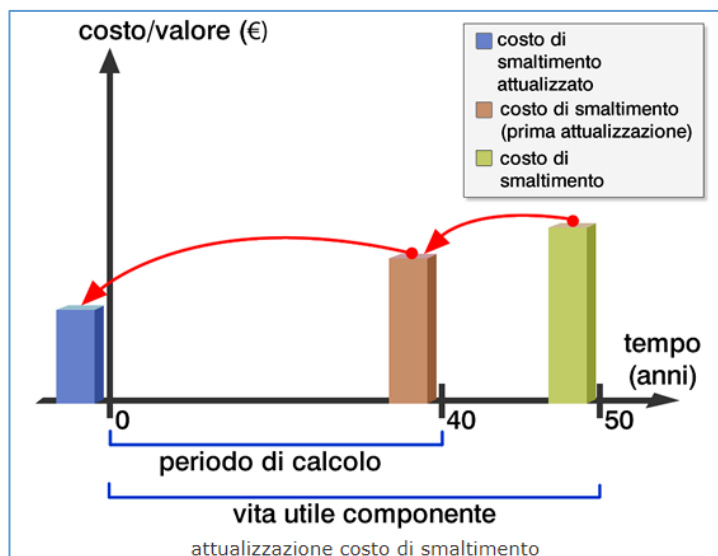


Figura 105 – Esempio attualizzazione costi non al momento zero.

Per quanto riguarda il lavoro di tesi, si adotta un periodo di calcolo pari a 30 anni come individuato dalla Direttiva [18] e dal Regolamento europeo [20]. Inoltre, sono omessi dal calcolo i costi relativi agli elementi edilizi che non influenzano la prestazione energetica e i costi che sono gli stessi attribuibili a tutte le misure di efficientamento.

Il tempo di ritorno è il tempo necessario a bilanciare l’investimento iniziale per lo scenario considerato e quello di riferimento con la somma dei flussi di cassa annuali attualizzati; si veda la formula seguente:

$$\sum_{t=1}^{TPB} CF_t \cdot \left( \frac{1}{1 + RAT_{disc}} \right)^t - CO_{INIT} + CO_{INIT,ref} = 0 \quad (8)$$

where

- $CF_t$  is the difference of annual costs (cash flow difference) between the optional case and the reference case in year  $t$ ;
- $TPB$  is the last year for payback period (time when the sum is stopped when the formula becomes negative or equal to 0);
- $RAT_{disc}$  is the discount rate;
- $CO_{INIT}$  is the initial investment costs;
- $CO_{INIT,ref}$  is the initial investment costs for reference case (is 0 for option doing nothing).

Figura 106 – Estratto della formula per calcolare il periodo di ritorno con specificazione dei termini. Fonte: UNI EN 15459-1:2018 pg.33

Questi dati di output sono importanti in quanto permettono di valutare i diversi tipi di proposte. Nello specifico, correlando i costi globali annuali per unità di superficie con la prestazione energetica della stessa soluzione è possibile crearsi i diagrammi cost-optimal.

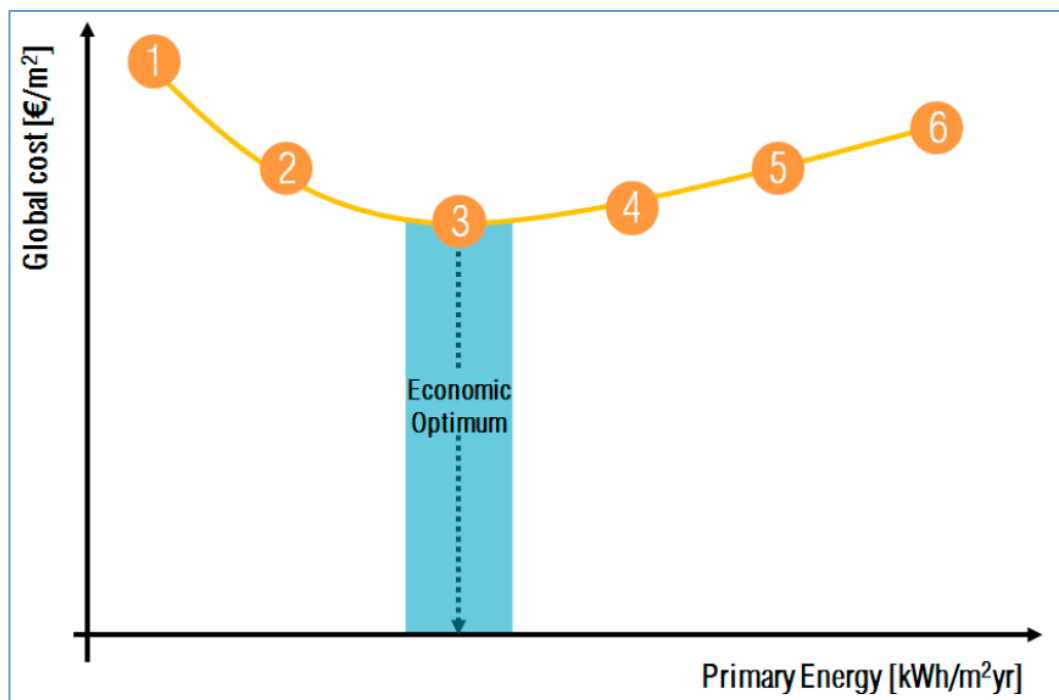


Figura 107 – Estratto diagramma cost-optimal. Fonte: Ferrara et al., 2018 [48].

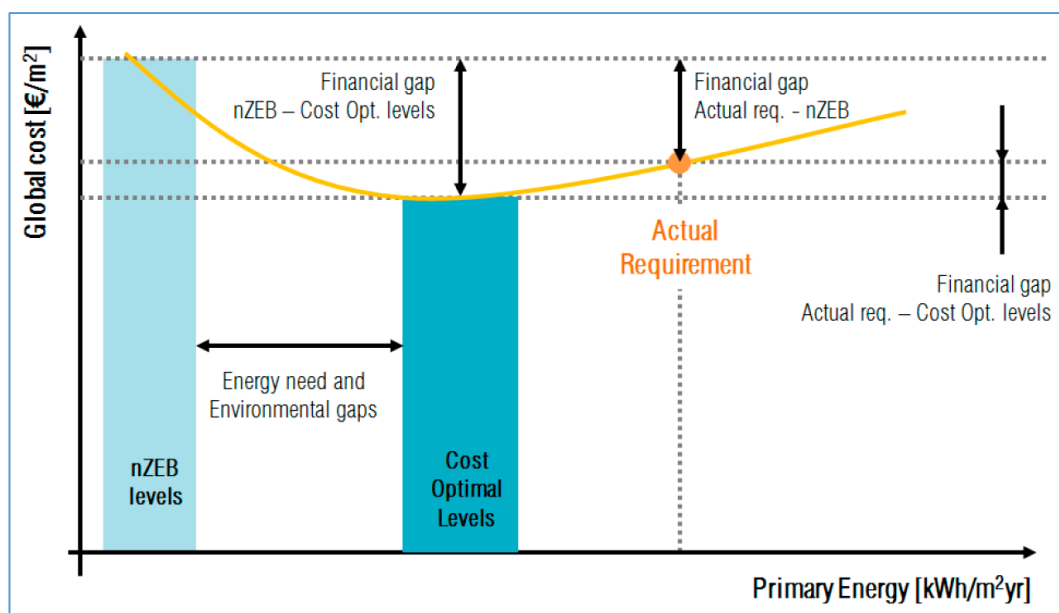


Figura 108 – Estratto diagramma cost-optimal e intervalli. Fonte: Ferrara et al., 2018 [48].

La curva cost-optimal è ottenuta mediante la combinazione dei risultati delle diverse proposte, generalmente ha una forma ad “U”. Si può osservare come il cost-optimal sia quella soluzione corrispondente al valore di costo più basso. Si possono vedere dei gap tra la soluzione cost-optimal e quella nZEB, sia in termini di costi che di prestazione.

La metodologia proposta dalla normativa, però, non considera la variabilità dei dati di input e la loro forma di distribuzione, pertanto nel paragrafo seguente si introducono questi concetti. La metodologia di calcolo segue la stessa struttura.

### *III.3.3 METODO LCC STOCASTICO (RIBuild)*

In questo paragrafo si specificano meglio quali sono gli aspetti da considerare per l'introduzione della variabilità sugli input di cui si accenna sopra.

Come individuato nella letteratura, i risultati delle analisi LCC sono fortemente influenzati dalle tendenze future dei parametri e dalle relative incertezze. Per tale motivo un approccio "probabilistico" permette di ottenere informazioni più realistiche.

L'analisi LCC per il calcolo dei costi globali "probabilistici" è svolta attraverso l'uso del software di calcolo "RIBuild" [1], sviluppato dal Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura all'interno di un progetto di ricerca europeo, il quale si basa sulla stessa formula vista in precedenza dei costi globali. L'approccio stocastico al LCC è sviluppato e descritto dagli autori in [42], [43], [44], [49] e [61]. La metodologia probabilistica descritta si basa sull'analisi dell'incertezza attraverso metodo Monte Carlo. In questo approccio ciascun parametro è considerato come una variabile stocastica, ossia una variabile casuale che dipende da qualche fenomeno aleatorio che può essere modellato tramite una funzione di distribuzione di probabilità (=PDF). Il metodo Monte Carlo, per tutti i dati, parametri e variabili di input, seleziona casualmente i valori dalle funzioni di densità di probabilità e li inserisce nell'equazione di output; si ottiene così la corrispondente distribuzione del risultato. La distribuzione del risultato viene creata come risultato della possibile variazione dei dati di input. Eseguendo il campionamento Monte Carlo per un numero determinato di volte, a seconda del livello di accuratezza previsto, si costruisce l'intera funzione di distribuzione del risultato.

In merito al software "RIBuild", sono necessari i seguenti dati di input stocastici (quelli indicati dalla norma vista al capitolo soprastante):

- dati dei costi energetici, come indicato sopra sono i consumi energetici di gas ed elettricità; questi sono individuati tramite TERMO;
- dati finanziari, come le tariffe energetiche, tasso di inflazione, tasso di sconto derivante da valutazioni nazionali, tasso di evoluzione dei costi e del prezzo dell'energia;
- dati di progetto, cioè i valori ottenuti dalle caratteristiche tecniche con i relativi costi di investimento iniziale, manutenzione e durata economica del componente.

I dati di input stocastici vengono analizzati nel dettaglio nel capitolo seguente.

La precisione che si vuole ottenere è connessa al numero di “pescaggi” nel processo Monte Carlo. La precisione è detta efficienza di campionamento, definita come il numero simulazioni richieste per ottenere un predefinito livello di accuratezza. All'interno di “RIBuild” è possibile impostare il numero di simulazioni da un minimo di 100 ad un massimo di 50.000 e il periodo di calcolo. In questa sperimentazione è fissato il numero di simulazioni pari 5.000 e il periodo di calcolo a 30 anni, come accennato in precedenza. Il numero delle simulazioni necessarie è stato individuato indagando il valore medio, la deviazione standard e il coefficiente di variazione o deviazione standard relativa (=rapporto tra dev.std. e valore medio) del costo globale. Inoltre, media e dev.std sono state normalizzate usando la formula di Excel per ottenere i grafici sottostanti.

L'equazione per il calcolo del valore normalizzato è:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

dove Z=valore normalizzato; X=valore di interesse da normalizzare;  $\mu$ =media;  $\sigma$ =deviazione standard.

I grafici sotto rappresentano, per ogni step di simulazione (inizialmente ogni 1.000 e poi 10.000), un “discostamento” dalla simulazione precedente. Quando tra due simulazioni successive non vi è più un valore elevato di discostamento si individua il numero delle simulazioni necessarie (5.000 in questo caso).

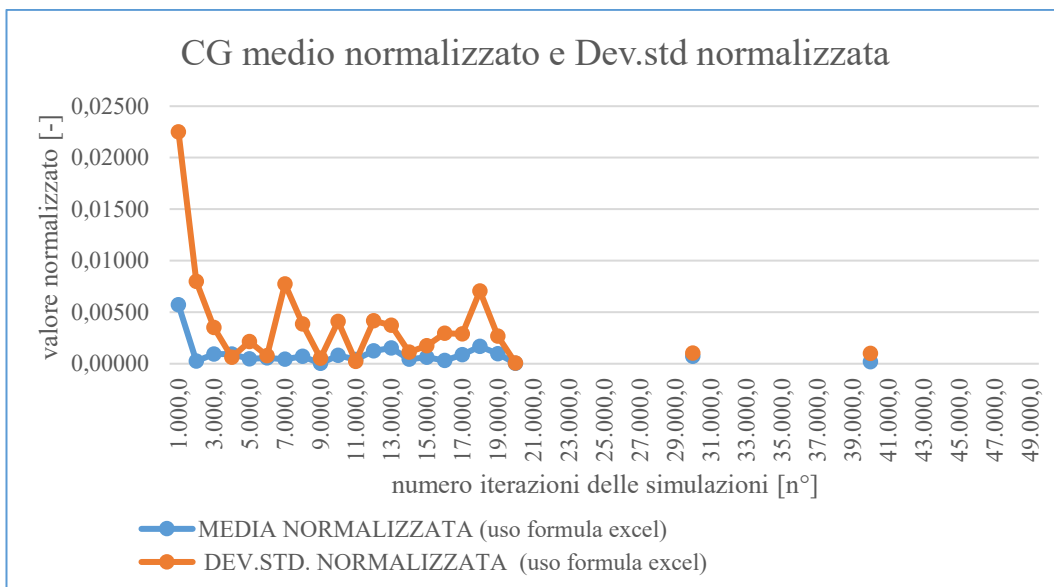


Tabella 1 - Grafico andamento media e dev.std incrementando il numero di simulazioni

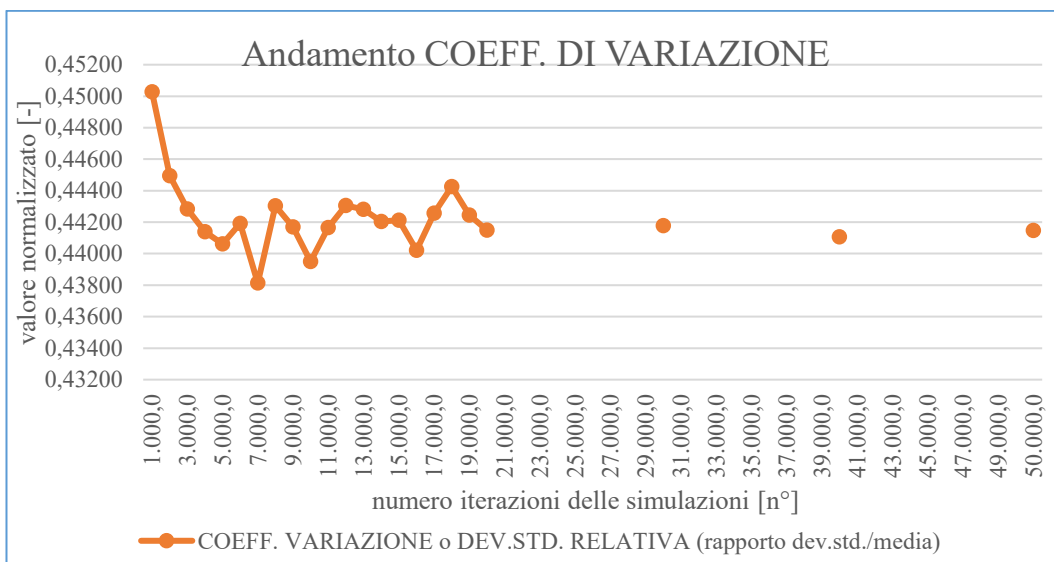


Tabella 2 - Grafico andamento coeff.variazione o dev.std relativa incrementando il numero di simulazioni

### III.3.4 INPUT STOCASTICI

Nel capitolo precedente sono stati individuati grossolanamente i dati di input da inserire nel software “RIBuild”; ora si analizzano nel dettaglio e separatamente, poi, alla fine si propongono le tabelle di riepilogo.

### III.3.3.1 Tasso di Sconto, Tasso di Interesse Reale, Tasso di Interesse e Tasso di Inflazione

Il tasso di sconto utile per l'attualizzazione di importi futuri dipende dal tasso di interesse reale ( $R_R$ ), come si può vedere nella formula di seguito:

$$R_{disc}(i) = \left( \frac{1}{1 + R_R / 100} \right)^i$$

Figura 109 – Formula tasso di sconto. Fonte: Di Giuseppe et al., 2017d [61].

A sua volta il tasso di interesse reale dipende dal tasso di interesse ( $R_{int}$ ) e dal tasso di inflazione ( $R_i$ ), come si osserva nella formula seguente:

$$R_R = \frac{R_{int} - R_i}{1 + R_i / 100}$$

Figura 110 – Formula tasso di interesse reale. Fonte: Di Giuseppe et al., 2017d [61].

Per il tasso di interesse si può indagare la Banca d'Italia, individuando il tasso sui prestiti personali, i limiti inferiori EURIS a 30 anni e superiori di usura per l'Italia; mentre per il tasso di inflazione si può sondare la Banca Centrale Europea che ha adottato politiche monetarie per mantenere il tasso sull'1,9% sul periodo di medio termine, come detto in [61]. Il software "RIBuild" ha già inserito all'interno le funzioni di distribuzione di probabilità (funzioni normali=  $Nor(\mu, \sigma)$  con  $\mu$ =media e  $\sigma$ =deviazione standard) per il tasso di interesse e di inflazione, pertanto si usano quelle.

Più nel dettaglio il software "RIBuild" permette di impostare diversi macro-scenari economici alternativi e applicabili al contesto europeo. Questi scenari macroeconomici permettono di indagare i costi globali dei diversi scenari tecnici adottati, ciò permette di valutarne la robustezza e le variazioni. Questi dati sono stati ottenuti in precedenti lavori da studiosi e ricercatori della Facoltà di Economia dell'UNIVPM. Gli scenari macroeconomici sono:

A) Scenario "crescita regolare" ("Baseline" o di riferimento).

Questo scenario è lo scenario base di riferimento adottato. Il primo scenario considerato rappresenta il caso di crescita regolare,

caratterizzato da un percorso economico di crescita bilanciato con un tasso di inflazione di circa il 2%, una lieve crescita nel PIL (Prodotto Interno Lordo o Gross Domestic Product=**GDP**) e un piccolo tasso di interesse.

B) Scenario “crescita intensa”.

Questo scenario è caratterizzato da un percorso economico di crescita intensa con una forte crescita del PIL, del tasso di inflazione e del tasso di interesse rispetto al caso “baseline”. Visto l’alto tasso di inflazione, anche il prezzo del petrolio dovrebbe mostrare una crescita leggera.

C) Scenario “stagflazione”.

Nel caso della stagflazione, l’economia è caratterizzata da una bassa crescita del PIL, un alto tasso di inflazione e alto prezzo del petrolio. Allo stesso tempo, un tasso di interesse alto potrebbe non essere sufficiente a compensare il tasso di inflazione per condurre l’economia a un percorso di crescita bilanciato.

D) Scenario “deflazione”.

La principale caratteristica di questo scenario è il PIL basso e un tasso di inflazione molto basso che giustifica un basso prezzo del petrolio.

All’interno di ogni scenario macroeconomico ci sono variabili stocastiche, ciascuna con la propria funzione di distribuzione di probabilità. Gli scenari esprimono le alternative condizioni economiche che si possono incontrare nel medio e lungo termine; inoltre, sono stati definiti dai ricercatori sulla base di indagini storiche. Le principali variabili economiche che caratterizzano gli scenari macroeconomici soprastanti sono:

- tasso di inflazione, indicatore della variazione nel tempo dei prezzi e indica il potere di acquisto della moneta;
- tasso di interesse reale, è l’importo % per la remunerazione del prestito;
- tasso di crescita del Prodotto Interno Lordo (=PIL) o Gross Domestic Product (=GDP), calcolato trimestralmente e destagionalizzato, è utilizzato come fattore di escalation dei prezzi;



- prezzo del petrolio, che corrisponde al prezzo nominale del greggio ed è usato come fattore di escalation dei prezzi dell'energia.

Come definito poco sopra i due tassi permettono di calcolare il tasso di sconto, mentre PIL e prezzo del petrolio incidono sui costi annuali dei singoli componenti.

Nella tabella seguente si riportano gli scenari economici, si considera lo scenario "crescita regolare" di riferimento, mentre gli altri avranno discostamenti rispetto a questo "baseline". Con il simbolo "=" si identificano i valori di riferimento, con il simbolo "↓" si identificano valori più bassi rispetto al riferimento e con il simbolo "↑" quelli più alti.

	<i>Tasso di inflazione</i>	<i>Tasso di interesse</i>	<i>PIL o GDP</i>	<i>Prezzo del petrolio</i>
<b><i>Crescita regolare (baseline)</i></b>	=	=	=	=
<b><i>Crescita Intensa</i></b>	↑	↑	↑	↑
<b><i>Stagflazione</i></b>	↑↑	↑	↓↓	↑
<b><i>Deflazione</i></b>	↓↓	↓	↓	↓

Figura 111 – Riepilogo delle caratteristiche dei vari scenari macroeconomici.

Definiti gli scenari, con il metodo Monte Carlo è possibile generare proiezioni a lungo termine (n° anni) delle variabili economiche. Si ottengono delle simulazioni che mostrano diverse distribuzioni raffiguranti le evoluzioni delle variabili principali. Si presume che il prezzo del petrolio operi come agente esterno e influenzi l'evoluzione delle variabili.

Sotto si riportano i valori delle variabili adottate nel software "RIBuild".

Variabile: Scenario:	<b><i>Tasso di inflazione</i></b>		<b><i>Tasso di interesse</i></b>		<b><i>PIL o GDP</i></b>	
	Media $\mu$	Deviazione standard $\sigma$	Media $\mu$	Deviazione standard $\sigma$	Media $\mu$	Deviazione standard $\sigma$
<b><i>Crescita regolare (baseline)</i></b>	2,25 %	0,97 %	2,27 %	0,78 %	2,54 %	1,64 %
<b><i>Crescita Intensa</i></b>	2,55 %	0,63 %	3,45 %	0,73 %	3,31 %	1,19 %
<b><i>Stagflazione</i></b>	8,41 %	3,35 %	4,81 %	0,32 %	0,34%	3,21 %
<b><i>Deflazione</i></b>	0,46 %	1,11 %	1,50 %	0,63 %	1,34 %	1,62 %

Figura 112 – Riepilogo dei valori delle variabili macroeconomiche.

### *III.3.3.1 Costi Investimento*

La voce costi di investimento risulta essere molto importante, perché questa dipende dal numero e dalla tipologia di misure di efficientamento adottate. Come accennato si riportano solo i valori dei componenti che influenzano la prestazione termica e non quelli ripetibili su più misure. Come indicato nel capitolo “III.2 – MATERIALI–“, i costi sono stati studiati attraverso l’analisi delle voci di prezzario delle regioni Emilia-Romagna, Marche e dati di alcuni produttori. Sono indagati i prezzi unitari comprensivi di IVA al 22% o al 10% e delle considerazioni già fatte sulla composizione del prezzo, le quantità e, infine, si ottiene il prezzo della misura.

Per i costi di investimento si adotta una distribuzione uniforme con una variazione del  $\pm 10\%$  rispetto al valore medio per tenere conto della variabilità geografica (Uni(a,b) con  $a = \mu * 0,90$ ,  $b = \mu * 1,10$  e  $\mu =$ valore medio del prezzo del componente).

### *III.3.3.2 Costi Manutenzione e Vita Utile Dei Componenti*

Per quanto riguarda i costi di manutenzione e la vita utile dei componenti si sono studiate le letterature scientifiche, quali Zinzi et al., 2019 [50] e Di Giuseppe et al., 2017b [44], ma anche la norma UNI EN 15459:2018 [21], UNI EN 15459-1:2018 [22], il sito dell’ASHRAE [59], con il suo database sulle componenti impiantistiche, e il sito INES [60], con il database dei componenti edilizi.

Per il costo di manutenzione si è applicato un valore % del costo di investimento per ogni singola misura, pertanto si ottiene un valore monetario annuale; la distribuzione adottata è uniforme con valori minimi e massimi calcolati dalla percentuale annuale dei costi di investimento massimo e minimo (più semplicemente applicando un intervallo di variazione del 10%).

Per la durata di vita utile dei componenti si usa una distribuzione uniforme con una variazione del  $\pm 20\%$  rispetto al valore medio per tenere conto dell’incertezza.

Il tutto come individuato in Di Giuseppe et al., 2017d [61].

### *III.3.3.3 Costi Energetici*

I costi energetici riguardano le tariffe di gas ed elettricità relativi al funzionamento degli impianti. L'Unione Europea ha introdotto due Direttive molto importanti riguardo al mercato dell'energia (Direttiva 2009/72/CE e Direttiva 2009/73/CE). Gli Stati Membri devono garantire ai consumatori la piena libertà di scelta del fornitore, secondo il concetto di libero mercato e di libera concorrenza. In Italia, i prezzi sono regolati da un organismo centrale come ARERA. I costi dell'energia sono indagati attraverso il sito dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente ARERA [62]. Vista la particolarità della tesi circa l'efficacia degli interventi in alternativi scenari climatici, si è deciso di indagare le tariffe energetiche per le differenti regioni italiane. Nello specifico, per quanto riguarda la tariffa dell'elettricità non è stato trovato alcun dato regionale, ma solo nazionale al lordo delle imposte. Per ovviare a questo problema si è pensato di adottare la stessa forma di distribuzione ottenuta indagando le tariffe del gas. La tariffa energetica dell'elettricità è di 16,08c€/kWh per il secondo trimestre del 2020.

Per quanto riguarda le tariffe del gas, sono state trovate diverse tabelle con riportate le singole tariffe per soglie di consumo e per regione. Le tariffe così individuate sono al netto delle imposte, pertanto, per ciascuna soglia di consumo (120, 480, 1560, 5000m<sup>3</sup>) compatibile con la destinazione d'uso residenziale e per ciascun capoluogo di regione, sono state indagate le tariffe medie al lordo delle imposte attraverso il sito di comparazione delle offerte commerciali "segugio.it" [63]. Questo passaggio ha permesso di individuare l'incidenza percentuale delle imposte e, confrontandole sommariamente con i dati "aggregati" nazionali del sito EUROSTAT, si riscontra un'accettabile corrispondenza.

COSTO FINO A	COSTO TOTALE AL NETTO DELLE IMPOSTE [€/Smc]				COSTO TOTALE CON IMPOSTE [€/Smc]			
	120mc	480mc	1560mc	5000mc	COSTO FINO A	COSTO FINO A	COSTO FINO A	COSTO FINO A
	120mc	480mc	1560mc	5000mc	120mc	480mc	1560mc	5000mc
PIEMONTE	0,228382 €/Smc	0,351304 €/Smc	0,325768 €/Smc	0,320870 €/Smc	1,648918 €/Smc	0,906364 €/Smc	0,775328 €/Smc	0,746009 €/Smc
VALLE D'AOSTA	0,228382 €/Smc	0,351304 €/Smc	0,325768 €/Smc	0,320870 €/Smc	1,667189 €/Smc	0,888799 €/Smc	0,746009 €/Smc	0,781843 €/Smc
LIGURIA	0,228382 €/Smc	0,351304 €/Smc	0,325768 €/Smc	0,320870 €/Smc	1,690027 €/Smc	0,959060 €/Smc	0,765909 €/Smc	0,726192 €/Smc
LOMBARDIA	0,228382 €/Smc	0,333004 €/Smc	0,309018 €/Smc	0,304049 €/Smc	1,557565 €/Smc	0,842500 €/Smc	0,726192 €/Smc	0,754004 €/Smc
TRENTINO-ALTO ADIGE	0,228382 €/Smc	0,333004 €/Smc	0,309018 €/Smc	0,304049 €/Smc	1,728852 €/Smc	0,865810 €/Smc	0,726192 €/Smc	0,754004 €/Smc
VENETO	0,228382 €/Smc	0,333004 €/Smc	0,309018 €/Smc	0,304049 €/Smc	1,737987 €/Smc	0,842500 €/Smc	0,726192 €/Smc	0,754004 €/Smc
FRULLI-VENEZIA GIULIA	0,228382 €/Smc	0,333004 €/Smc	0,309018 €/Smc	0,304049 €/Smc	1,728852 €/Smc	0,842500 €/Smc	0,726192 €/Smc	0,754004 €/Smc
EMILIA-ROMAGNA	0,228382 €/Smc	0,333004 €/Smc	0,309018 €/Smc	0,304049 €/Smc	1,753974 €/Smc	0,875801 €/Smc	0,763274 €/Smc	0,790961 €/Smc
TOSCANA	0,228382 €/Smc	0,350961 €/Smc	0,330946 €/Smc	0,326070 €/Smc	1,717433 €/Smc	0,835289 €/Smc	0,764485 €/Smc	0,781033 €/Smc
UMBRIA	0,228382 €/Smc	0,350961 €/Smc	0,330946 €/Smc	0,326070 €/Smc	1,699162 €/Smc	0,888833 €/Smc	0,764485 €/Smc	0,781033 €/Smc
MARCHE	0,228382 €/Smc	0,350961 €/Smc	0,330946 €/Smc	0,326070 €/Smc	1,710581 €/Smc	0,945947 €/Smc	0,764485 €/Smc	0,781033 €/Smc
ABRUZZO	0,228382 €/Smc	0,377096 €/Smc	0,349375 €/Smc	0,344576 €/Smc	1,632931 €/Smc	0,863550 €/Smc	0,733688 €/Smc	0,754650 €/Smc
MOLISE	0,228382 €/Smc	0,377096 €/Smc	0,349375 €/Smc	0,344576 €/Smc	1,642067 €/Smc	0,920114 €/Smc	0,754650 €/Smc	0,754650 €/Smc
PUGLIA	0,228382 €/Smc	0,377096 €/Smc	0,349375 €/Smc	0,344576 €/Smc	1,642067 €/Smc	0,920114 €/Smc	0,754650 €/Smc	0,754650 €/Smc
BASILICATA	0,228382 €/Smc	0,412927 €/Smc	0,382170 €/Smc	0,377509 €/Smc	1,628364 €/Smc	0,878634 €/Smc	0,751156 €/Smc	0,859883 €/Smc
LAZIO	0,228382 €/Smc	0,412927 €/Smc	0,382170 €/Smc	0,377509 €/Smc	1,847610 €/Smc	1,007542 €/Smc	0,806379 €/Smc	0,851230 €/Smc
CAMPANIA	0,228382 €/Smc	0,412927 €/Smc	0,382170 €/Smc	0,377509 €/Smc	1,792083 €/Smc	0,999283 €/Smc	0,806379 €/Smc	0,851230 €/Smc
CALABRIA	0,228382 €/Smc	0,460394 €/Smc	0,425615 €/Smc	0,421137 €/Smc	1,913841 €/Smc	1,049698 €/Smc	0,851230 €/Smc	0,851230 €/Smc
SICILIA	0,228382 €/Smc	0,460394 €/Smc	0,425615 €/Smc	0,421137 €/Smc	1,892287 €/Smc	0,985243 €/Smc	0,821437 €/Smc	0,821437 €/Smc

COSTO FINO A	INCIDENZA PERCENTUALE IMPOSTE % [ ]	
	COSTO FINO A	COSTO FINO A
86,15%	57,98%	56,33%
86,30%	56,33%	54,34%
86,49%	58,33%	57,81%
85,34%	57,45%	57,08%
86,79%	57,45%	56,33%
86,86%	59,02%	58,33%
86,79%	59,51%	58,51%
86,70%	58,16%	57,26%
86,56%	56,71%	55,36%
86,65%	57,63%	56,71%
86,01%	52,38%	51,46%
86,09%	53,70%	53,05%
86,09%	53,70%	53,05%
85,97%	53,49%	52,83%
87,64%	55,56%	54,13%
87,28%	52,61%	51,69%
88,07%	50,00%	49,24%
87,94%	48,19%	47,09%

Figura 113 – Tariffe energetiche regionali per fascia di consumo al netto e al lordo delle imposte con l'incidenza % delle imposte (AGG. 04.2020).

I dati presi in considerazione sono quelli attuali e relativi al secondo trimestre del 2020 (periodo 04.2020-06.2020). Successivamente si sono correlati i Comuni italiani (ciascuno con la propria zona climatica), alla rispettiva regione e di conseguenza alle 4 fasce tariffarie al lordo delle imposte. Tramite il foglio di calcolo Excel e le formule “cerca verticale” e “filtra” si sono individuati tutti i Comuni appartenenti alla stessa zona climatica con i rispettivi valori tariffari. A questo

punto, per ogni zona climatica e per ogni fascia di consumo, si procede indagando la distribuzione di probabilità dei valori tariffari mediante due diversi tool che si rifanno al “software R”, tutti basati sui test statistici di Cullen and Frey e di Shapiro-Wilk. Il primo tool “Skewness-Kurtosis” [64] permette di plottare il grafico “Indice di asimmetria-Curtosi” secondo la proposta di Cullen and Frey. L’indice di asimmetria o skewness è un valore numerico che cerca di fornire la misura della mancanza di simmetria in una forma di distribuzione; una forma di distribuzione è simmetrica quando è simmetrica rispetto a un valore  $x_0$ . Quando l’indice di asimmetria è 0 si verifica la condizione necessaria, ma non sufficiente per cui la distribuzione è simmetrica. La curtosi o kurtosis è un valore numerico che indica l’allontanamento dalla normalità distributiva; quando il valore è 0 (sottratto 3), o 3 se la funzione non è centrata in zero, si ha una distribuzione normale. Se il valore della curtosi è inferiore di 0 si ha una funzione con una distribuzione appiattita (estremizzando uniforme), se invece la curtosi è superiore a 0 si ha una forma allungata. Sotto si riporta come esempio il grafico Cullen and Frey in cui si mostrano tutti i possibili punti che caratterizzano la distribuzione (si veda la corrispondenza nella legenda).

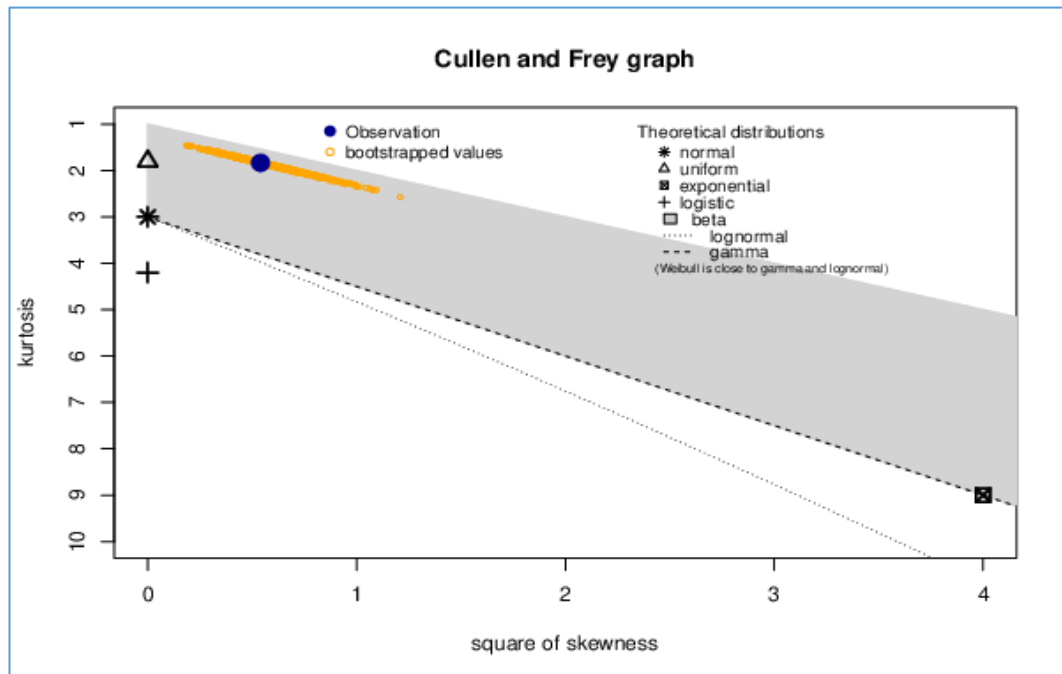


Figura 114 – Esempio grafico Cullen and Frey

Il secondo tool “Shapiro-Wilk test” [65] permette di ottenere i valori dei termini  $W$  e  $p$ -value. Se il termine  $W$  è uguale a 1, significa che la distribuzione è normale, ma deve essere verificato anche che il termine  $p$ -value sia superiore a 0,05.  $P$ -value dipende fortemente dalla numerosità del campione indagato, infatti campioni con bassa numerosità difficilmente verificano il requisito  $p$ -value > 0,05.

Analizzando i risultati dei due tool basati sul “software R”, è possibile individuare così la distribuzione di ciascuna tariffa energetica per ogni zona climatica.

Per tutte le zone climatiche e per ogni fascia tariffaria si adotta una distribuzione uniforme (Uni(a,b) con  $a$ =valore minimo,  $b$ =valore massimo).

#### *III.3.3.4 Dati Energetici*

Le tariffe energetiche vanno moltiplicate per il consumo energetico necessario all’impianto, espresso in kWh per l’elettricità e in  $\text{Sm}^3$  per il gas. I dati energetici corrispondono ai valori dei consumi estrapolati dal software TERMO nell’Attestato di Prestazione Energetica per ogni proposta di intervento; in questo modo non è necessario utilizzare fattori di conversione e nemmeno i rendimenti. I dati sono già stati mostrati in precedenza nel paragrafo “III.2.4 INDIVIDUAZIONE SCENARI”, in cui sono mostrati tutti i dati di riepilogo relativi agli interventi.

Per quanto riguarda la forma della distribuzione adottata, si è proceduto in modo analogo a quanto riportato riguardo le tariffe.

Nello specifico si sono indagati i dati ISTAT dei consumi medi annuali dal 2000 al 2011 per i capoluoghi di provincia. Successivamente, sono filtrati i dati per ciascuna zona climatica e indagate le possibili distribuzioni come fatto in precedenza.

Per le zone climatiche A+B, C, D, E si adotta una distribuzione normale (Nor( $\mu$ , $\sigma$ ) con  $\mu$ =media,  $\sigma$ =deviazione standard e  $\sigma$ =variabile per ciascuna zona).

Per la zona climatica F si adotta una distribuzione uniforme (Uni(a,b) con  $a$ =valore minimo,  $b$ =valore massimo)..

### III.3.3.5 Riepilogo Distribuzione Di Probabilità Degli Input

In questo paragrafo si inseriscono le tabelle di riepilogo dei dati di input con le relative distribuzioni, per ogni scenario tecnico (5 zone climatiche, ognuna ha 5 scenari tecnici, per un totale di 25, ognuno di questi ha 4 scenari economici, per un totale di 100 scenari)

ZONA A+B: SCENARIO 1									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore masimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona A+B	Fascia consumo 481-	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,82144 €/Smc	0,85123 €/Smc	x	±1,7810%	x	x
	Tariffa elettricità Zona A+B	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,15794 €/kWh	0,16366 €/kWh	0,1608 €/kWh	±1,7810%	x	x
Consumi energetici	Zona A+B	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	1.322,40 Smc	x	27,57	34,8874%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	27,57	34,8874%
Consumi energetici	Zona A+B	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	6.363,64 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona A+B	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	135.476,89 €	165.582,87 €	150.529,88 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione annuale	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.189,70 €/anno	1.454,08 €/anno	1.321,89 €/anno	±10%	x	x

ZONA A+B: SCENARIO 2									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore masimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona A+B	Fascia consumo 481-1560mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,82144 €/Smc	0,85123 €/Smc	x	±1,7810%	x	x
	Tariffa elettricità Zona A+B	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,15794 €/kWh	0,16366 €/kWh	0,1608 €/kWh	±1,7810%	x	x
Consumi energetici	Zona A+B	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	1.153,66 Smc	x	27,57	34,8874%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	27,57	34,8874%
Consumi energetici	Zona A+B	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	6.363,64 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona A+B	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	157.227,89 €	192.167,42 €	174.697,65 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.299,66 €/anno	1.588,48 €/anno	1.444,07 €/anno	±10%	x	x

ZONA A+B: SCENARIO 3									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore masimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona A+B	Fascia consumo 481-1560mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,82144 €/Smc	0,85123 €/Smc	x	±1,7810%	x	x
	Tariffa elettricità Zona A+B	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,15794 €/kWh	0,16366 €/kWh	0,1608 €/kWh	±1,7810%	x	x
Consumi energetici	Zona A+B	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	1.097,73 Smc	x	27,57	34,8874%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	27,57	34,8874%
Consumi energetici	Zona A+B	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	6.363,64 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona A+B	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	182.947,91 €	223.603,00 €	203.275,45 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.428,87 €/anno	1.746,39 €/anno	1.587,63 €/anno	±10%	x	x

ZONA A+B: SCENARIO 4									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore masimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutaione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona A+B	Fascia consumo 0-120mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1,89329 €/Smc	1,91384 €/Smc	x	±0,5398%	x	x
	Tariffa elettricità Zona A+B	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,15993 €/kWh	0,16167 €/kWh	0,1608 €/kWh	±0,5398%	x	x
Consumi energetici	Zona A+B	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	70,15 Smc	x	27,57	34,8874%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	27,57	34,8874%
Consumi energetici	Zona A+B	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	6.363,64 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona A+B	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	221.246,46 €	270.412,34 €	245.829,40 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.428,87 €/anno	1.746,39 €/anno	1.587,63 €/anno	±10%	x	x

ZONA A+B: SCENARIO 5									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore masimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutaione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona A+B	Fascia consumo 0-120mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1,89329 €/Smc	1,91384 €/Smc	x	±0,5398%	x	x
	Tariffa elettricità Zona A+B	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,15993 €/kWh	0,16167 €/kWh	0,1608 €/kWh	±0,5398%	x	x
Consumi energetici	Zona A+B	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	19,91 Smc	x	27,57	34,8874%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	27,57	34,8874%
Consumi energetici	Zona A+B	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	6.363,64 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona A+B	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	245.669,77 €	300.263,05 €	272.966,41 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	2.242,48 €/anno	2.740,80 €/anno	2.491,64 €/anno	±10%	x	x

ZONA C: SCENARIO 1									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore masimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutaione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona C	Fascia consumo 1561-5000mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,70983 €/Smc	0,82964 €/Smc	x	±7,7825%	x	x
	Tariffa elettricità Zona C	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14829 €/kWh	0,17331 €/kWh	0,1608 €/kWh	±7,7825%	x	x
Consumi energetici	Zona C	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	1.644,00 Smc	x	40,43	0,1860%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	40,43	0,1860%
Consumi energetici	Zona C	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	9.019,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona C	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	136.818,35 €	167.222,43 €	152.020,39 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione annuale	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.197,02 €/anno	1.463,02 €/anno	1.330,02 €/anno	±10%	x	x



ZONA C: SCENARIO 2									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona C	Fascia consumo 481-1560mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,73369 €/Smc	0,85988 €/Smc	x	±7,9187%	x	x
	Tariffa elettricità Zona C	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14807 €/kWh	0,17353 €/kWh	0,1608 €/kWh	±7,9187%	x	x
Consumi energetici	Zona C	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	1.376,00 Smc	x	40,43	0,1860%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	40,43	0,1860%
Consumi energetici	Zona C	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	9.019,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona C	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	158.785,84 €	194.071,58 €	176.428,71 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.306,97 €/anno	1.597,41 €/anno	1.452,19 €/anno	±10%	x	x

ZONA C: SCENARIO 3									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona C	Fascia consumo 481-1560mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,73369 €/Smc	0,85988 €/Smc	x	±7,9187%	x	x
	Tariffa elettricità Zona C	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14807 €/kWh	0,17353 €/kWh	0,1608 €/kWh	±7,9187%	x	x
Consumi energetici	Zona C	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	1.289,00 Smc	x	40,43	0,1860%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	40,43	0,1860%
Consumi energetici	Zona C	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	9.019,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona C	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	184.289,36 €	225.242,56 €	204.765,96 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.436,18 €/anno	1.755,33 €/anno	1.595,75 €/anno	±10%	x	x

ZONA C: SCENARIO 4									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona C	Fascia consumo 0-120mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1,62836 €/Smc	1,91384 €/Smc	x	±8,0594%	x	x
	Tariffa elettricità Zona C	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14784 €/kWh	0,17376 €/kWh	0,1608 €/kWh	±8,0594%	x	x
Consumi energetici	Zona C	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	53,00 Smc	x	40,43	0,1860%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	40,43	0,1860%
Consumi energetici	Zona C	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	9.019,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona C	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	227.360,69 €	277.885,29 €	252.622,99 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	2.149,17 €/anno	2.626,77 €/anno	2.387,97 €/anno	±10%	x	x

ZONA C: SCENARIO 5									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona C	Fascia consumo 0-120mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1,62836 €/Smc	1,91384 €/Smc	x	±8,0594%	x	x
	Tariffa elettricità Zona C	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14784 €/kWh	0,17376 €/kWh	0,1608 €/kWh	±8,0594%	x	x
Consumi energetici	Zona C	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	19,00 Smc	x	40,43	0,1860%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	40,43	0,1860%
Consumi energetici	Zona C	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	9,019,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona C	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	251.338,99 €	307.192,09 €	279.265,54 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	2.262,18 €/anno	2.764,88 €/anno	2.513,53 €/anno	±10%	x	x

ZONA D: SCENARIO 1									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona D	Fascia consumo 1561-5000mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,70843 €/Smc	0,82964 €/Smc	x	±7,8807%	x	x
	Tariffa elettricità Zona D	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14813 €/kWh	0,17347 €/kWh	0,1608 €/kWh	±7,8807%	x	x
Consumi energetici	Zona D	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	2.503,00 Smc	x	140,91	33,8000%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	140,91	33,8000%
Consumi energetici	Zona D	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	12.353,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona D	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	138.345,60 €	169.089,06 €	153.717,33 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione annuale	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.202,49 €/anno	1.469,71 €/anno	1.336,10 €/anno	±10%	x	x

ZONA D: SCENARIO 2									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona D	Fascia consumo 1561-5000mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,70843 €/Smc	0,82964 €/Smc	x	±7,8807%	x	x
	Tariffa elettricità Zona D	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14813 €/kWh	0,17347 €/kWh	0,1608 €/kWh	±7,8807%	x	x
Consumi energetici	Zona D	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	2.114,00 Smc	x	140,91	33,8000%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	140,91	33,8000%
Consumi energetici	Zona D	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	12.353,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona D	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	160.740,04 €	196.460,04 €	178.600,04 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.317,35 €/anno	1.610,09 €/anno	1.463,72 €/anno	±10%	x	x

ZONA D: SCENARIO 3									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standar d "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona D	Fascia consumo 1561-5000mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,70843 €/Smc	0,82964 €/Smc	x	±7,8807%	x	x
	Tariffa elettricità Zona D	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14813 €/kWh	0,17347 €/kWh	0,1608 €/kWh	±7,8807%	x	x
Consumi energetici	Zona D	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	1.823,00 Smc	x	140,91	33,8000%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	140,91	33,8000%
Consumi energetici	Zona D	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	12.353,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona D	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	189.546,18 €	231.667,56 €	210.606,87 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.460,90 €/anno	1.785,54 €/anno	1.623,22 €/anno	±10%	x	x

ZONA D: SCENARIO 4									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standar d "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona D	Fascia consumo 121-480mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,76591 €/Smc	1,04970 €/Smc	x	±15,6306%	x	x
	Tariffa elettricità Zona D	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,13567 €/kWh	0,18593 €/kWh	0,1608 €/kWh	±15,6306%	x	x
Consumi energetici	Zona D	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	463,00 Smc	x	140,91	33,8000%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	140,91	33,8000%
Consumi energetici	Zona D	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	12.353,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona D	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	230.054,40 €	281.177,60 €	255.616,00 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	2.169,24 €/anno	2.651,30 €/anno	2.410,27 €/anno	±10%	x	x

ZONA D: SCENARIO 5									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standar d "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona D	Fascia consumo 121-480mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,76591 €/Smc	1,04970 €/Smc	x	±15,6306%	x	x
	Tariffa elettricità Zona D	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,13567 €/kWh	0,18593 €/kWh	0,1608 €/kWh	±15,6306%	x	x
Consumi energetici	Zona D	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	288,00 Smc	x	140,91	33,8000%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	140,91	33,8000%
Consumi energetici	Zona D	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	12.353,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona D	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	254.634,63 €	311.220,11 €	282.927,37 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	2.279,86 €/anno	2.786,50 €/anno	2.533,18 €/anno	±10%	x	x

ZONA E: SCENARIO 1									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev. standard "σ"	Valore dev. standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona E	Fascia consumo 1561-5000mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,69627 €/Smc	0,82964 €/Smc	x	±8,7404%	x	x
	Tariffa elettricità Zona E	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14675 €/kWh	0,17485 €/kWh	0,1608 €/kWh	±8,7404%	x	x
Consumi energetici	Zona E	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	2,525,36 Smc	x	175,91	28,9281%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	175,91	28,9281%
Consumi energetici	Zona E	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	13,552,94 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona E	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	140.114,00 €	171.250,44 €	155.682,22 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione annuale	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.214,69 €/anno	1.484,63 €/anno	1.349,66 €/anno	±10%	x	x

ZONA E: SCENARIO 2									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev. standard "σ"	Valore dev. standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona E	Fascia consumo 1561-5000mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,69627 €/Smc	0,82964 €/Smc	x	±8,7404%	x	x
	Tariffa elettricità Zona E	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14675 €/kWh	0,17485 €/kWh	0,1608 €/kWh	±8,7404%	x	x
Consumi energetici	Zona E	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	1,976,49 Smc	x	175,91	28,9281%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	175,91	28,9281%
Consumi energetici	Zona E	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	13,552,94 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona E	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	163.482,20 €	199.811,58 €	181.646,89 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.331,66 €/anno	1.627,58 €/anno	1.479,62 €/anno	±10%	x	x

ZONA E: SCENARIO 3									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev. standard "σ"	Valore dev. standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona E	Fascia consumo 1561-5000mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,69627 €/Smc	0,82964 €/Smc	x	±8,7404%	x	x
	Tariffa elettricità Zona E	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14675 €/kWh	0,17485 €/kWh	0,1608 €/kWh	±8,7404%	x	x
Consumi energetici	Zona E	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	1,641,86 Smc	x	175,91	28,9281%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	175,91	28,9281%
Consumi energetici	Zona E	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	13,552,94 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona E	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	190.832,88 €	233.240,18 €	212.036,53 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.470,70 €/anno	1.797,52 €/anno	1.634,11 €/anno	±10%	x	x

ZONA E: SCENARIO 4									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev. standard "σ"	Valore dev. standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona E	Fascia consumo 121-480mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,76591 €/Smc	1,04970 €/Smc	x	±15,6306%	x	x
	Tariffa elettricità Zona E	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,13567 €/kWh	0,18593 €/kWh	0,1608 €/kWh	±15,6306%	x	x
Consumi energetici	Zona E	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	227,51 Smc	x	175,91	28,9281%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	175,91	28,9281%
Consumi energetici	Zona E	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	13.552,94 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona E	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	234.719,39 €	286.879,25 €	260.799,32 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	2.185,00 €/anno	2.670,56 €/anno	2.427,78 €/anno	±10%	x	x

ZONA E: SCENARIO 5									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev. standard "σ"	Valore dev. standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona E	Fascia consumo 121-480mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,76591 €/Smc	1,04970 €/Smc	x	±15,6306%	x	x
	Tariffa elettricità Zona E	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,13567 €/kWh	0,18593 €/kWh	0,1608 €/kWh	±15,6306%	x	x
Consumi energetici	Zona E	Consumi gas	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	145,04 Smc	x	175,91	28,9281%
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Normale [Nor(μ=media,σ=dv.std.)]	x	x	0,00 kWh	x	175,91	28,9281%
Consumi energetici	Zona E	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	13.552,94 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona E	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	259.271,73 €	316.887,67 €	288.079,70 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	2.304,86 €/anno	2.817,05 €/anno	2.560,95 €/anno	±10%	x	x

ZONA F: SCENARIO 1									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore massimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev. standard "σ"	Valore dev. standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona F	Fascia consumo 1561-5000mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,69627 €/Smc	0,82964 €/Smc	x	±8,7404%	x	x
	Tariffa elettricità Zona F	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14675 €/kWh	0,17485 €/kWh	0,1608 €/kWh	±8,7404%	x	x
Consumi energetici	Zona F	Consumi gas	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	3.252,16 Smc	4.943,84 Smc	4.098,00 Smc	±20,6404%	x	x
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	±20,6404%	x	x
Consumi energetici	Zona F	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	19.884,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona F	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	141.851,70 €	173.374,30 €	157.613,00 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione annuale	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.225,07 €/anno	1.497,31 €/anno	1.361,19 €/anno	±10%	x	x

ZONA F: SCENARIO 2									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore masimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona F	Fascia consumo 1561-5000mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,69627 €/Smc	0,82964 €/Smc	x	±8,7404%	x	x
	Tariffa elettricità Zona F	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14675 €/kWh	0,17485 €/kWh	0,1608 €/kWh	±8,7404%	x	x
Consumi energetici	Zona F	Consumi gas	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	2.568,87 Smc	3.905,13 Smc	3.237,00 Smc	±20,6404%	x	x
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	±20,6404%	x	x
Consumi energetici	Zona F	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	19.884,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona F	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	165.419,24 €	202.179,07 €	183.799,15 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.343,30 €/anno	1.641,82 €/anno	1.492,56 €/anno	±10%	x	x

ZONA F: SCENARIO 3									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore masimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona F	Fascia consumo 1561-5000mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,69627 €/Smc	0,82964 €/Smc	x	±8,7404%	x	x
	Tariffa elettricità Zona F	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14675 €/kWh	0,17485 €/kWh	0,1608 €/kWh	±8,7404%	x	x
Consumi energetici	Zona F	Consumi gas	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	2.061,76 Smc	3.134,24 Smc	2.598,00 Smc	±20,6404%	x	x
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,00 kWh	0,00 kWh	0,00 kWh	±20,6404%	x	x
Consumi energetici	Zona F	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	19.884,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona F	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	193.854,05 €	236.932,73 €	215.393,39 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	1.486,41 €/anno	1.816,73 €/anno	1.651,57 €/anno	±10%	x	x

ZONA F: SCENARIO 4									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore masimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona F	Fascia consumo 481-1560mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,72619 €/Smc	0,85988 €/Smc	x	±8,4290%	x	x
	Tariffa elettricità Zona F	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14725 €/kWh	0,17435 €/kWh	0,1608 €/kWh	±8,4290%	x	x
Consumi energetici	Zona F	Consumi gas	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	680,91 Smc	1.035,09 Smc	858,00 Smc	±20,6404%	x	x
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	52,38 kWh	79,62 kWh	66,00 kWh	±20,6404%	x	x
Consumi energetici	Zona F	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	19.884,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona F	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	237.678,07 €	290.495,41 €	264.086,74 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	2.199,32 €/anno	2.688,06 €/anno	2.443,69 €/anno	±10%	x	x

ZONA F: SCENARIO 5									
Parametri di input			Tipo distribuzione	Valore minimo "a"	Valore masimo "b"	Valore medio "μ"	Intervallo di valutazione %	Valore dev.standard "σ"	Valore dev.standard relativa %
Costi energetici	Tariffa gas Zona F	Fascia consumo 481-1560mc	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,72619 €/Smc	0,85988 €/Smc	x	±8,4290%	x	x
	Tariffa elettricità Zona F	Tariffa elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	0,14725 €/kWh	0,17435 €/kWh	0,1608 €/kWh	±8,4290%	x	x
Consumi energetici	Zona F	Consumi gas	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	522,98 Smc	795,02 Smc	659,00 Smc	±20,6404%	x	x
	CONSUMI POST	Consumi elettricità	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	95,23 kWh	144,77 kWh	120,00 kWh	±20,6404%	x	x
Consumi energetici	Zona F	Consumi gas	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	19.884,00 Smc	x	x	x
	CONSUMI PRE	Consumi elettricità	Deterministico [Det(μ=media)]	x	x	0,00 kWh	x	x	x
Dati tecnici	Zona F	Costo di investimento	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	263.571,86 €	322.143,38 €	292.857,62 €	±10%	x	x
		Costo di manutenzione	Uniforme [Uni(a=min,b=max)]	2.326,48 €/anno	2.843,48 €/anno	2.584,98 €/anno	±10%	x	x

### III.3.5 METODO DI VALUTAZIONI RISULTATI

In questa sezione vengono illustrate le modalità di presentazione dei risultati; per far ciò vengono riportati i risultati della prestazione energetica e i valori del calcolo LCC probabilistico.

Nel capitolo dedicato, si riportano i valori del fabbisogno energetico di energia non rinnovabile ( $EP_{gl,nren}$ ) per le diverse zone climatiche e per ciascun scenario tecnico. Successivamente si inseriscono i risultati dei costi globali medi in funzione delle prestazioni ricavati dalle analisi LCC probabilistiche per ciascun scenario macroeconomico e, infine, gli share o incidenze percentuali dei costi di investimento, di manutenzione e di energia che vertono sui costi medi globali.

Attraverso l'uso del software "RIBuild" è stato possibile ottenere la distribuzione dei costi globali. Successivamente, è stato usato Excel per l'individuazione dei costi globali medi unitari (ossia per unità di superficie riscaldata netta, pari a  $387m^2 = 64,5m^2/app. * 6$  appartamenti).

I grafici sono definiti "curva cost-optimal", dove il valore ottimale di investimento individua un determinato scenario tecnico. Lo scenario cost-optimal è quello che mostra un costo [ $€/m^2$ ] più basso. Nello specifico i grafici hanno in asse "X" l'indice di prestazione energetica  $EP_{gl,nren}$  [ $kWh/m^2$ anno], mentre in direzione "Y" il costo globale unitario medio [ $€/m^2$ ]. In alcuni grafici si riportano delle "bolle" di dispersione. La "bolla" riporta al suo interno il valore percentuale del coefficiente di variazione o deviazione standard relativa, ottenuto come rapporto tra dev.standard e media.

$$\sigma^* = \frac{\sigma}{|\mu|}$$

Figura 115 – Formula coefficiente di variazione o deviazione standard relativa

I risultati sono discussi per ciascuna zona climatica, con i relativi scenari tecnici e per ogni scenario macroeconomico; sono riportati grafici e tabelle per meglio comprendere i valori.

#### III.3.5.1 Valutazione Vendita Energia Prodotta ("PV")

Come accennato in precedenza, oggigiorno è sempre più diffuso installare pannelli solari fotovoltaici in copertura per produrre energia in situ, come

d'altronde previsto ed obbligatorio in diversi casi da numerose norme e leggi. La metodologia europea non prevede, nel calcolo dei costi globali, lo "sconto" derivante agli incentivi derivante dall'uso di fonti rinnovabili in situ. Per questo motivo si vuole indagare velocemente l'aspetto derivante dallo "sconto" in bolletta per la vendita delle "eccedenze" energetiche, così da analizzare gli impatti dello stesso.

Per quanto riguarda questa parte, si è per prima cosa indagata la tariffa energetica di vendita dell'elettricità prodotta e immessa in rete come "eccedenza", ossia depurata dell'energia prodotta e riutilizzata in situ. Questa voce è presente in TERMO alla voce "energia esportata" sull'APE ed espressa in kWh.

Per la determinazione della tariffa energetica di vendita da cliente/utente finale verso gestore, si indaga il sito del GSE - Gestore Servizi Energetici [\[66\]](#) e del GME - Gestore Mercati Energetici [\[67\]](#). In quest'ultimo sito si individuano i dati statistici relativi al PUN (=Prezzo Unico Nazionale) dell'energia elettrica da inserire nei dataframe del software "RIBuild" e con cui si moltiplicano i valori energetici in kWh. In particolare, infatti, è possibile sottrarre (in seguito a un doppio uso/calcolo separato del software e conseguente elaborazione in Excel) ai costi globali determinati in precedenza, i nuovi "sconti" ottenuti dalla vendita dell'energia elettrica "eccedente". Il prezzo dell'energia venduta è attribuito tramite una distribuzione uniforme con valore minimo di 0,07€/kWh e massimo di 0,10€/kWh.

Nel caso specifico di valutazione in seguito alla vendita di energia prodotta, si individuano i risultati dei costi globali ridotti per ogni zona climatica per i relativi scenari tecnici ed economici.



## CAPITOLO IV

### - RISULTATI e DISCUSSIONE-

#### IV.1 PRESTAZIONE ENERGETICA PER ZONA CLIMATICA

Il presente capitolo riporta i risultati relativi all'energia utile per il riscaldamento e agli indici di energia primaria (suddivisi per: totale, non rinnovabile e rinnovabile). Questi risultati sono suddivisi per zona climatica (A+B, C, D, E, E, F), in ognuna ci sono 5 scenari tecnici, che vanno dall'1 al 5 con andamento crescente di prestazione. Questi scenari tecnici, si ricorda, sono ottenuti dalla combinazione di diverse misure di efficientamento di intervento sui componenti costruttivi ed impiantistici, ognuno fino ad un massimo di 5 livelli di prestazione.

##### IV.1.1 Zona Climatica "A+B"

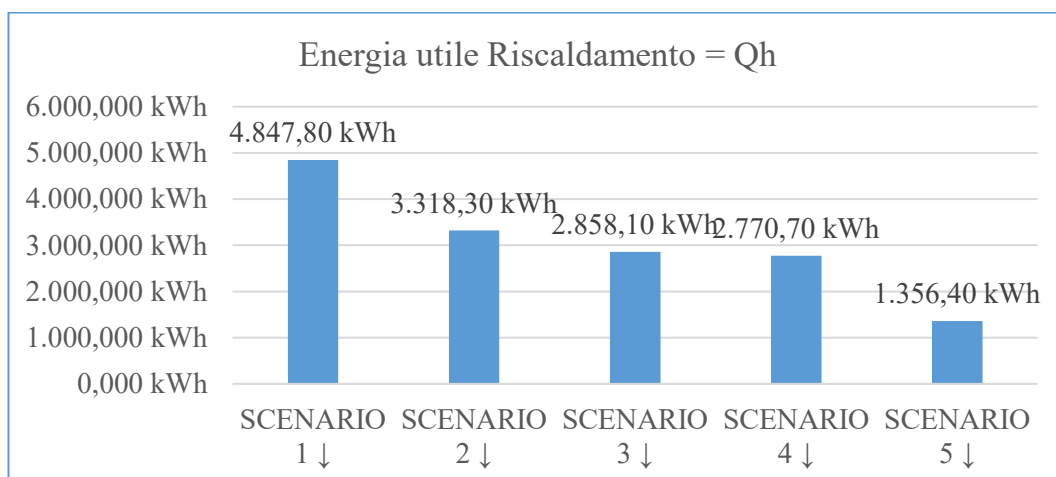


Tabella 3

Per la zona climatica A+B, si osserva come lo scenario 1 abbia un'energia utile per il riscaldamento pari a 4.847,80kWh mentre lo scenario 5 di 1.356,40kWh, corrispondente ad una differenza del 72,02%, cioè lo scenario 1 consuma 3,57 volte lo scenario 5.

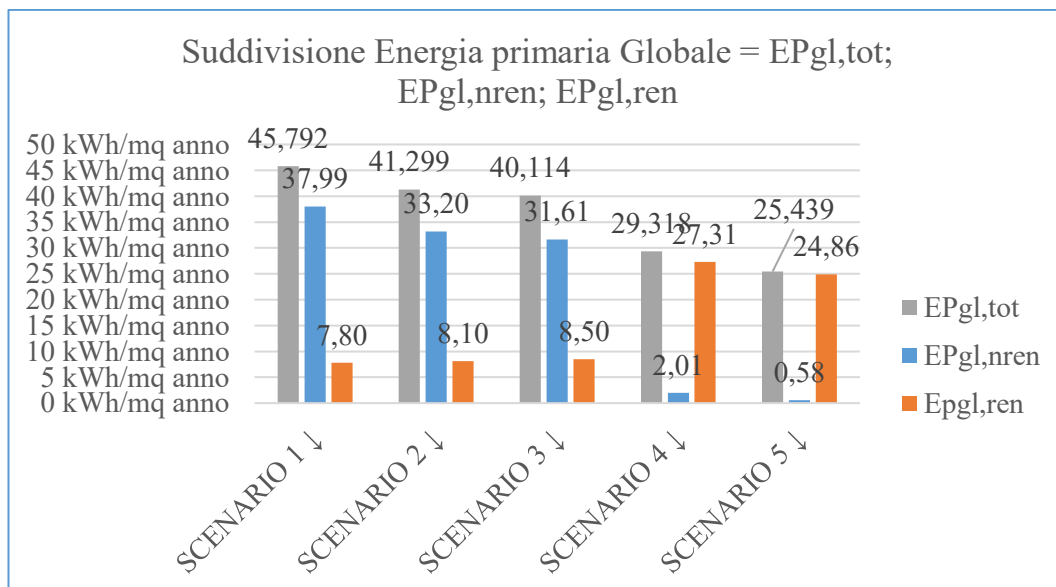


Tabella 4

Osservando la *tabella 4*, si nota come i primi 3 scenari abbiano un valore simile di EP<sub>gl,tot</sub> intorno a 40-45 kWh/m<sup>2</sup>anno, così come anche i valori di EP<sub>gl,nren</sub> rimangono simili da 31,61 kWh/m<sup>2</sup>anno a 37,99 kWh/m<sup>2</sup>anno, con una differenza massima tra AB1 (con questa dizione si intende zona climatica AB e scenario 1, analogamente per tutte le prossime abbreviazioni) e AB3 del 16,79%. Nel passaggio tra AB3 e AB4 si ha un'importante riduzione di EP<sub>gl,tot</sub>, infatti, si passa da 40,144 kWh/m<sup>2</sup>anno a 29,318 kWh/m<sup>2</sup>anno, con una differenza del 26,91%. Si nota quasi un'azzeramento dell'energia non rinnovabile in AB4 e, soprattutto, in AB5; questo è dovuto probabilmente all'impiego di pompe di calore ad acqua con funzionamento elettrico, infatti, EP<sub>gl,ren</sub> aumenta fino a coprire il 97,72% dell'EP<sub>gl,tot</sub> in AB5. Tra AB1 e AB5 vi è una differenza percentuale del 44,45% dell'EP<sub>gl,tot</sub>.

L'andamento decrescente dei consumi energetici nelle due tabelle è molto lineare; come è progressivo anche quello dei livelli di efficientamento di prestazione energetica.

#### IV.1.2 Zona Climatica "C"

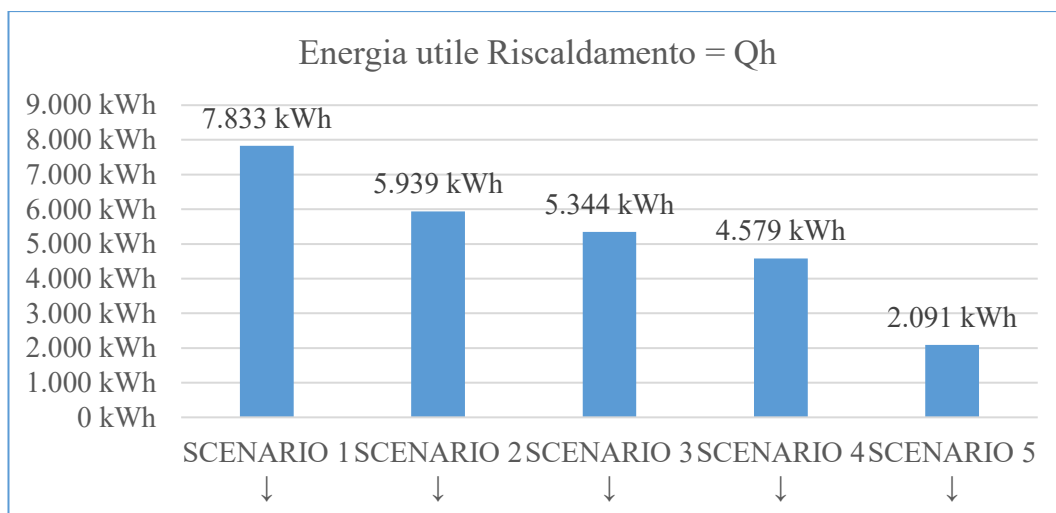


Tabella 5

Per la zona climatica C, si osserva come lo scenario 1 abbia un'energia utile per il riscaldamento pari a 7.833 kWh mentre lo scenario 5 di 2091 kWh, corrispondente ad una differenza del 73,31%, cioè lo scenario 1 consuma 3,75 volte lo scenario 5. Si osserva che, tra zona A+B e C (tra AB1-AB5 e C1-C5), i valori delle differenze in termini percentuali rimangono quasi identici.

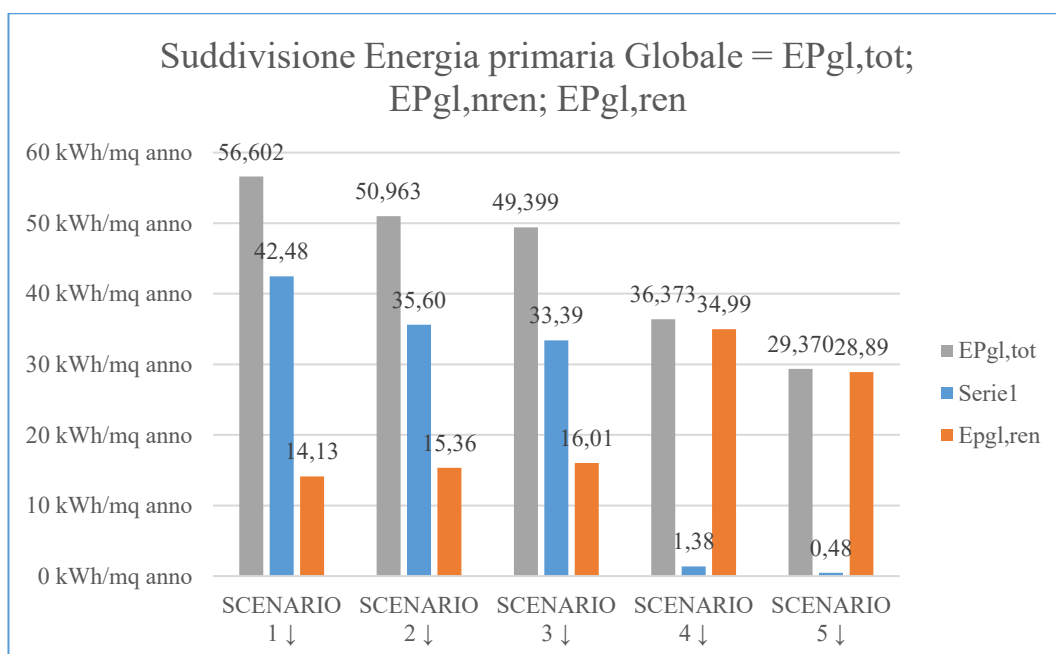
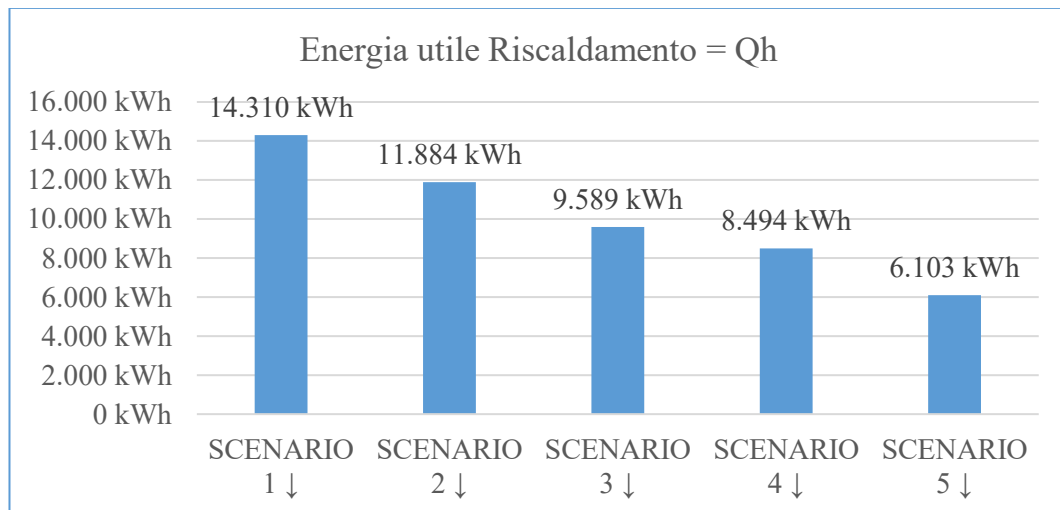


Tabella 6

Osservando la *tabella 6*, si nota come ci sia un salto tra C1 e C2 in termini di  $EP_{gl,tot}$ , infatti, si passa dai 56,602 kWh/m<sup>2</sup>anno ai 50,963 kWh/m<sup>2</sup>anno, con una differenza percentuale di 9,96%. Invece, tra C2 e C3 si hanno valori simili di  $EP_{gl,tot}$ . Analizzando il salto tra C1 e C2, l'indice di  $EP_{gl,nren}$  passa da 42,48 kWh/m<sup>2</sup>anno a 35,60 kWh/m<sup>2</sup>anno, con una differenza in termini percentuali di 16,20%, simile al caso precedente con AB1-AB3. Nel passaggio tra C3 e C4 si ha un importante riduzione di  $EP_{gl,tot}$ , infatti, si passa da 49,399 kWh/m<sup>2</sup>anno a 36,373 kWh/m<sup>2</sup>anno, con una differenza del 26,37%. Si nota quasi un azzeramento dell'energia non rinnovabile in C4 e, soprattutto, in C5; questo è dovuto probabilmente all'impiego di pompe di calore ad acqua con funzionamento elettrico, infatti,  $EP_{gl,ren}$  aumenta fino a coprire il 98,37% dell' $EP_{gl,tot}$  in C5. Tra C1 e C5 vi è una differenza percentuale del 48,11% dell' $EP_{gl,tot}$ .

L'andamento decrescente dei consumi energetici nelle due tabelle è molto lineare; come è progressivo anche quello dei livelli di efficientamento di prestazione energetica.

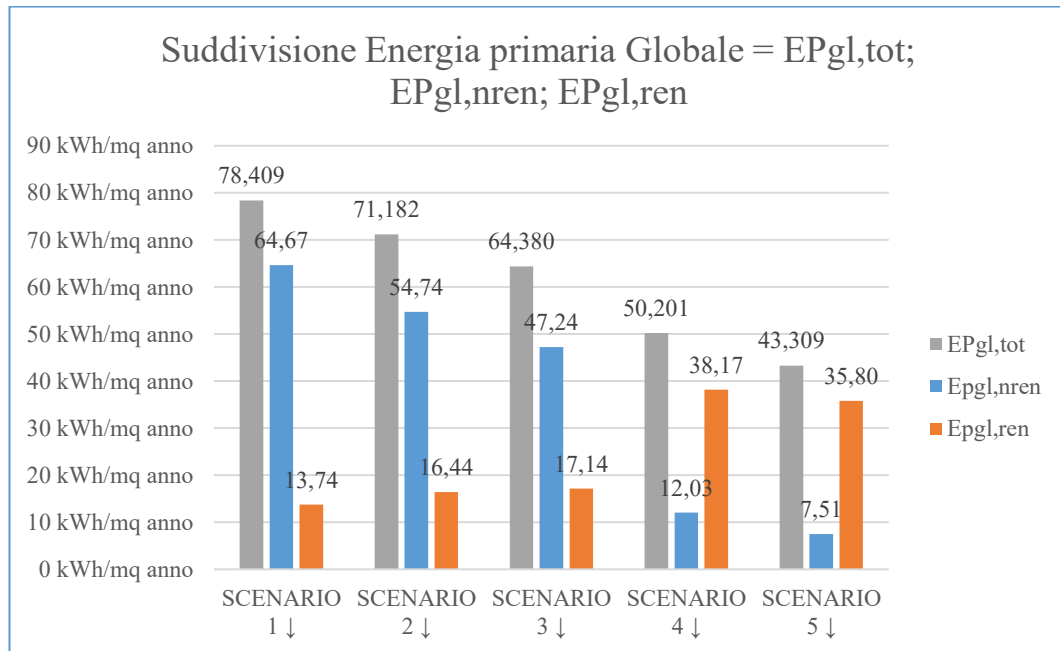
#### IV.1.3 Zona Climatica "D"



*Tabella 7*

Per la zona climatica D, si osserva come lo scenario 1 abbia un'energia utile per il riscaldamento pari a 14.310 kWh mentre lo scenario 5 di 6.103 kWh, corrispondente ad una differenza del 57,35%, cioè lo scenario 1 consuma 2,34 volte lo scenario 5. Si osserva come tra zona A+B, C e D vi sia un uno scarto importante

(si passa da circa 72/73% a 57%, scarto di circa il 16%) tra i valori delle differenze in termini percentuali.



*Tabella 8*

Osservando la *tabella 8*, si nota come ci sia un regolare decremento lungo tutti gli scenari del valore di EP<sub>gl,tot</sub>. Nel passaggio tra D3 e D4 si nota il salto più ampio, si passa da 64,380 kWh/m<sup>2</sup>anno a 50,2010 kWh/m<sup>2</sup>anno, con una differenza percentuale del 22,02%. Si nota una drastica riduzione dell'energia non rinnovabile in D4 e, soprattutto, in D5. L'EP<sub>gl,ren</sub> aumenta fino a coprire l'79,01% dell'EP<sub>gl,tot</sub> in D5. Tra D1 e D5 vi è una differenza percentuale (in linea con i dati della zona C) del 44,77% dell'EP<sub>gl,tot</sub>.

L'andamento decrescente dei consumi energetici nelle due tabelle è molto lineare; come è progressivo anche quello dei livelli di efficientamento di prestazione energetica.

#### IV.1.4 Zona Climatica "E"

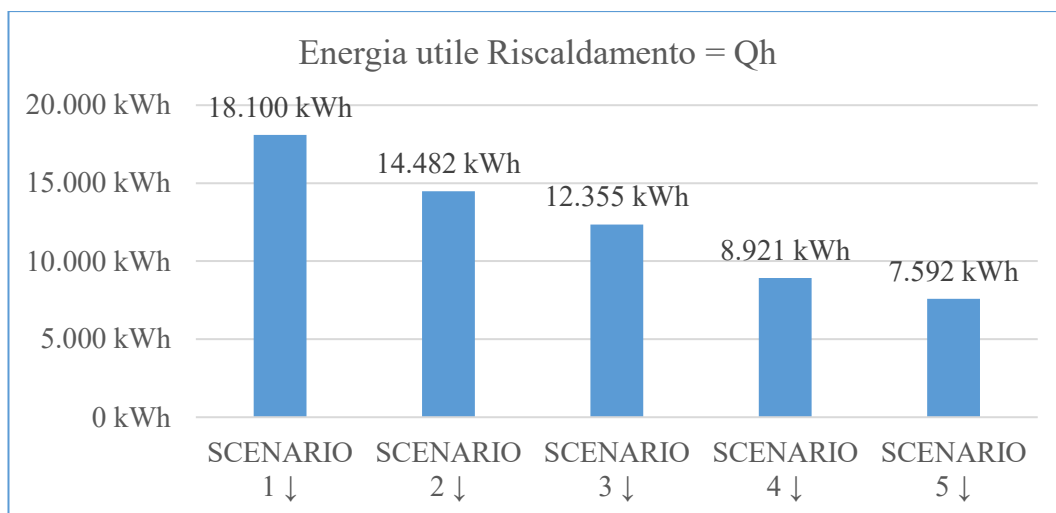


Tabella 9

Per la zona climatica E, si osserva come lo scenario 1 abbia un'energia utile per il riscaldamento pari a 18.100 kWh mentre lo scenario 5 di 7.592 kWh, corrispondente ad una differenza del 58,06%, cioè lo scenario 1 consuma 2,38 volte rispetto lo scenario 5. Si osserva come tra zona D ed E vi sia una differenza percentuale simile.

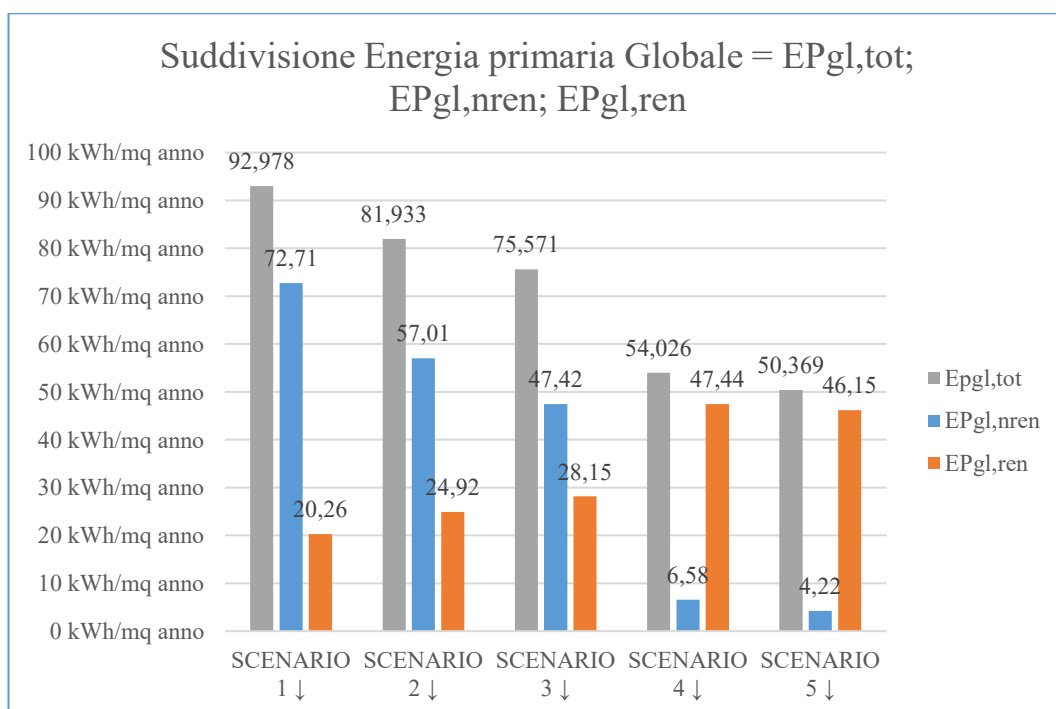


Tabella 10

Osservando la *tabella 10*, si nota come ci sia un regolare decremento del valore di  $EP_{gl,tot}$  su tutti gli scenari. Nel passaggio tra E3 e E4 si nota il salto più ampio, si passa da 75,571 kWh/m<sup>2</sup>anno a 54,026 kWh/m<sup>2</sup>anno, con una differenza percentuale del 28,51%. Si nota una drastica riduzione dell'energia non rinnovabile in E4 e in E5. L' $EP_{gl,ren}$  aumenta fino a coprire l'91,62% dell' $EP_{gl,tot}$  in E5. Tra E1 e E5 vi è una differenza percentuale (in linea con i dati della zona C e D) del 45,83% dell' $EP_{gl,tot}$ .

L'andamento decrescente dei consumi energetici nelle due tabelle è molto lineare, con una attenuazione tra gli ultimi due scenari.

#### IV.1.5 Zona Climatica "F"

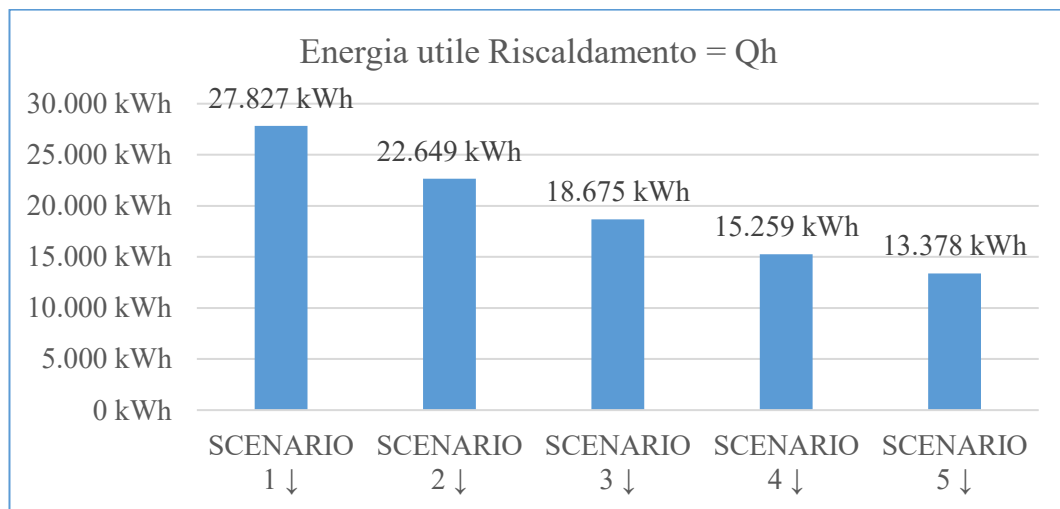
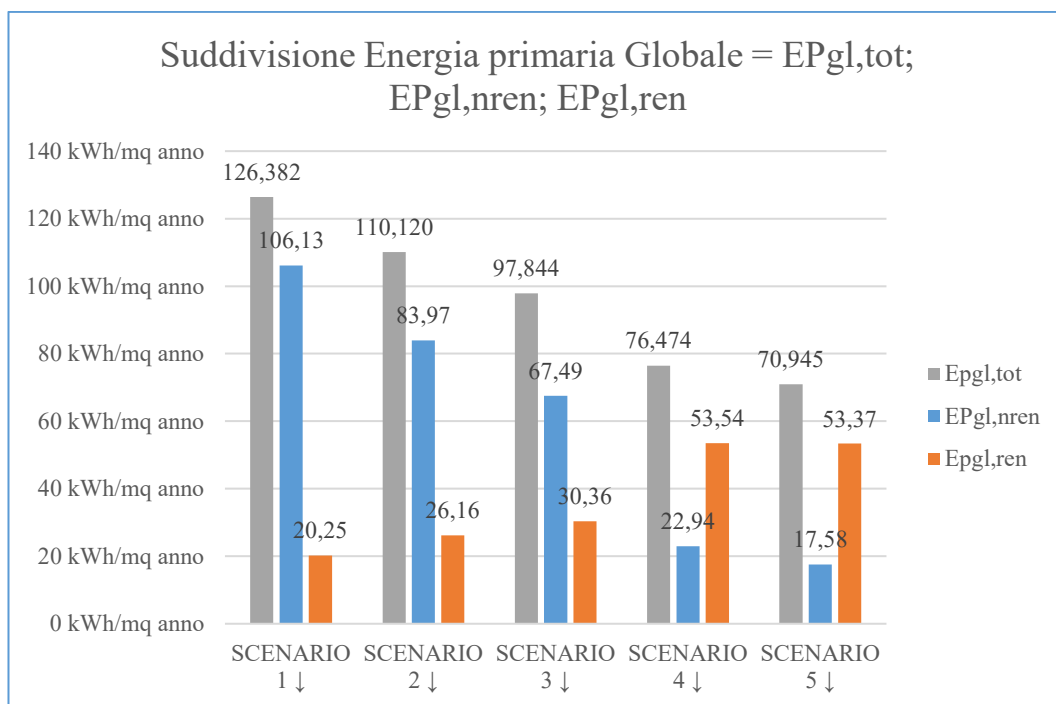


Tabella 11

Per la zona climatica F, si osserva come lo scenario 1 abbia un'energia utile per il riscaldamento pari a 27.827 kWh mentre lo scenario 5 di 13.378 kWh, corrispondente ad una differenza del 51,92%, cioè lo scenario 1 consuma 2,08 volte rispetto lo scenario 5. Si osserva come tra zona D, E ed F vi sia una differenza percentuale simile (variazione di circa 6 punti percentuali).



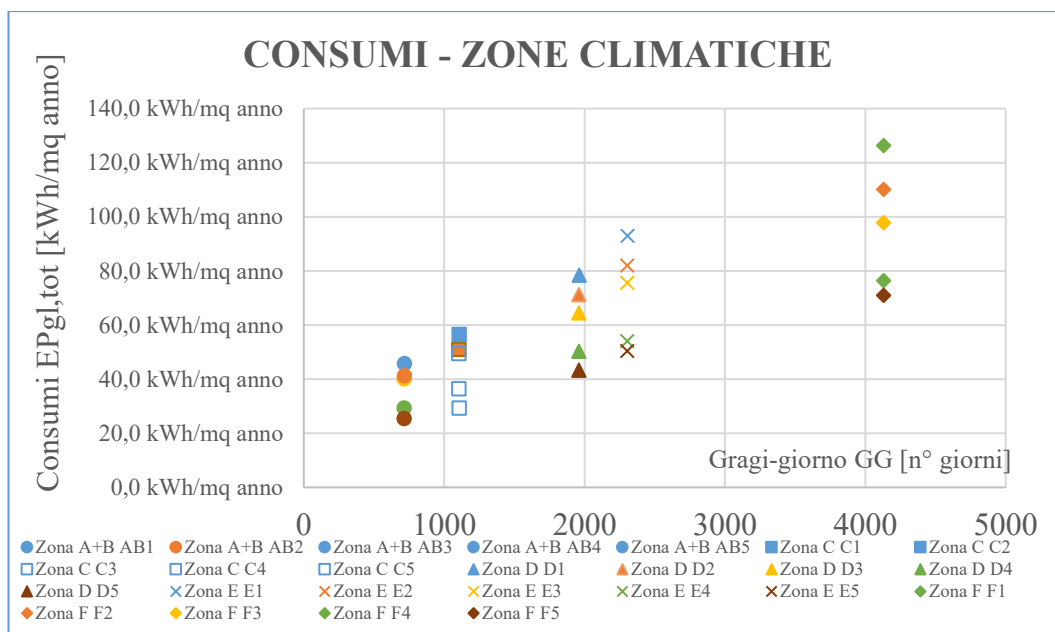
*Tabella 12*

Osservando la *tabella 12*, si nota come ci sia un regolare decremento del valore di EP<sub>gl,tot</sub> su tutti gli scenari. Nel passaggio tra F3 e F4 si nota il salto più ampio, si passa da 97,844kWh/m<sup>2</sup>anno a 76,474 kWh/m<sup>2</sup>anno, con una differenza percentuale del 21,84%. L'EP<sub>gl,ren</sub> aumenta fino a coprire l'75,23% dell'EP<sub>gl,tot</sub> in F5. Tra F1 ed F5 vi è una differenza percentuale (in linea con i dati della zona C e D) del 43,86% dell'EP<sub>gl,tot</sub>.

L'andamento decrescente dei consumi energetici nelle due tabelle è molto lineare, con una attenuazione tra gli ultimi due scenari.



## Riepilogo



Si può osservare come nelle zone climatiche A+B e C si abbiano le maggiori differenze di consumi tra lo scenario 1 e 5 (differenza superiore a 3,5 volte), mentre nelle zone D, E ed F la differenza è più contenuta (da 2,38 a 2,08 volte).

Sempre analizzando tutte le zone climatiche, si può notare:

- decremento lineare dell'indice di  $EP_{gl,tot}$  dallo scenario 1 verso il 5;
- incremento dell'energia rinnovabile dallo scenario 1 verso il 5;
- copertura dell'energia totale con il 90% circa di energia rinnovabile, per tutti gli scenari n°5 ad eccezione della zona F dove la percentuale scende al 75%.

### IV.2 VALORI MEDI COSTI GLOBALI PER ZONA CLIMATICA NEGLI SCENARI ECONOMICI

I grafici seguenti sono definiti "curva cost-optimal", dove il valore ottimale di investimento individua un determinato scenario tecnico. Lo scenario cost-optimal è quello che mostra un costo [ $\text{€}/\text{m}^2$ ] più basso. I grafici vengono riportati per ogni zona climatica e suddivisi per ogni scenario economico. Come già detto nel paragrafo sulla valutazione dei risultati, il primo grafico della coppia riportata, per ogni scenario macroeconomico, rappresenta una curva cost-optimal classica,

mentre il secondo rappresenta la stessa curva con delle “bolle” indicanti il coefficiente di variazione o deviazione standard relativa.

Il cost-optimal è individuato come “livello ottimale in funzione dei costi”, ossia un livello di prestazione energetica che comporta il costo più basso durante il ciclo di vita economico tenendo conto dei costi di investimento, di manutenzione, di funzionamento e, eventualmente, di smaltimento; come detto nell’EPBD Recast.

Il livello nZEB, inteso come edificio ad altissima prestazione energetica il cui fabbisogno molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze, viene determinato dai risultati prodotti da TERMO, che indica quali scenari raggiungo questo aspetto. Il software TERMO ha al suo interno tutti i requisiti e parametri normativi per l’attribuzione del “campo” edificio nZEB. Di seguito si individuano le etichette degli scenari nZEB direttamente, perché il controllo sul software è già stato fatto in precedenza.

#### IV.2.1 Zona Climatica “A+B”

##### Crescita regolare

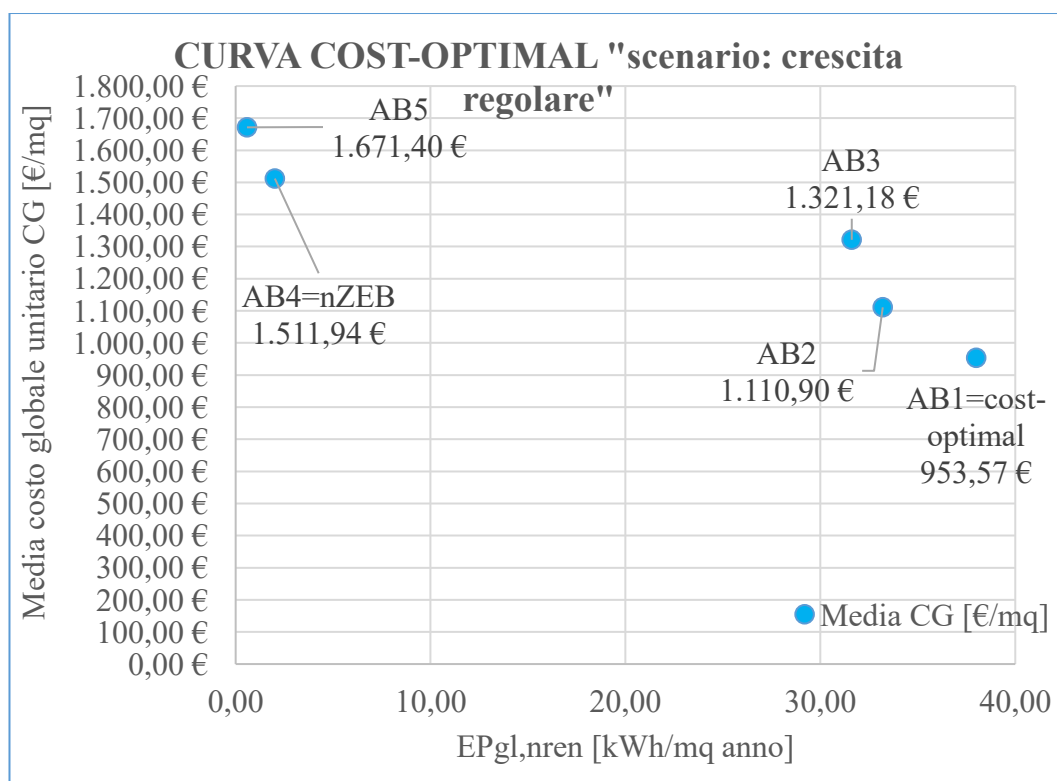


Tabella 13

Nella zona climatica A+B, dalla *tabella 13* relativa allo scenario “crescita regolare”, si può osservare che il cost-optimal corrisponde allo scenario tecnico 1 (AB1), perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 953,57€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario AB4, con costo globale pari a 1.511,94€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB. Confrontando AB1=cost-optimal e AB4=nZEB si hanno:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 58,56%, cioè AB4 ha un costo superiore a 1,59 volte ad AB1;
- una differenza percentuale in termini di EP<sub>gl,nren</sub> pari a 94,71%, cioè AB4 (2,01 kWh/m<sup>2</sup>anno) è 18,90 volte più efficiente di AB1 (37,99 kWh/m<sup>2</sup>anno).

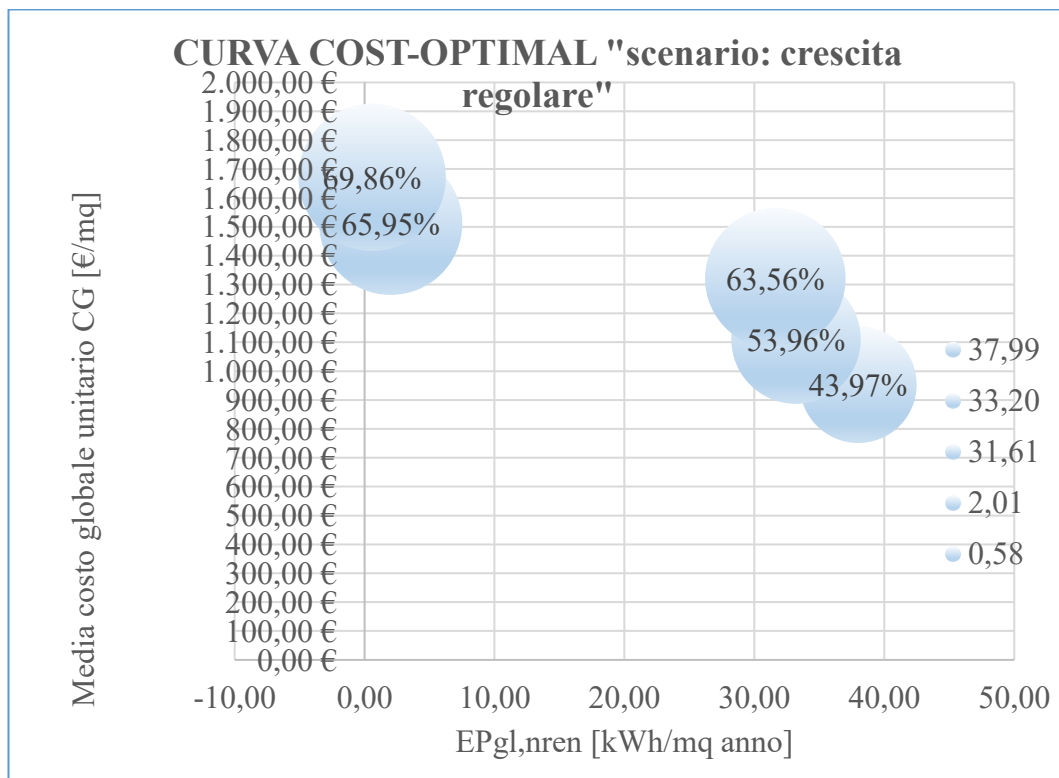


Tabella 14

La *tabella 14* mostra i coefficienti di variazione. Questi sono molto elevati per tutti gli scenari, ciò è dovuto al grande numero di input con ampia incertezza. Lo scenario AB1 mostra il coefficiente più basso, pari a 43,97%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 69,86%.

Tra lo scenario AB1=cost-optimal e AB4=nZEB vi è uno scarto di circa 22 punti percentuali.

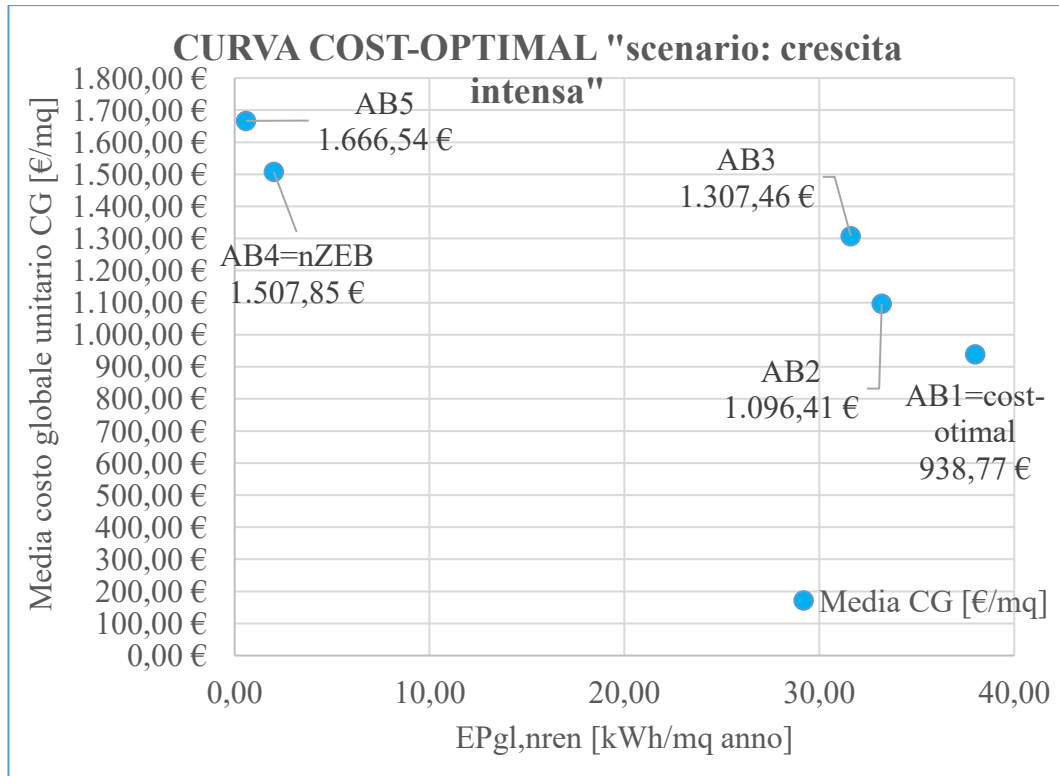


Tabella 15

Nella zona climatica A+B, dalla *tabella 15* relativa allo scenario “crescita intensa”, si può osservare che AB1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 938,77€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario AB4, con costo globale pari a 1.507,85€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB. Confrontando AB1=cost-optimal e AB4=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 60,62%, cioè AB4 ha un costo superiore a 1,61 volte ad AB1; in linea con lo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di AB1 ha una riduzione di 14,8€/m<sup>2</sup>, pari a 1,55%;
- il costo globale medio di AB4 ha una riduzione di 4,09€/m<sup>2</sup>, pari a 0,27%.

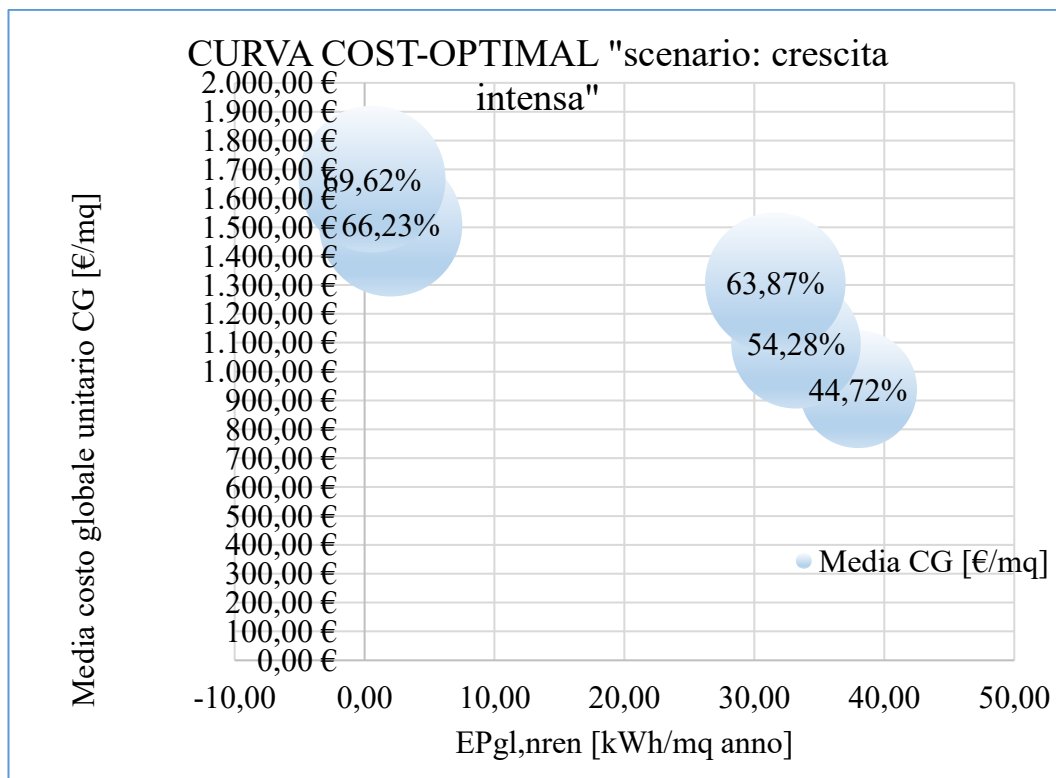


Tabella 16

La tabella 16 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario AB1 mostra il coefficiente più basso, pari a 44,72%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 69,62%.

Tra lo scenario AB1=cost-optimal e AB4=nZEB vi è uno scarto di circa 22 punti percentuali.

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si nota che:

- il coeff. di variazione di AB1 ha un incremento di 0,75 punti percentuali.
- il coeff. di variazione di AB4 ha una riduzione di 0,28 punti percentuali.

## Stagflazione

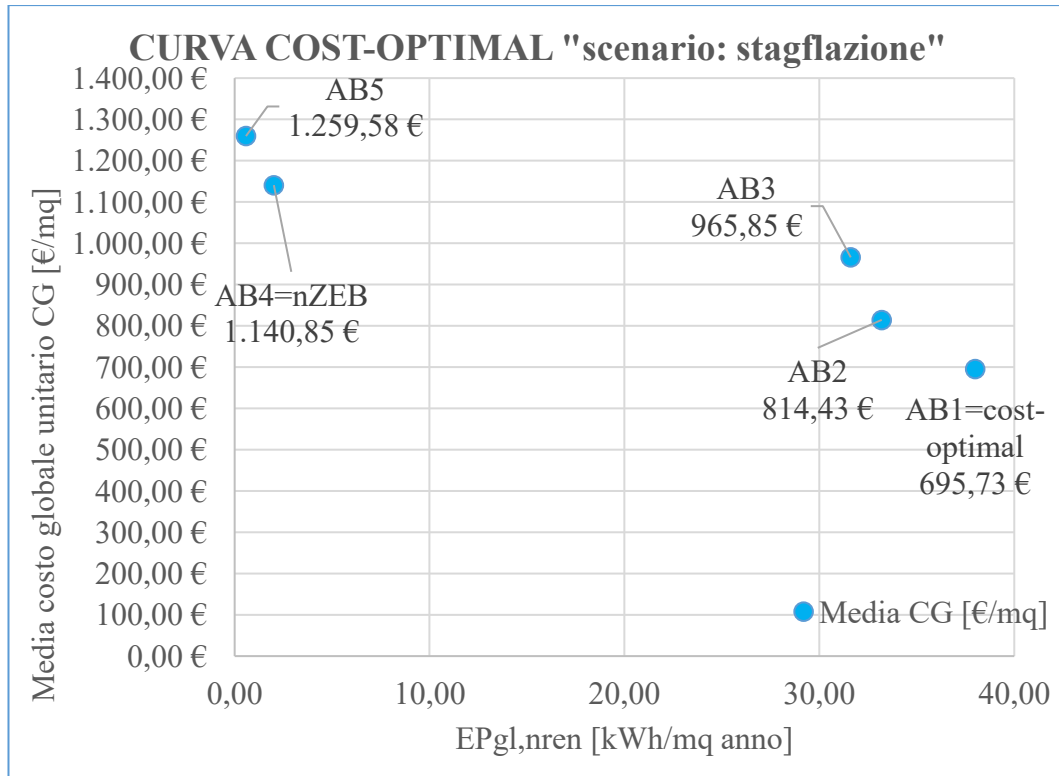


Tabella 17

Nella zona climatica A+B, dalla *tabella 17* relativa allo scenario “stagflazione” si può osservare che AB1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 695,73€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario AB4, con costo globale pari a 1.140,85€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando AB1=cost-optimal e AB4=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 63,98%, cioè AB4 ha un costo superiore a 1,64 volte ad AB1; in linea con lo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “stagflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di AB1 ha una riduzione di 257,84€/m<sup>2</sup>, pari a 27,04%;
- il costo globale medio di AB4 ha una riduzione di 371,09€/m<sup>2</sup>, pari a 24,54%.

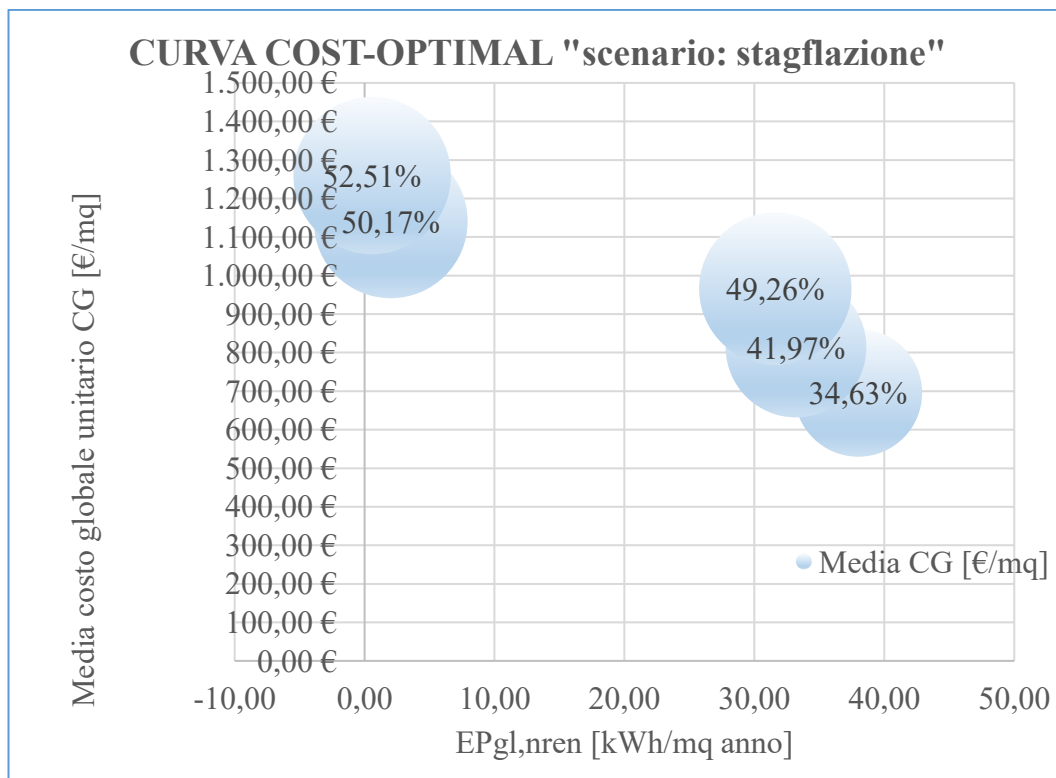


Tabella 18

La tabella 18 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario AB1 mostra il coefficiente più basso, pari a 34,63%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 52,51%.

Tra lo scenario AB1=cost-optimal e AB4=nZEB vi è uno scarto di circa 16 punti percentuali.

Confrontando lo scenario “stagflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il coeff. di variazione di AB1 ha una riduzione di 9,34 punti percentuali, pari a -21,24%;
- il coeff. di variazione di AB4 ha una riduzione di 15,78 punti percentuali, pari a -23,93%.

## Deflazione

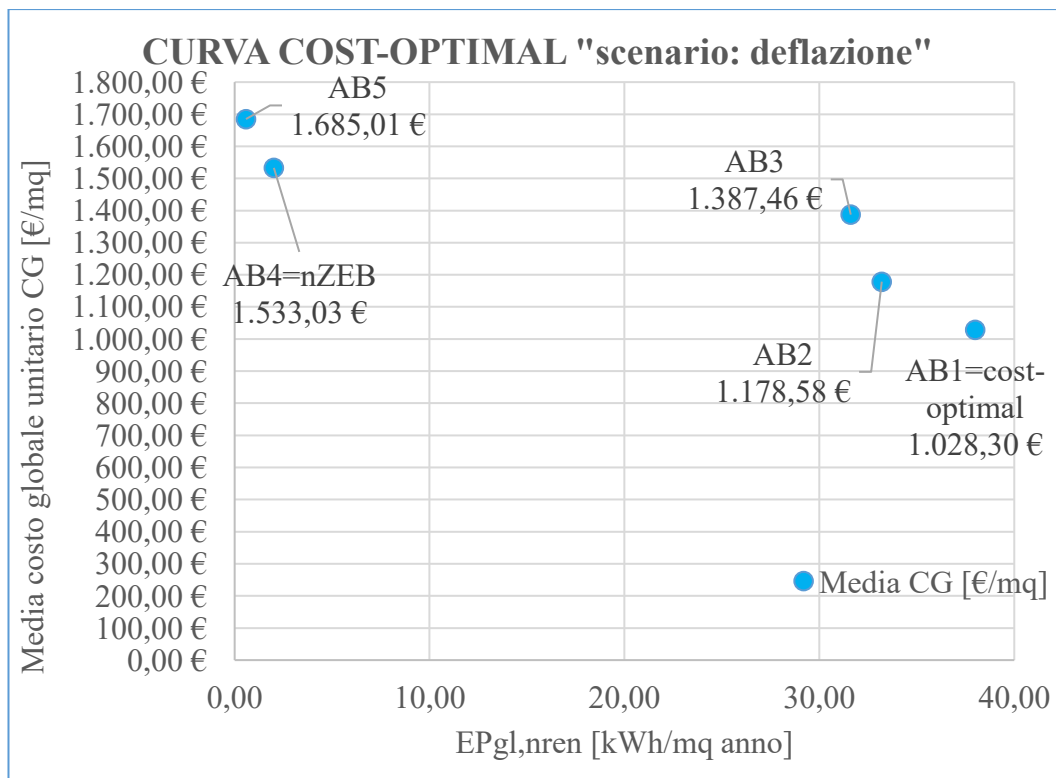


Tabella 19

Nella zona climatica A+B, dalla *tabella 19* relativa allo scenario “deflazione” si può osservare che AB1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 1.028,30€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario AB4, con costo globale pari a 1.533,03€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando AB1=cost-optimal e AB4=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 49,08%, cioè AB4 ha un costo superiore a 1,49 volte ad AB1; inferiore rispetto lo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di AB1 ha un aumento di 74,73€/m<sup>2</sup>, pari a 7,84%;
- il costo globale medio di AB4 ha un aumento di 21,09€/m<sup>2</sup>, pari a 1,39%.



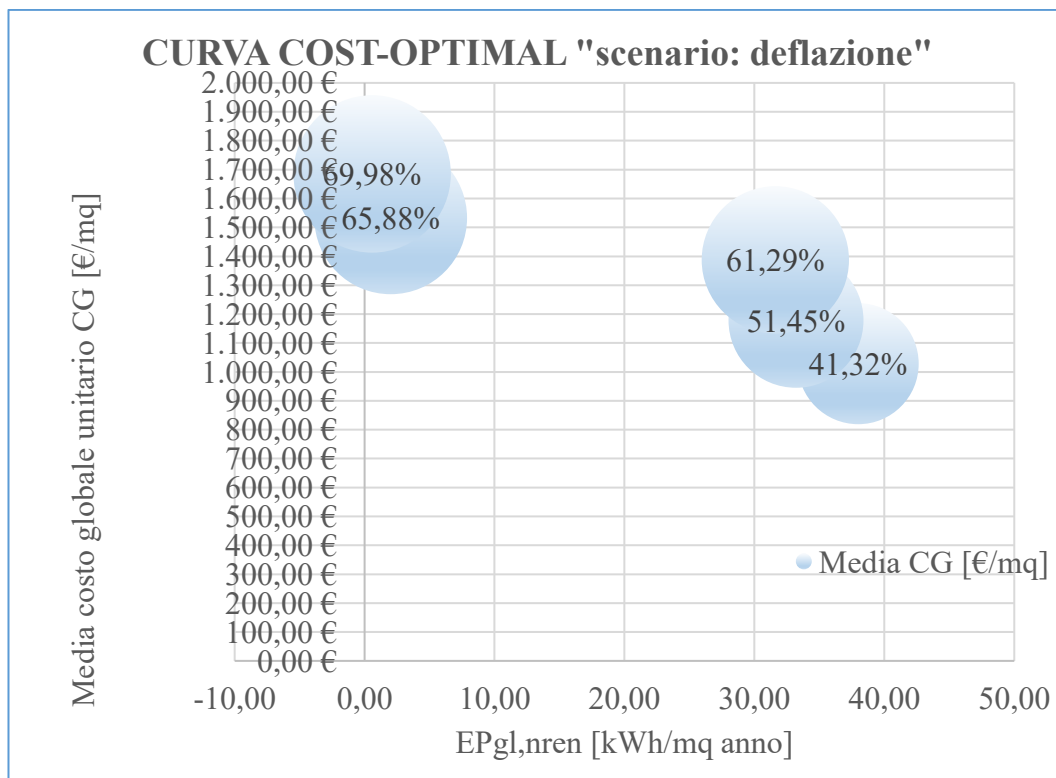


Tabella 20

La tabella 20 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario AB1 mostra il coefficiente più basso, pari a 41,32%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 69,98%.

Tra lo scenario AB1=cost-optimal e AB4=nZEB vi è uno scarto di circa 25 punti percentuali.

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il coeff. di variazione di AB1 ha una riduzione di 2,65 punti percentuali, pari a -6,03%.
- il coeff. di variazione di AB4 ha una riduzione di 0,07 punti percentuali, pari a -0,11%.

## Riepilogo

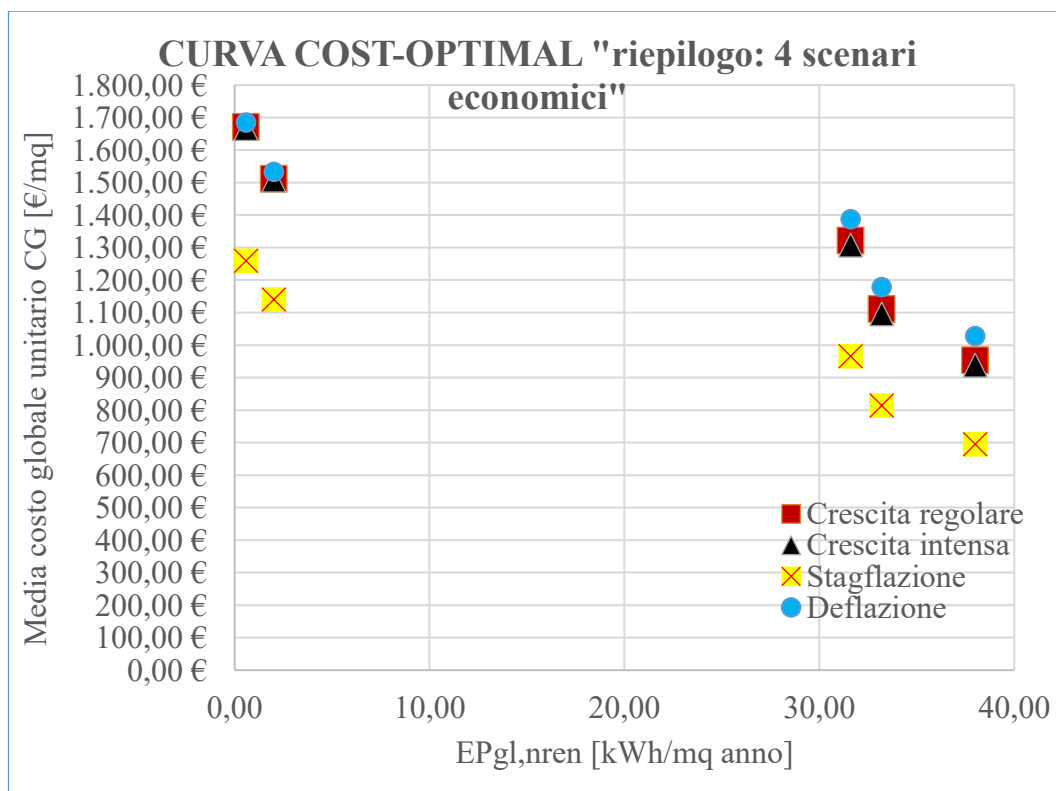


Tabella 21

Come analizzato nei relativi grafici soprastanti, lo scenario “stagflazione” è quello che comporta una riduzione dei costi maggiore, mentre lo scenario “deflazione” li fa aumentare; come si osserva nella *tabella 21*. Questo accade perché nella “stagflazione” il PIL è molto basso (con conseguente escalation dei prezzi) e il tasso di inflazione è molto alto (conseguente incremento potere d’acquisto); viceversa nella “deflazione” dove tassi e PIL risultano essere molto bassi. Inoltre, la tabella evidenzia che gli scenari tecnici più prestazionali (nZEB) subiscono meno il cambio di scenario macroeconomico, con relativa variazione rispetto allo scenario “baseline”. Per finire, gli scenari tecnici più prestazionali mostrano una variabilità di costi minore (circa 200€/m<sup>2</sup>) rispetto a quelli meno prestazionali (circa 400€/m<sup>2</sup>); perché nei prestazionali i costi degli interventi sono maggiori e l’influenza energetica è minore.

Si è notato su tutti gli alternativi scenari economici che gli scenari tecnici più prestazionali, caratterizzati da un costo di investimento maggiore, sono quelli con valori più elevati di dispersione.

La tabella sottostante riporta tutti i coefficienti di variazione insieme.

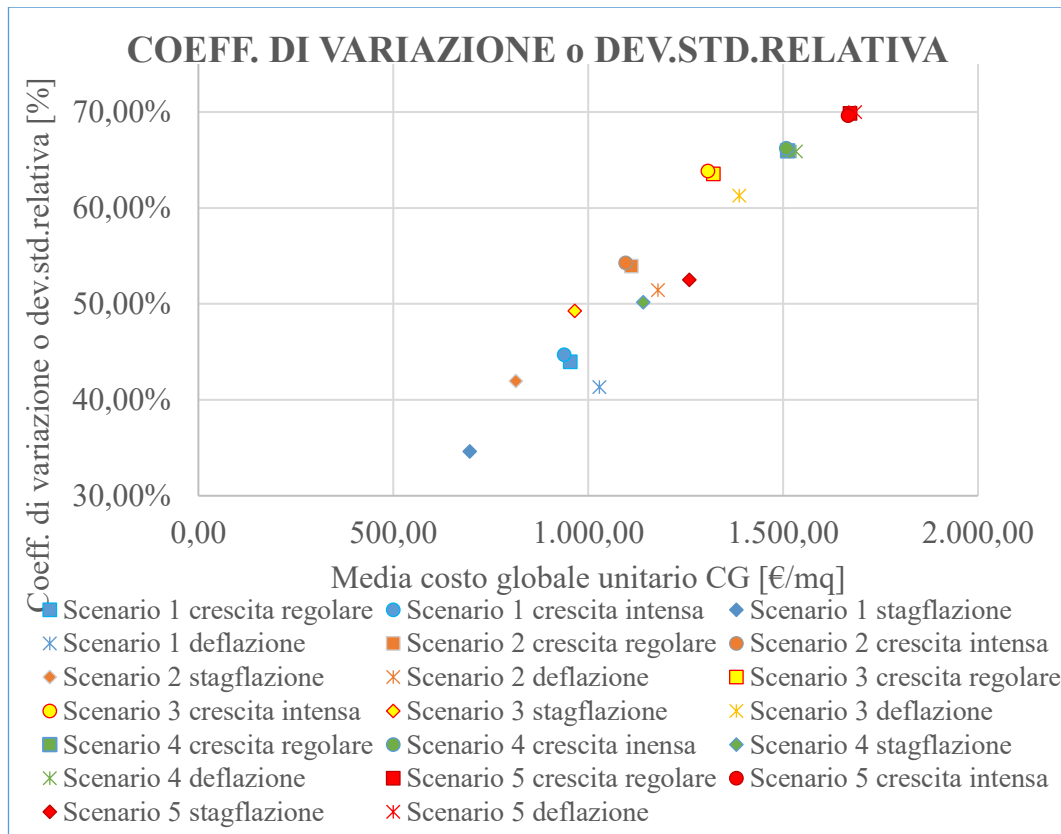


Tabella 22

Come accennato sopra, si osserva che gli scenari tecnici più prestazionali (5 in rosso e 4 in verde) e, anche, con costo globale medio maggiore sono quelli caratterizzati da maggior incertezza. Detto ciò, chi ha basse disponibilità finanziarie potrebbe indirizzarsi verso interventi dall'incertezza più bassa, mentre chi ha risorse economiche superiori potrebbe assumersi il rischio maggiore.

A parità di scenario tecnico, si osserva che la “stagflazione” ha incertezza più bassa.

#### IV.2.2 Zona Climatica "C"

##### Crescita regolare

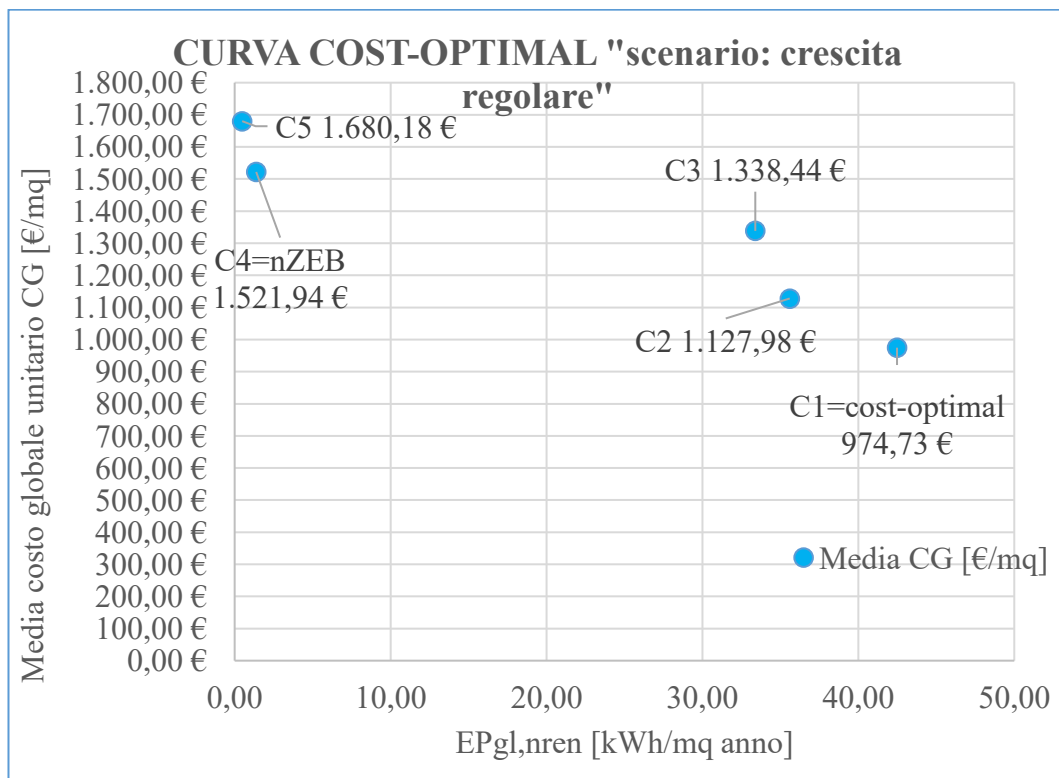


Tabella 23

Nella zona climatica C, dalla *tabella 23* relativa allo scenario "crescita regolare", si può osservare che il cost-optimal corrisponde allo scenario tecnico 1 (C1), perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 974,73€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario C4, con costo globale pari a 1.521,94€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando C1=cost-optimal e C4=nZEB si hanno:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 56,14%, cioè C4 ha un costo superiore a 1,56 volte a C1;
- una differenza percentuale in termini di EP<sub>gl,nren</sub> pari a 96,75%, cioè C4 (1,38 kWh/m<sup>2</sup>anno) è 30,78 volte più efficiente di C1 (42,48 kWh/m<sup>2</sup>anno).

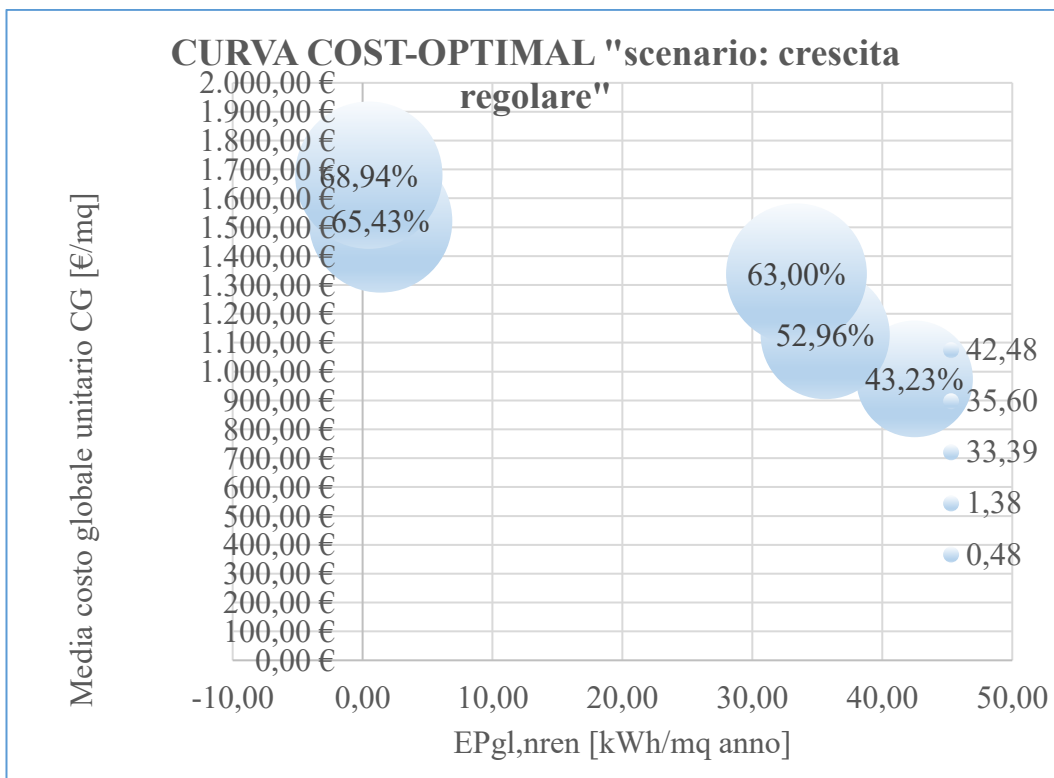


Tabella 24

La tabella 24 mostra i coefficienti di variazione. Questi sono molto elevati per tutti gli scenari, ciò è dovuto al grande numero di input con ampia incertezza. Lo scenario C1 mostra il coefficiente più basso, pari a 43,23%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 68,94%.

Tra lo scenario C1=cost-optimal e C4=nZEB vi è uno scarto di circa 22 punti percentuali.

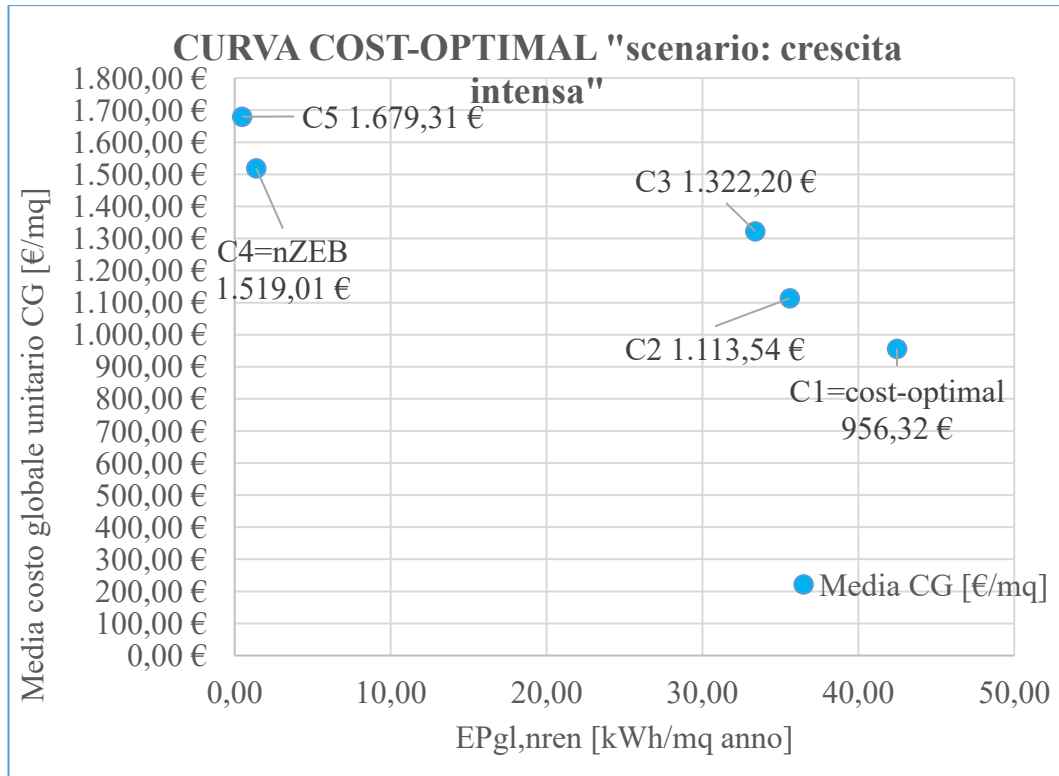


Tabella 25

Nella zona climatica C, dalla *tabella 25* relativa allo scenario “crescita intensa”, si può osservare che C1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 956,32€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario C4, con costo globale pari a 1.519,01€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando C1=cost-optimal e C4=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 58,87%, cioè C4 ha un costo superiore a 1,58 volte a C1; in linea con lo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di C1 ha una riduzione di 18,41€/m<sup>2</sup>, pari a 1,89%;
- il costo globale medio di C4 ha una riduzione di 2,93€/m<sup>2</sup>, pari a 0,19%.

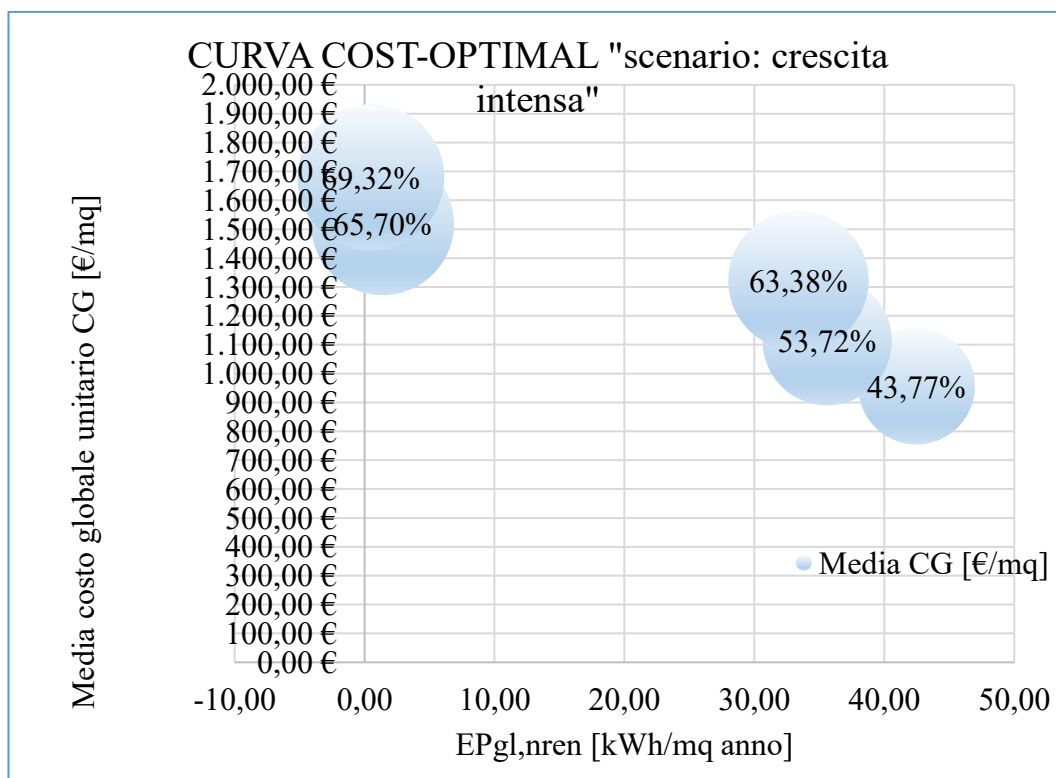


Tabella 26

La tabella 26 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario C1 mostra il coefficiente più basso, pari a 43,77%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 69,32%.

Tra lo scenario C1=cost-optimal e C4=nZEB vi è uno scarto di circa 22 punti percentuali.

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si nota che:

- il coeff. di variazione di C1 ha un incremento di 0,54 punti percentuali.
- il coeff. di variazione di C4 ha un incremento di 0,27 punti percentuali.

## Stagflazione

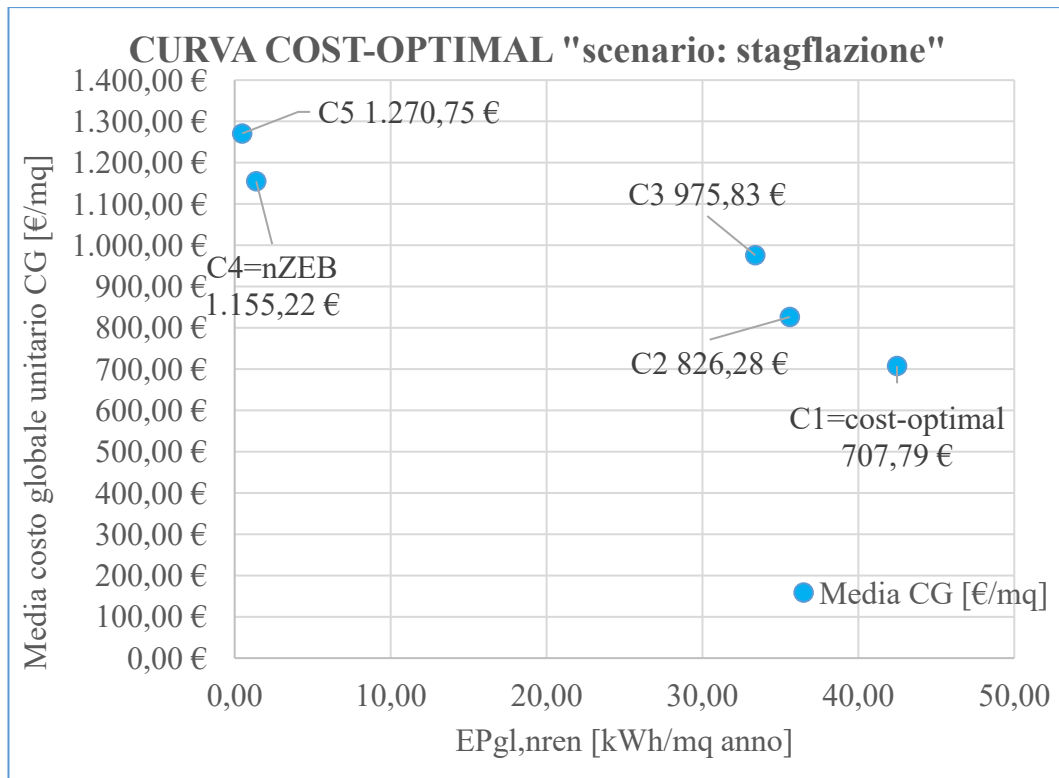


Tabella 27

Nella zona climatica C, dalla *tabella 27* relativa allo scenario “stagflazione” si può osservare che C1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 707,79€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario C4, con costo globale pari a 1.155,22€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando C1=cost-optimal e C4=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 63,22%, cioè C4 ha un costo superiore a 1,63 volte a C1; in linea con lo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “stagflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di C1 ha una riduzione di 266,94€/m<sup>2</sup>, pari a 27,39%;
- il costo globale medio di C4 ha una riduzione di 366,72€/m<sup>2</sup>, pari a 24,10%.



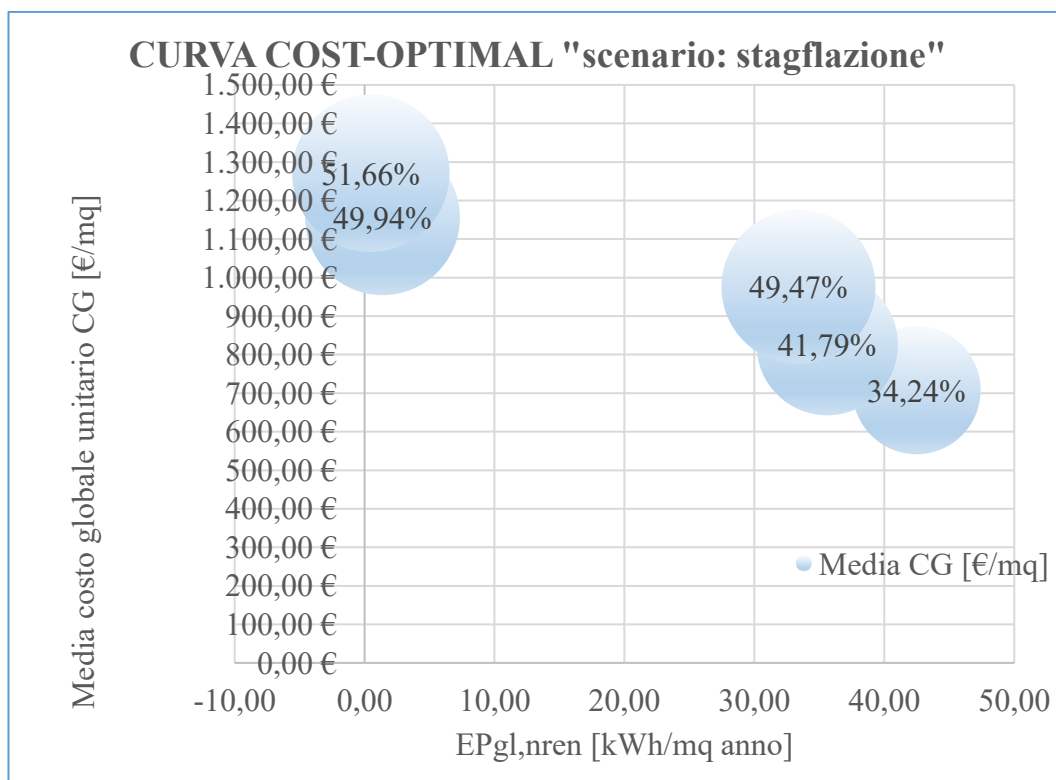


Tabella 28

La tabella 28 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario C1 mostra il coefficiente più basso, pari a 34,24%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 51,66%.

Tra lo scenario C1=cost-optimal e C4=nZEB vi è uno scarto di circa 16 punti percentuali.

Confrontando lo scenario “stagflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il coeff. di variazione di C1 ha una riduzione di 8,99 punti percentuali, pari a -20,80%;
- il coeff. di variazione di C4 ha una riduzione di 15,49 punti percentuali, pari a -23,67%.

## Deflazione

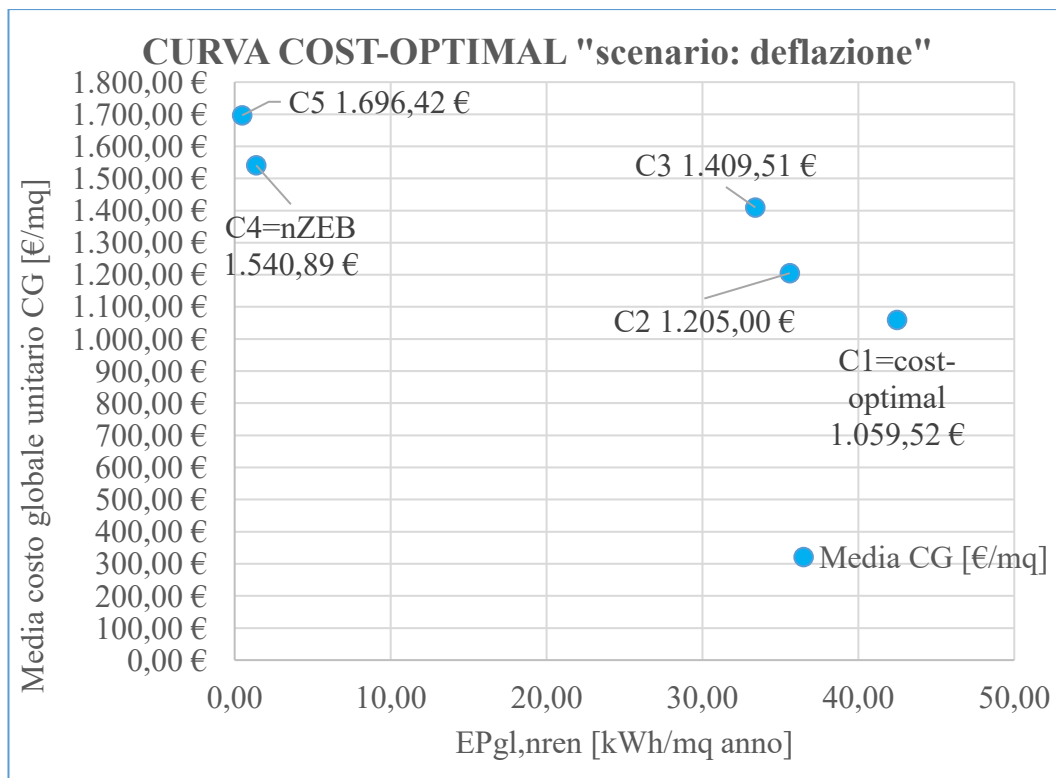


Tabella 29

Nella zona climatica C, dalla *tabella 29* relativa allo scenario “deflazione” si può osservare che C1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 1.059,52€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario C4, con costo globale pari a 1.540,89€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando C1=cost-optimal e C4=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 45,43%, cioè C4 ha un costo superiore a 1,45 volte a C1; in linea con lo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di C1 ha un aumento di 84,79€/m<sup>2</sup>, pari a 8,70%;
- il costo globale medio di C4 ha un aumento di 18,95€/m<sup>2</sup>, pari a 1,25%.

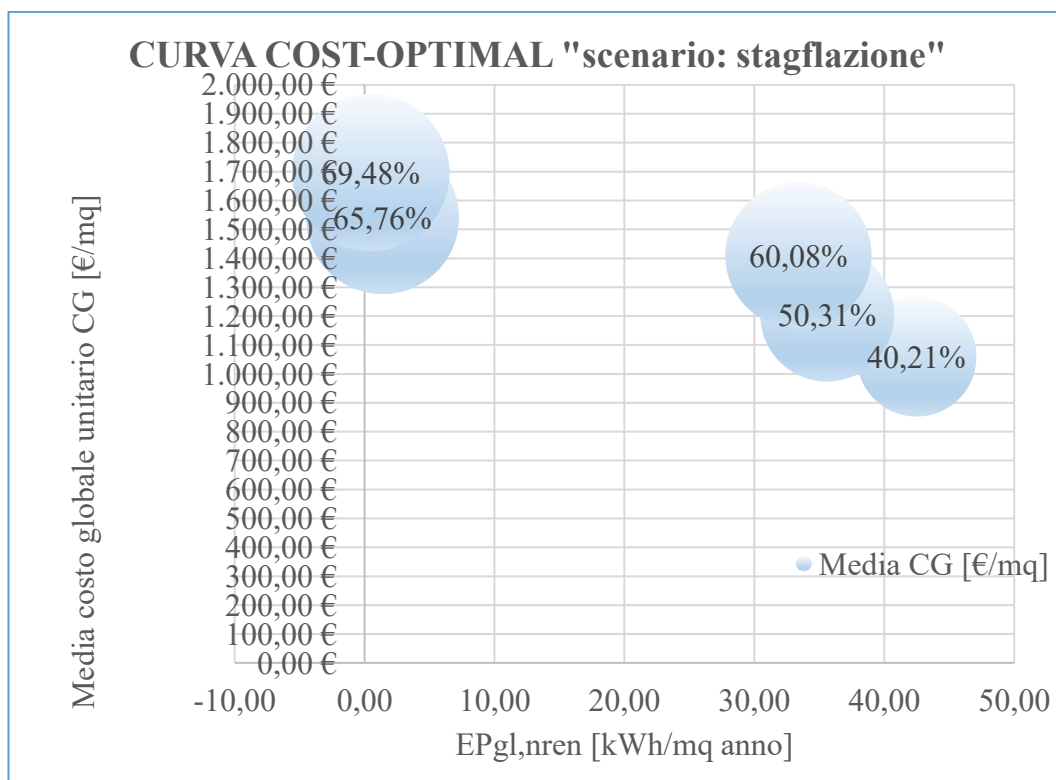


Tabella 30

La tabella 30 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario C1 mostra il coefficiente più basso, pari a 40,21%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 69,48%.

Tra lo scenario C1=cost-optimal e C4=nZEB vi è uno scarto di circa 26 punti percentuali.

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il coeff. di variazione di C1 ha una riduzione di 3,02 punti percentuali, pari a -6,99%.
- il coeff. di variazione di C4 ha un aumento di 0,33 punti percentuali, pari a +0,50%.

## Riepilogo

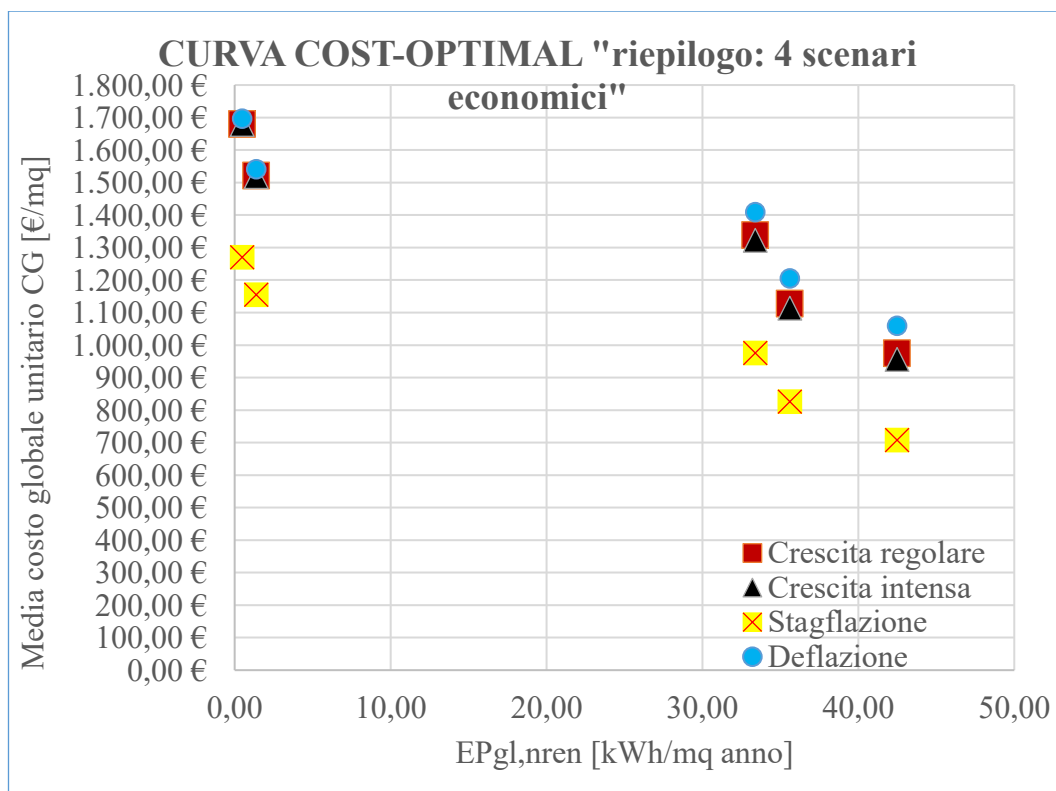


Tabella 31

Come analizzato nei relativi grafici soprastanti, lo scenario “stagflazione” è quello che comporta una riduzione dei costi maggiore, mentre lo scenario “deflazione” li fa aumentare; come si osserva nella *tabella 31*. Questo accade perché nella “stagflazione” il PIL è molto basso (con conseguente escalation dei prezzi) e il tasso di inflazione è molto alto (conseguente incremento potere d’acquisto); viceversa nella “deflazione” dove tassi e PIL risultano essere molto bassi. Inoltre, la tabella evidenzia che gli scenari tecnici più prestazionali (nZEB) subiscono meno il cambio di scenario macroeconomico, con relativa variazione rispetto allo scenario “baseline”. Per finire, gli scenari tecnici più prestazionali mostrano una variabilità di costi minore (circa 150€/m<sup>2</sup>) rispetto a quelli meno prestazionali (circa 400€/m<sup>2</sup>); perché nei prestazionali i costi degli interventi sono maggiori e l’influenza energetica è minore.

Si è notato su tutti gli alternativi scenari economici che gli scenari tecnici più prestazionali, caratterizzati da un costo di investimento maggiore, sono quelli con valori più elevati di dispersione.

La tabella sottostante riporta tutti i coefficienti di variazione insieme.

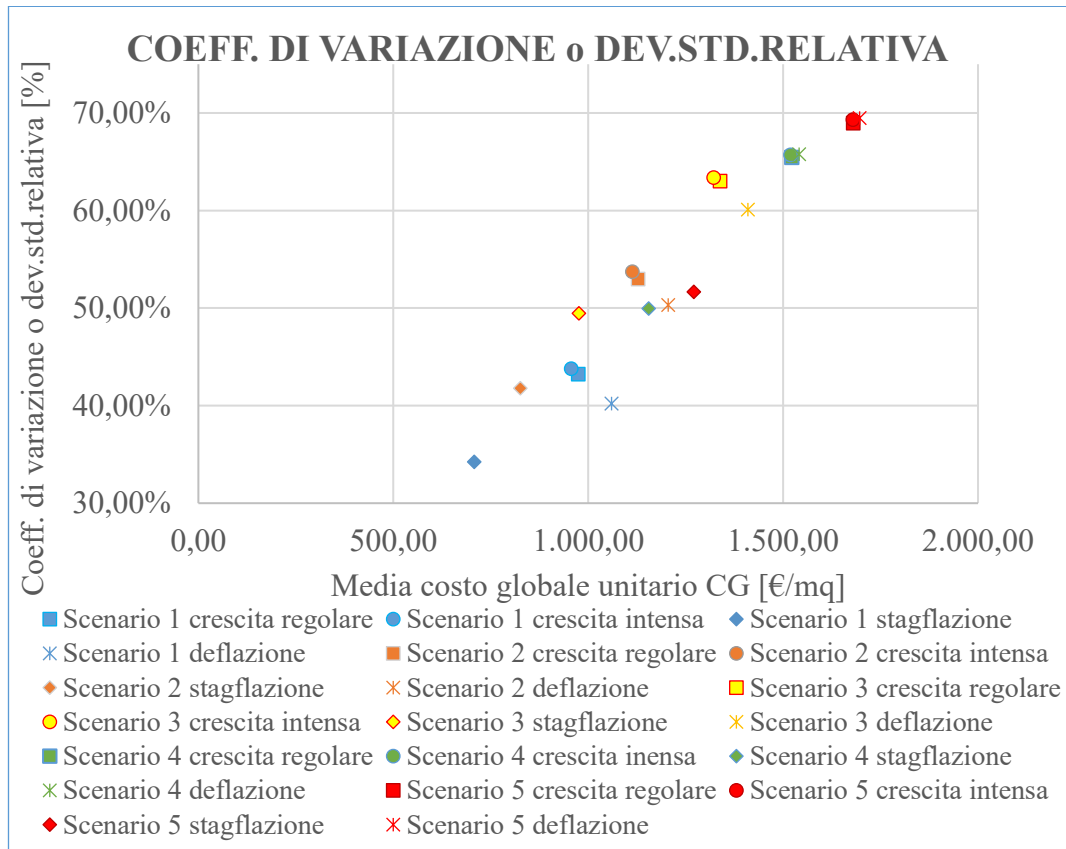


Tabella 32

Come accennato sopra, si osserva che gli scenari tecnici più prestazionali (5 in rosso e 4 in verde) e, anche, con costo globale medio maggiore sono quelli caratterizzati da maggior incertezza. Detto ciò, chi ha basse disponibilità finanziarie potrebbe indirizzarsi verso interventi dall'incertezza più bassa, mentre chi ha risorse economiche superiori potrebbe assumersi il rischio maggiore.

A parità di scenario tecnico, si osserva che la “stagflazione” ha incertezza più bassa.

#### IV.2.3 Zona Climatica "D"

##### Crescita regolare

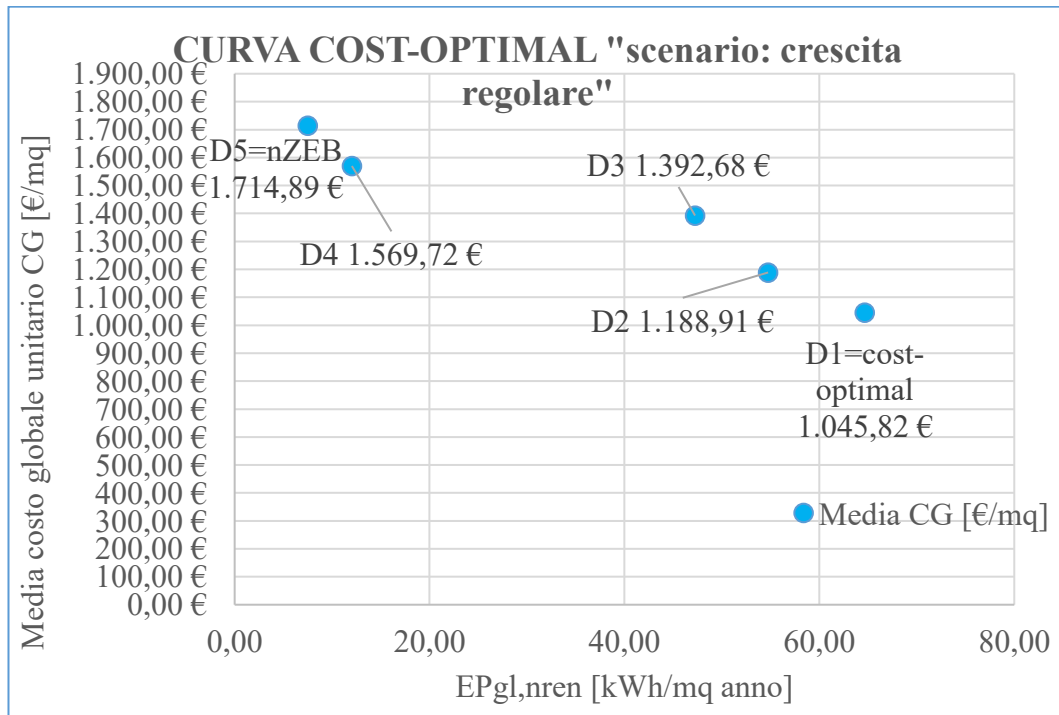


Tabella 33

Nella zona climatica D, dalla *tabella 33* relativa allo scenario "crescita regolare", si può osservare che il cost-optimal corrisponde allo scenario tecnico 1 (D1), perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 1045,82€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario D5, con costo globale pari a 1.714,89€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando D1=cost-optimal e D5=nZEB si hanno:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 63,98%, cioè D5 ha un costo superiore a 1,64 volte a D1;
- una differenza percentuale in termini di EP<sub>gl,nren</sub> pari a 81,40%, cioè D5 (12,03 kWh/m<sup>2</sup>anno) è 5,38 volte più efficiente di D1 (64,67 kWh/m<sup>2</sup>anno).

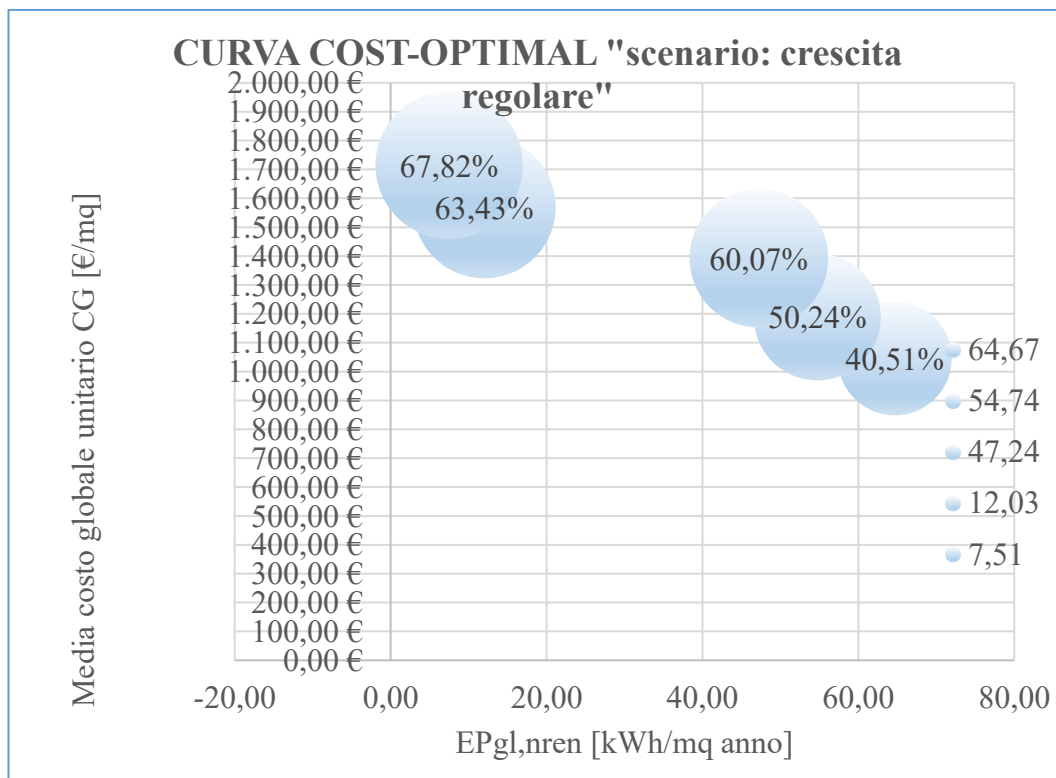


Tabella 34

La tabella 34 mostra i coefficienti di variazione. Questi sono molto elevati per tutti gli scenari, ciò è dovuto al grande numero di input con ampia incertezza. Lo scenario D1 mostra il coefficiente più basso, pari a 40,51%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 67,82%.

Tra lo scenario D1=cost-optimal e D5=nZEB vi è uno scarto di circa 27 punti percentuali.

Crescita intensa

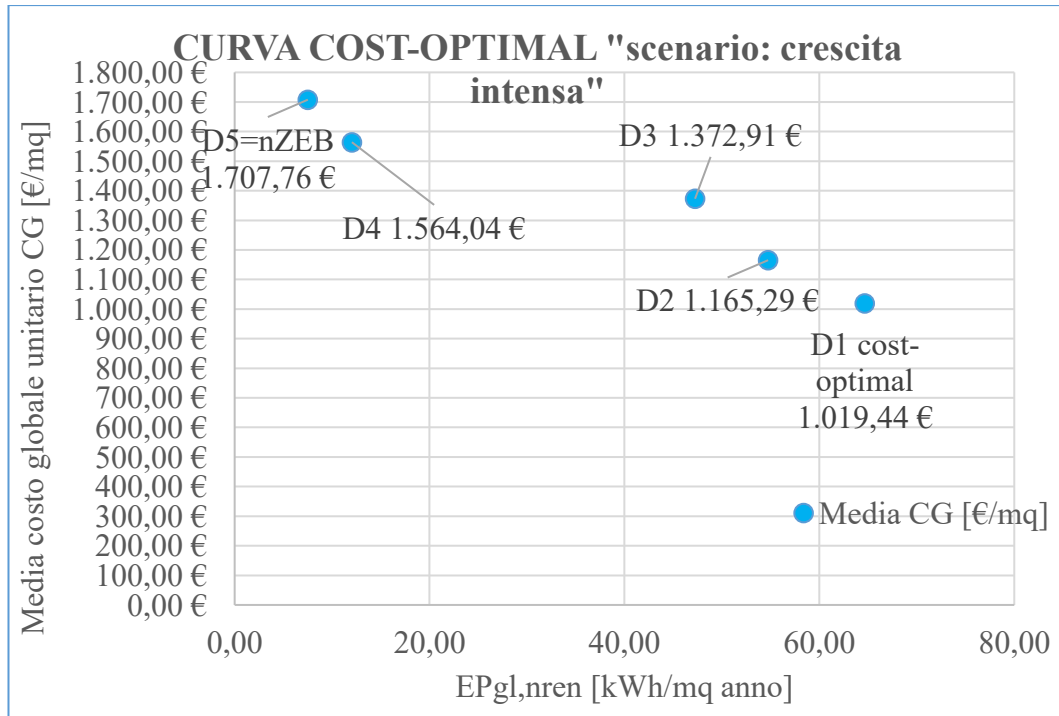


Tabella 35

Nella zona climatica D, dalla *tabella 35* relativa allo scenario “crescita intensa”, si può osservare che D1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 1.019,44€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario D5, con costo globale pari a 1.707,76€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando D1=cost-optimal e D5=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 67,52%, cioè D5 ha un costo superiore a 1,68 volte a D1; in linea con lo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di D1 ha una riduzione di 26,38€/m<sup>2</sup>, pari a 2,52%;
- il costo globale medio di D5 ha una riduzione di 7,13€/m<sup>2</sup>, pari a 0,42%.



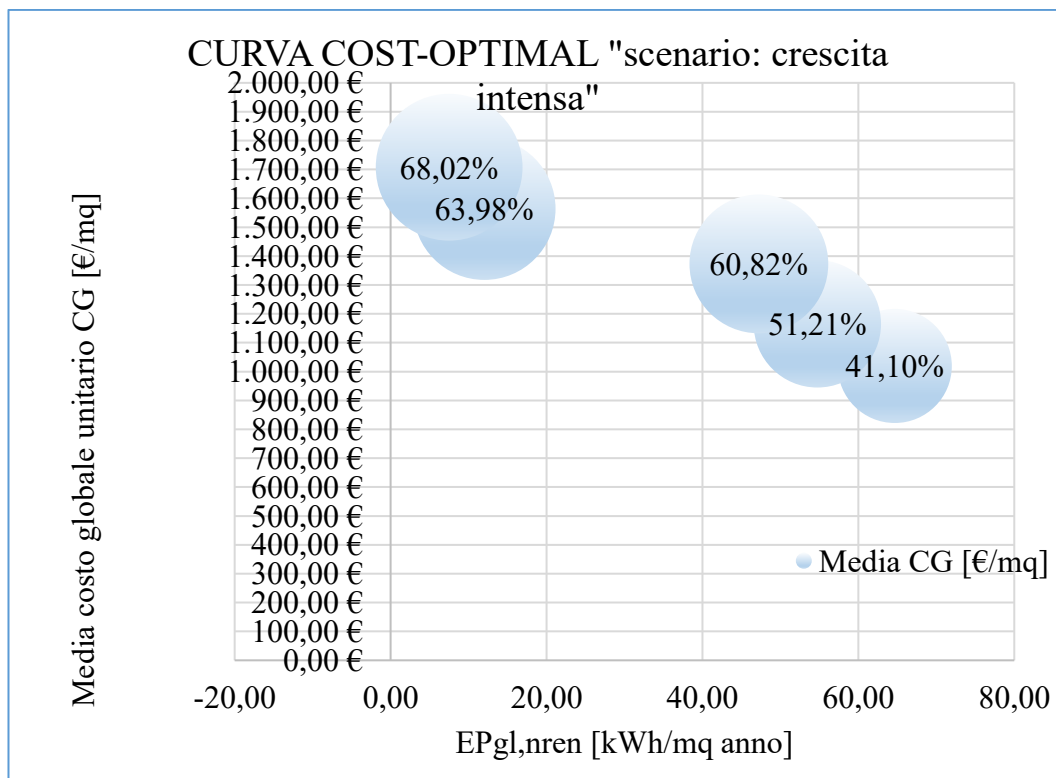


Tabella 36

La tabella 36 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario D1 mostra il coefficiente più basso, pari a 41,10%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 68,02%.

Tra lo scenario D1=cost-optimal e D5=nZEB vi è uno scarto di circa 27 punti percentuali.

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si nota che:

- il coeff. di variazione di D1 ha un incremento di 0,59 punti percentuali.
- il coeff. di variazione di D5 ha un incremento di 0,20 punti percentuali.

## Stagflazione

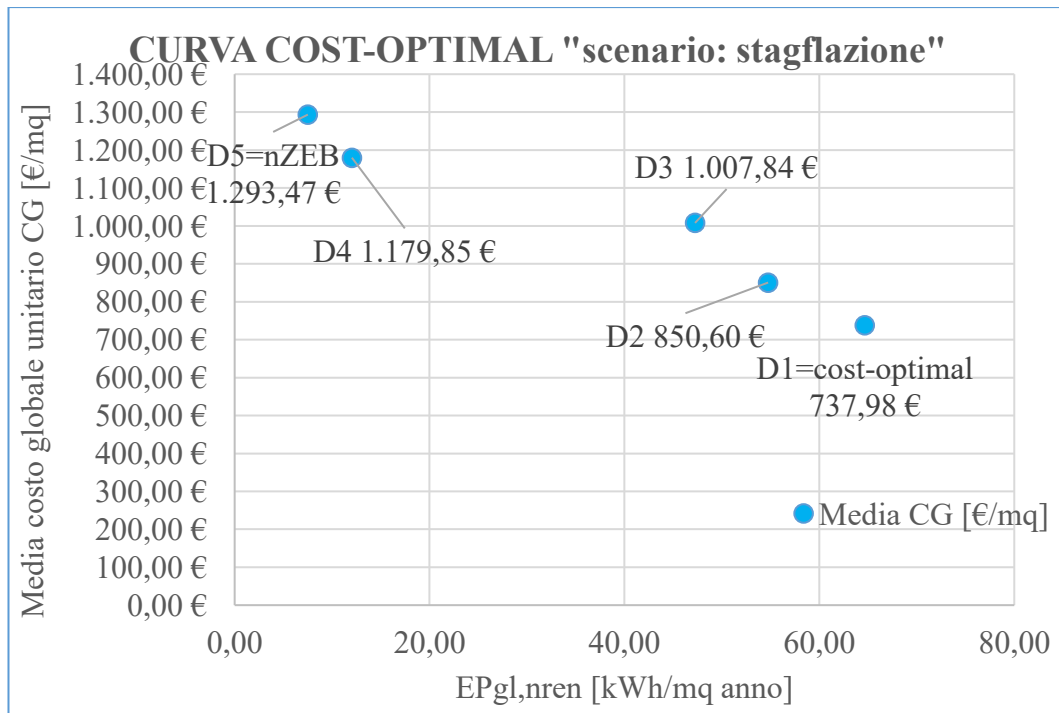


Tabella 37

Nella zona climatica D, dalla *tabella 37* relativa allo scenario “stagflazione” si può osservare che D1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 737,98€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario D5, con costo globale pari a 1.293,47€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando D1=cost-optimal e D5=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 75,27%, cioè D5 ha un costo superiore a 1,75 volte a D1; leggermente superiore rispetto allo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “stagflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di D1 ha una riduzione di 307,87€/m<sup>2</sup>, pari a 29,44%;
- il costo globale medio di D5 ha una riduzione di 421,42€/m<sup>2</sup>, pari a 24,57%.

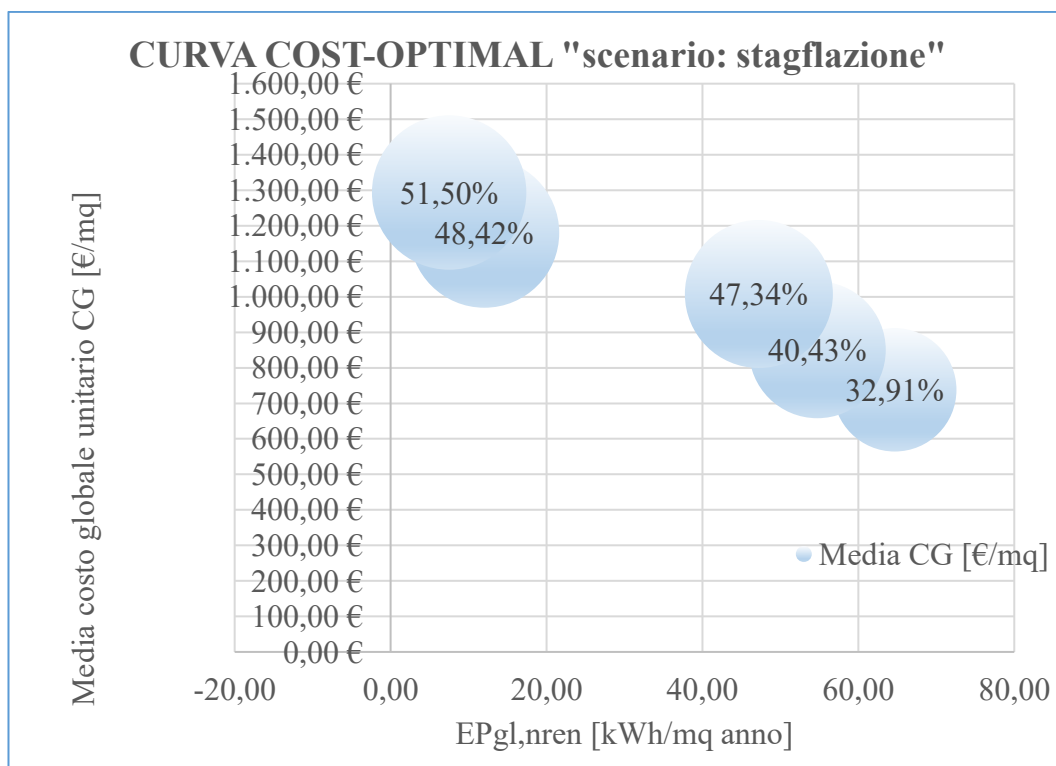


Tabella 38

La tabella 38 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario D1 mostra il coefficiente più basso, pari a 32,91%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 51,50%.

Tra lo scenario D1=cost-optimal e D5=nZEB vi è uno scarto di circa 19 punti percentuali.

Confrontando lo scenario "stagflazione" con quello "baseline", si nota che:

- il coeff. di variazione di D1 ha una riduzione di 7,60 punti percentuali, pari a -18,76%;
- il coeff. di variazione di D5 ha una riduzione di 16,31 punti percentuali, pari a -24,05%.

## Deflazione

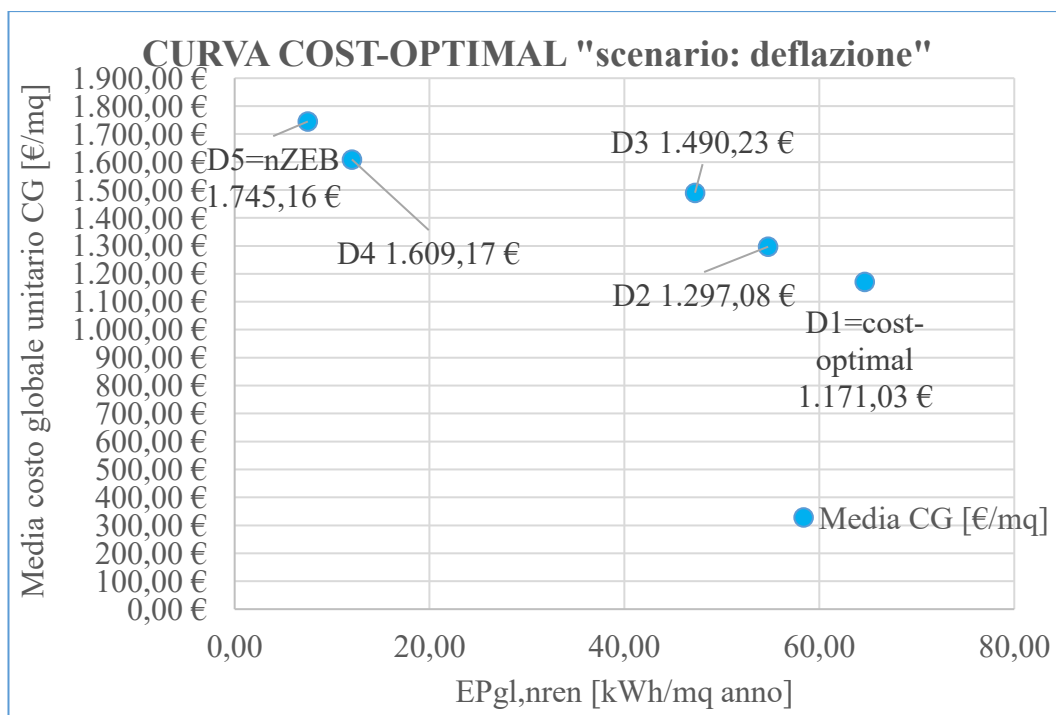


Tabella 39

Nella zona climatica D, dalla *tabella 39* relativa allo scenario “deflazione” si può osservare che D1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 1.171,03€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario D5, con costo globale pari a 1.745,16€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando D1=cost-optimal e D5=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 49,03%, cioè D5 ha un costo superiore a 1,49 volte a D1; in linea con lo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di D1 ha un aumento di 125,21€/m<sup>2</sup>, pari a 11,97%;
- il costo globale medio di D5 ha un aumento di 30,27€/m<sup>2</sup>, pari a 1,77%.

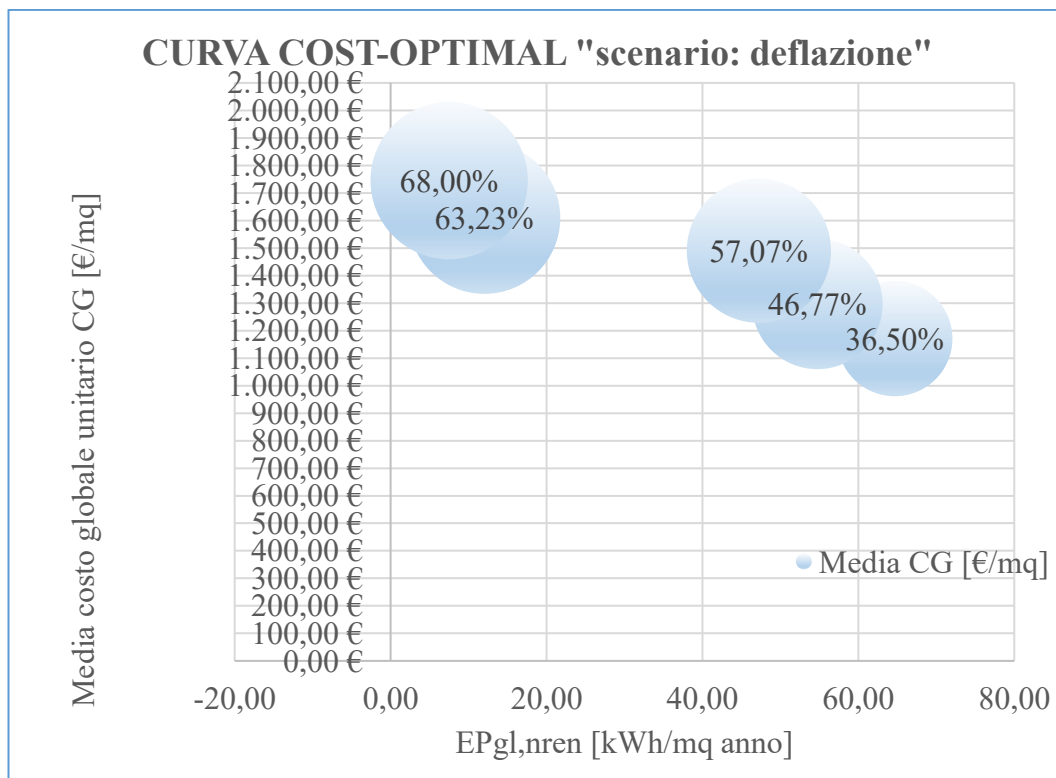


Tabella 40

La tabella 40 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario D1 mostra il coefficiente più basso, pari a 36,50%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 68,00%.

Tra lo scenario D1=cost-optimal e D5=nZEB vi è uno scarto di circa 31 punti percentuali.

Confrontando lo scenario "deflazione" con quello "baseline", si nota che:

- il coeff. di variazione di D1 ha una riduzione di 4,01 punti percentuali, pari a -9,90%.
- il coeff. di variazione di D5 ha un aumento di 0,18 punti percentuali, pari a +0,27%.

## Riepilogo

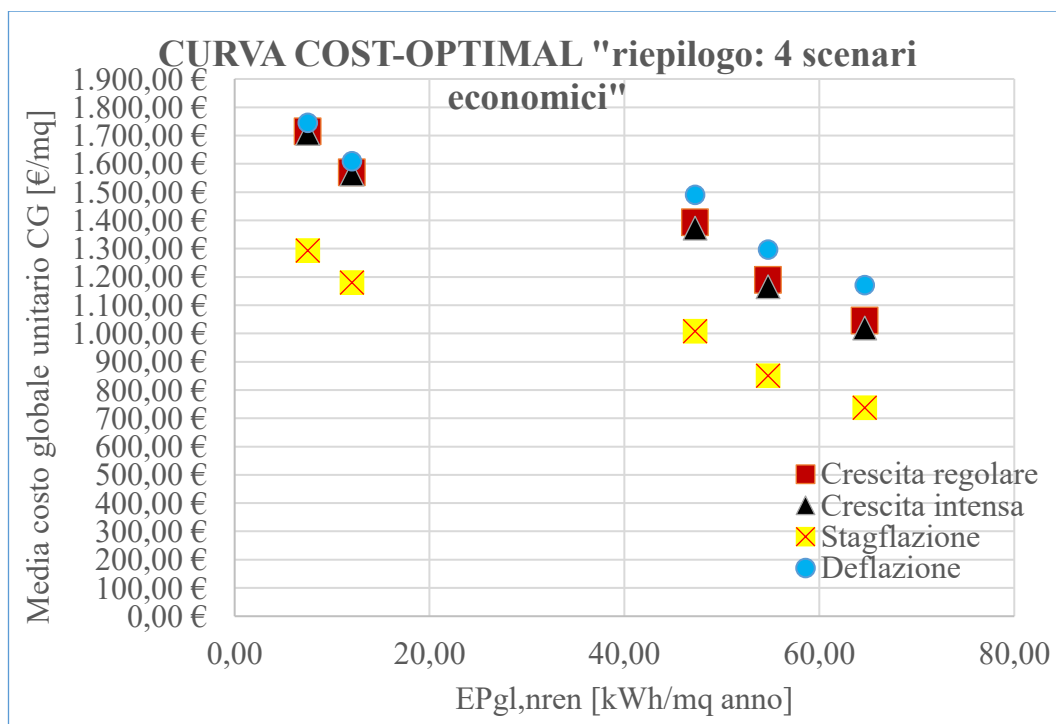


Tabella 41

Come analizzato nei relativi grafici soprastanti, lo scenario “stagflazione” è quello che comporta una riduzione dei costi maggiore, mentre lo scenario “deflazione” li fa aumentare; come si osserva nella *tabella 41*. Questo accade perché nella “stagflazione” il PIL è molto basso (con conseguente escalation dei prezzi) e il tasso di inflazione è molto alto (conseguente incremento potere d’acquisto); viceversa nella “deflazione” dove tassi e PIL risultano essere molto bassi. Inoltre, la tabella evidenzia che gli scenari tecnici più prestazionali (nZEB) subiscono meno il cambio di scenario macroeconomico, con relativa variazione rispetto allo scenario “baseline”. Per finire, gli scenari tecnici più prestazionali mostrano una variabilità di costi minore (circa 100€/m<sup>2</sup>) rispetto a quelli meno prestazionali (circa 400€/m<sup>2</sup>); perché nei prestazionali i costi degli interventi sono maggiori e l’influenza energetica è minore.

Si è notato su tutti gli alternativi scenari economici che gli scenari tecnici più prestazionali, caratterizzati da un costo di investimento maggiore, sono quelli con valori più elevati di dispersione.

La tabella sottostante riporta tutti i coefficienti di variazione insieme.

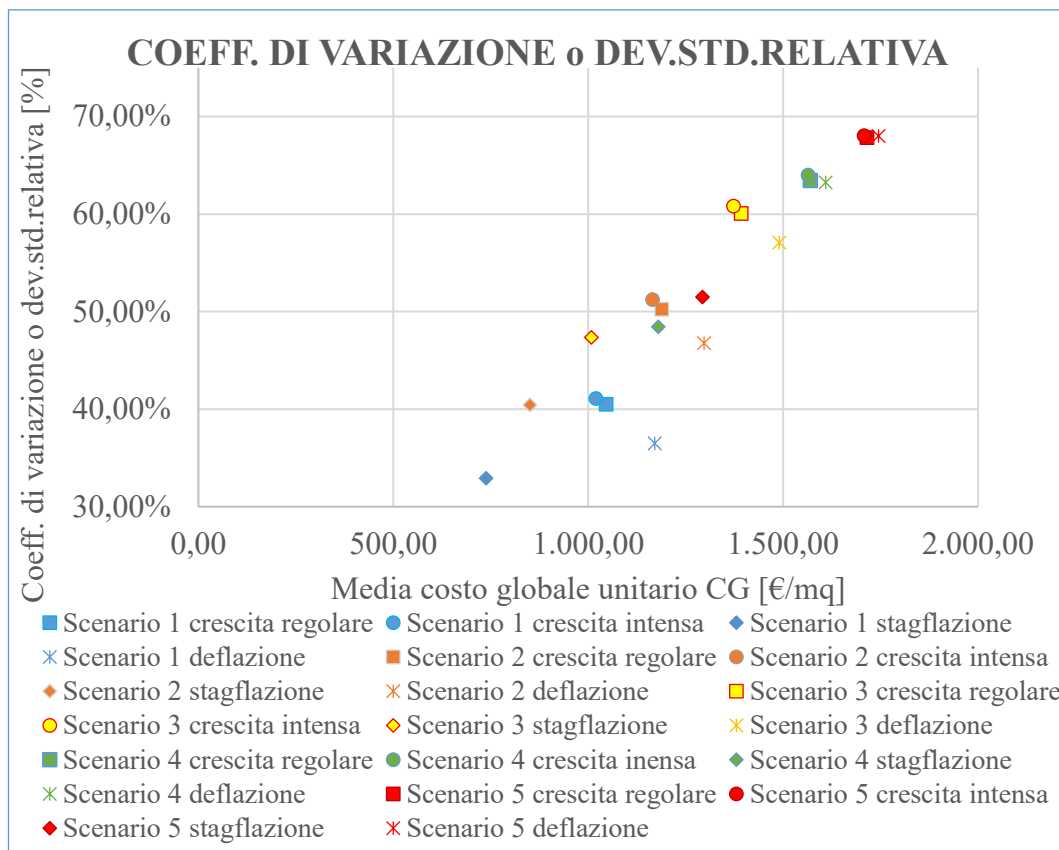


Tabella 42

Come accennato sopra, si osserva che gli scenari tecnici più prestazionali (5 in rosso e 4 in verde) e, anche, con costo globale medio maggiore sono quelli caratterizzati da maggior incertezza. Detto ciò chi ha basse disponibilità finanziarie potrebbe indirizzarsi verso interventi dall'incertezza più bassa, mentre chi ha risorse economiche superiori potrebbe assumersi il rischio maggiore.

A parità di scenario tecnico, si osserva che la "stagflazione" ha incertezza più bassa.

#### IV.2.4 Zona Climatica "E"

##### Crescita regolare

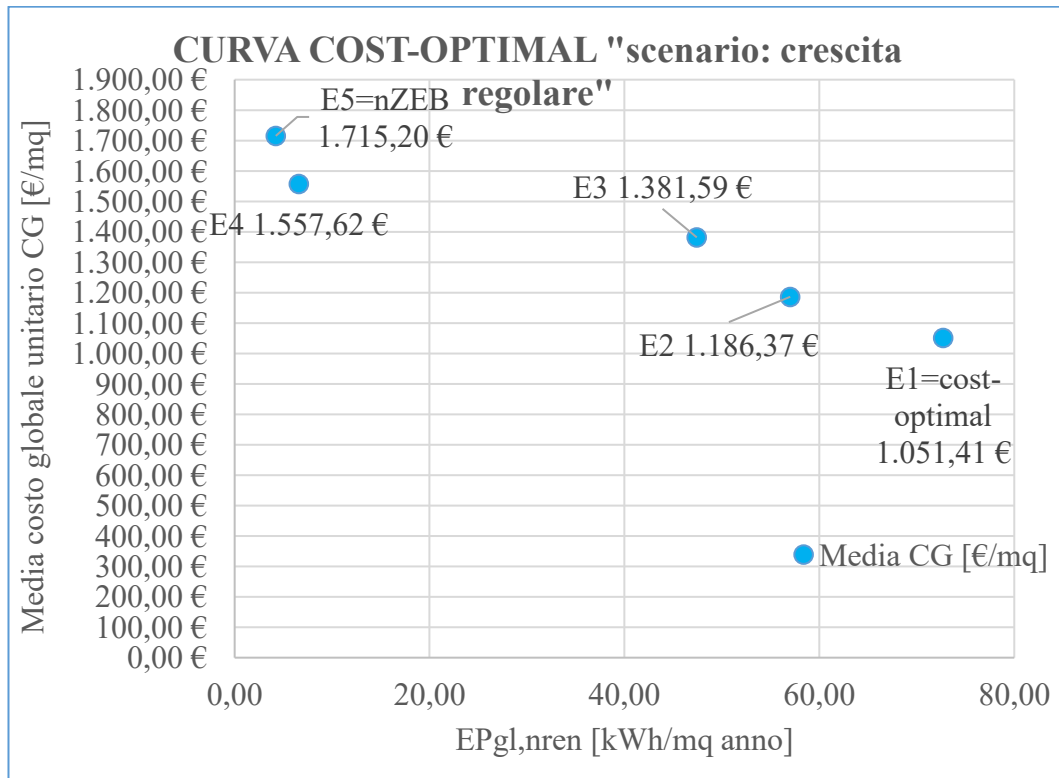


Tabella 43

Nella zona climatica E, dalla *tabella 43* relativa allo scenario "crescita regolare", si può osservare che il cost-optimal corrisponde allo scenario tecnico 1 (E1), perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 1.051,41€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario E5, con costo globale pari a 1.715,20€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando E1=cost-optimal e E5=nZEB si hanno:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 63,13%, cioè E5 ha un costo superiore a 1,63 volte a E1;
- una differenza percentuale in termini di EP<sub>gl,nren</sub> pari a 90,95%, cioè E5 (6,58 kWh/m<sup>2</sup>anno) è 11,05 volte più efficiente di E1 (72,71 kWh/m<sup>2</sup>anno).



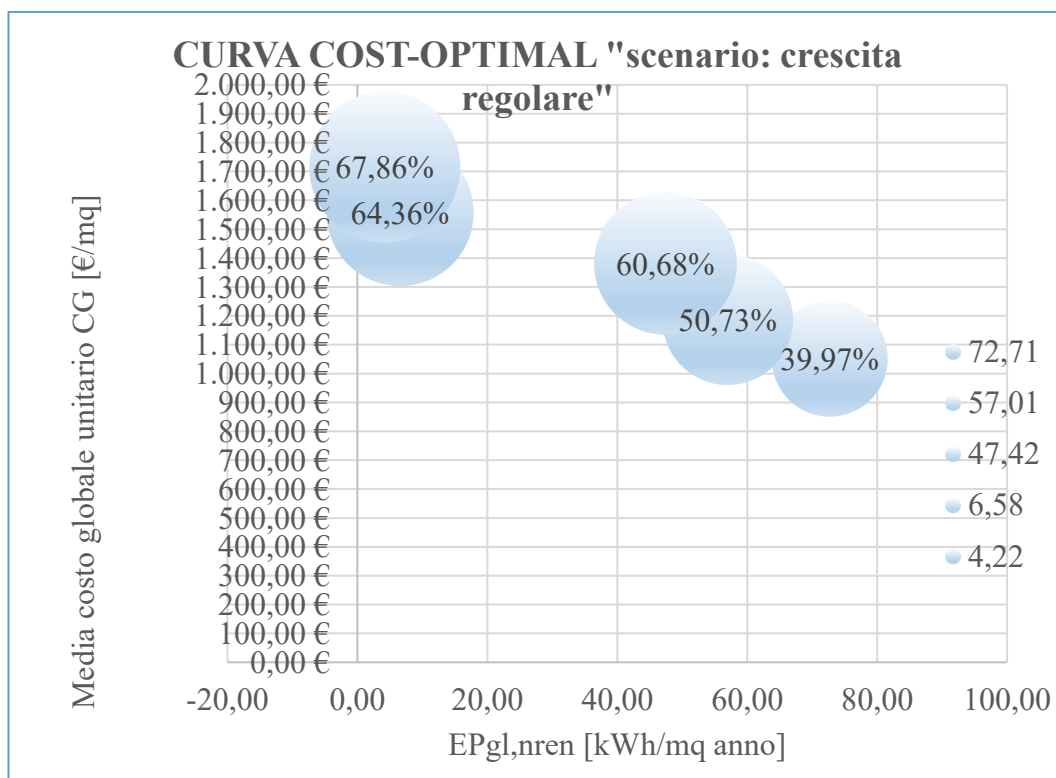


Tabella 44

La tabella 44 mostra i coefficienti di variazione. Questi sono molto elevati per tutti gli scenari, ciò è dovuto al grande numero di input con ampia incertezza. Lo scenario E1 mostra il coefficiente più basso, pari a 39,97%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 67,86%.

Tra lo scenario E1=cost-optimal e E5=nZEB vi è uno scarto di circa 28 punti percentuali.

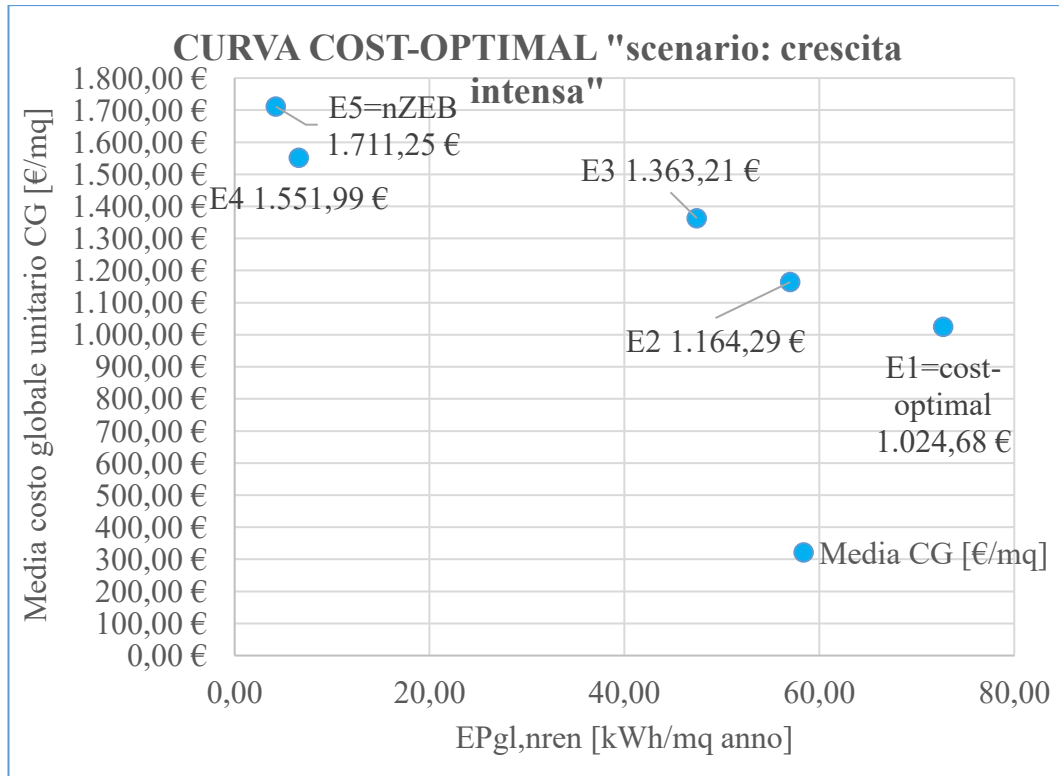


Tabella 45

Nella zona climatica E, dalla *tabella 45* relativa allo scenario “crescita intensa”, si può osservare che E1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 1.024,68€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario E5, con costo globale pari a 1.711,25€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando E1=cost-optimal e E5=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 67,00%, cioè E5 ha un costo superiore a 1,67 volte a E1; in linea con lo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di E1 ha una riduzione di 26,73€/m<sup>2</sup>, pari a 2,54%;
- il costo globale medio di E5 ha una riduzione di 3,95€/m<sup>2</sup>, pari a 0,23%.

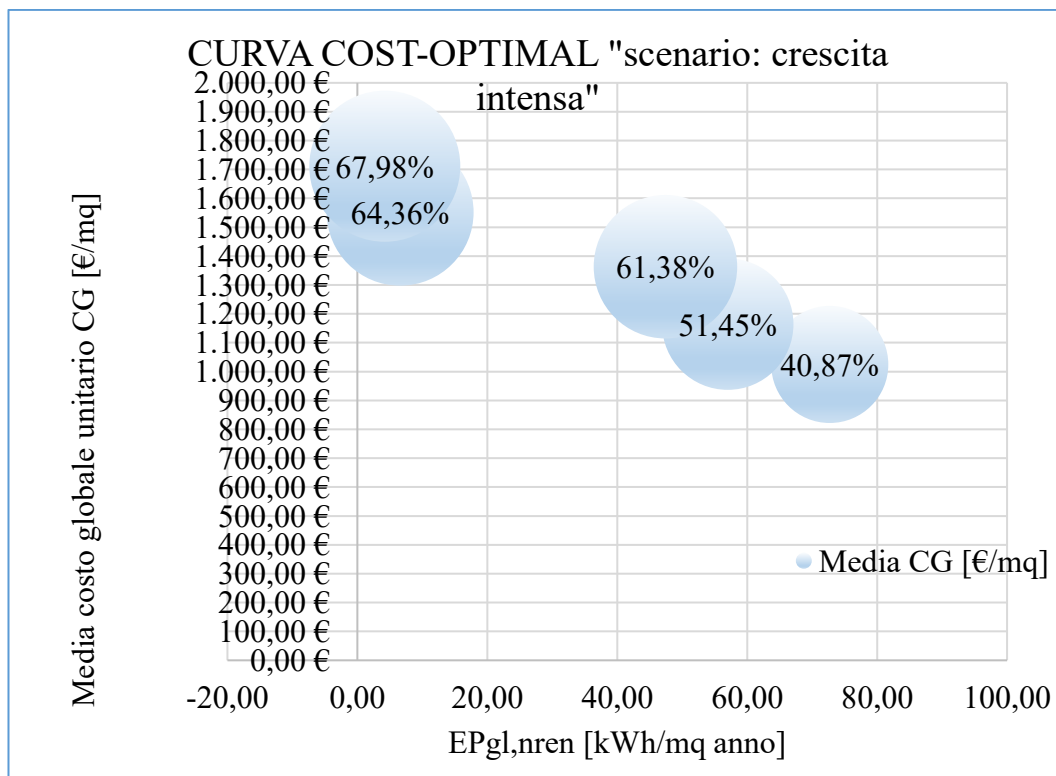


Tabella 46

La tabella 46 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario E1 mostra il coefficiente più basso, pari a 40,87%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 67,98%.

Tra lo scenario E1=cost-optimal e E5=nZEB vi è uno scarto di circa 27 punti percentuali.

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si nota che:

- il coeff. di variazione di E1 ha un incremento di 0,9 punti percentuali.
- il coeff. di variazione di E5 ha un incremento di 0,12 punti percentuali.

## Stagflazione

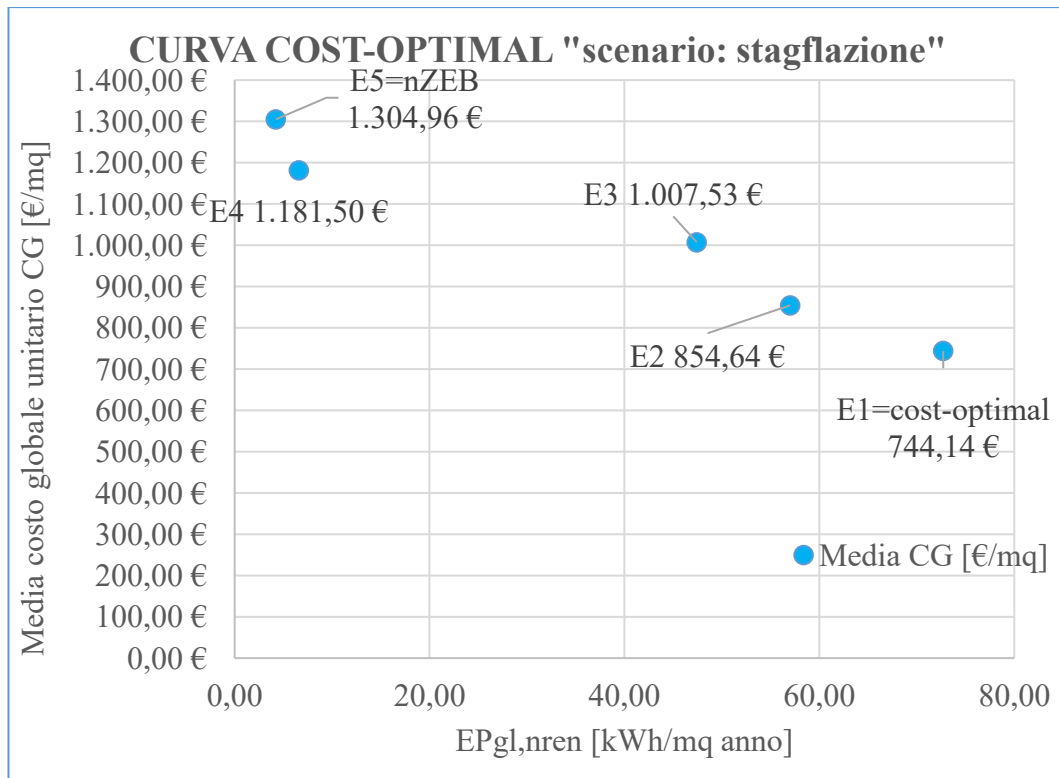


Tabella 47

Nella zona climatica E, dalla *tabella 47* relativa allo scenario “stagflazione” si può osservare che E1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 744,14€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario E5, con costo globale pari a 1.304,96€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando E1=cost-optimal e E5=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 75,36%, cioè E5 ha un costo superiore a 1,75 volte a D1; leggermente superiore rispetto allo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “stagflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di E1 ha una riduzione di 307,27€/m<sup>2</sup>, pari a 29,22%;
- il costo globale medio di E5 ha una riduzione di 410,24€/m<sup>2</sup>, pari a 23,92%.

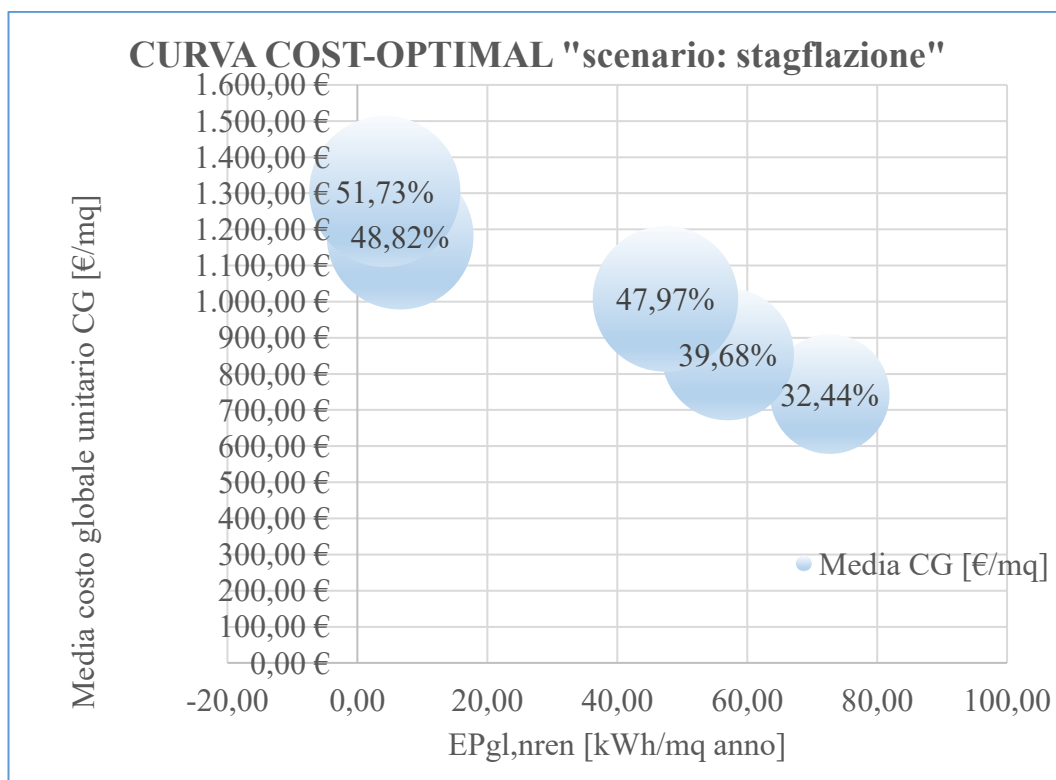


Tabella 48

La tabella 48 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario E1 mostra il coefficiente più basso, pari a 32,44%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 51,73%.

Tra lo scenario E1=cost-optimal e E5=nZEB vi è uno scarto di circa 19 punti percentuali.

Confrontando lo scenario "stagflazione" con quello "baseline", si nota che:

- il coeff. di variazione di E1 ha una riduzione di 7,53 punti percentuali, pari a -18,84%;
- il coeff. di variazione di E5 ha una riduzione di 16,13 punti percentuali, pari a -23,77%.

## Deflazione

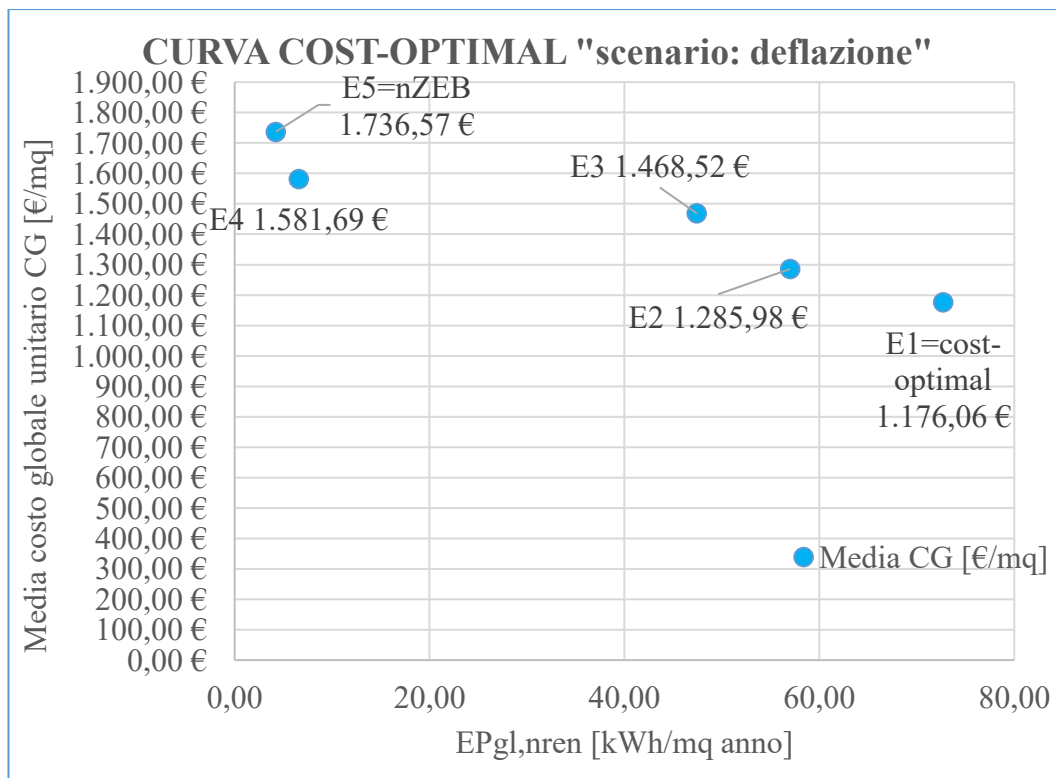


Tabella 49

Nella zona climatica E, dalla *tabella 49* relativa allo scenario “deflazione” si può osservare che E1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 1.176,06€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario E5, con costo globale pari a 1.736,17€/m<sup>2</sup>, raggiunge i requisiti nZEB.

Confrontando E1=cost-optimal e E5=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 47,63%, cioè E5 ha un costo superiore a 1,48 volte a E1; leggermente inferiore rispetto allo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di E1 ha un aumento di 124,65€/m<sup>2</sup>, pari a 11,86%;
- il costo globale medio di E5 ha un aumento di 20,97€/m<sup>2</sup>, pari a 1,22%.

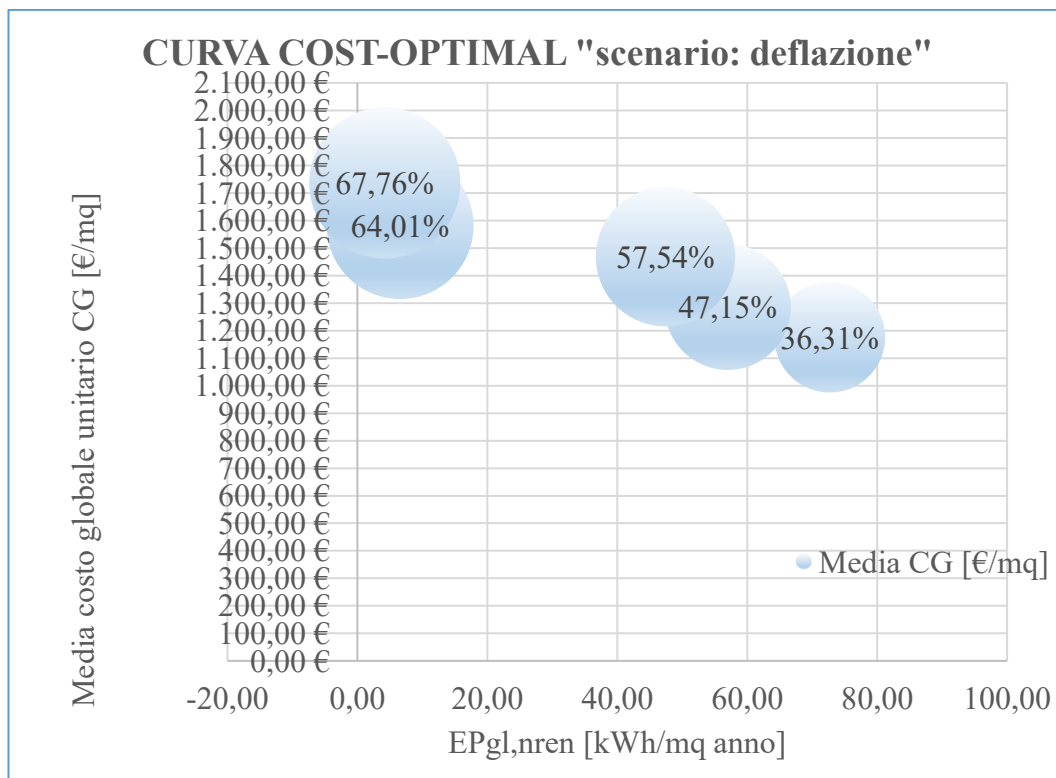


Tabella 50

La tabella 50 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario E1 mostra il coefficiente più basso, pari a 36,31%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 67,76%.

Tra lo scenario E1=cost-optimal e E5=nZEB vi è uno scarto di circa 31 punti percentuali.

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il coeff. di variazione di E1 ha una riduzione di 3,66 punti percentuali, pari a -9,16%.
- il coeff. di variazione di E5 ha una riduzione di 0,10 punti percentuali, pari a -0,15%.

## Riepilogo

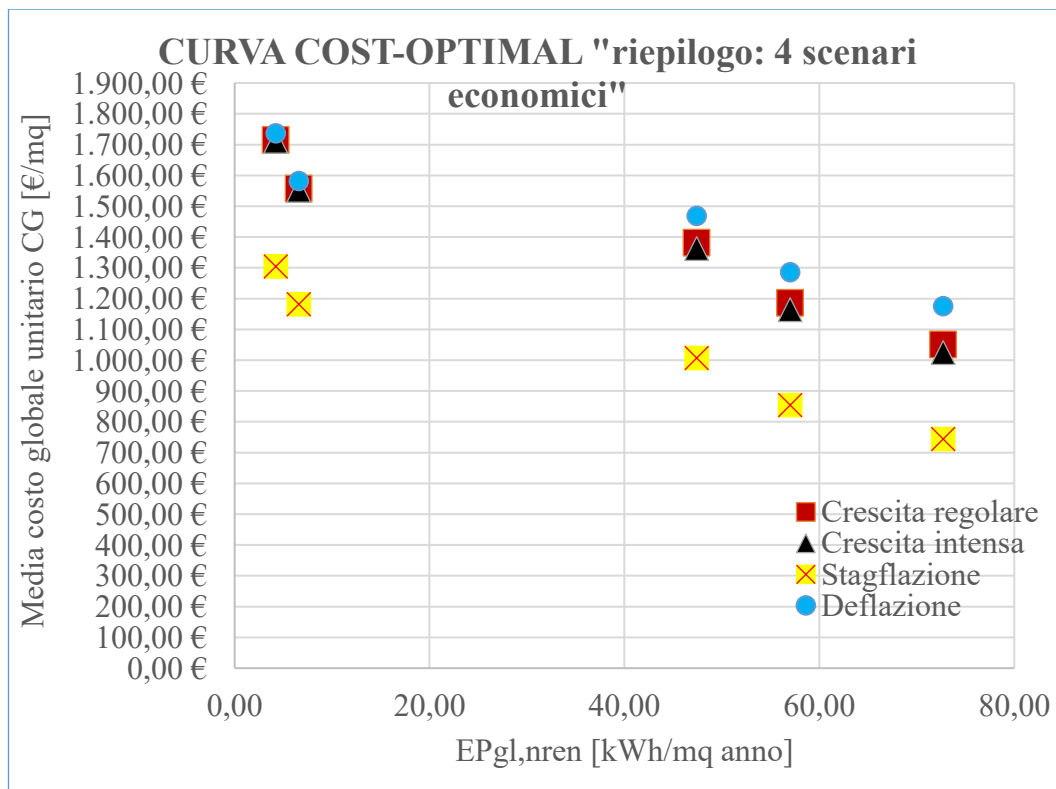


Tabella 51

Come analizzato nei relativi grafici soprastanti, lo scenario “stagflazione” è quello che comporta una riduzione dei costi maggiore, mentre lo scenario “deflazione” li fa aumentare; come si osserva nella *tabella 51*. Questo accade perché nella “stagflazione” il PIL è molto basso (con conseguente escalation dei prezzi) e il tasso di inflazione è molto alto (conseguente incremento potere d’acquisto); viceversa nella “deflazione” dove tassi e PIL risultano essere molto bassi. Inoltre, la tabella evidenzia che gli scenari tecnici più prestazionali (nZEB) subiscono meno il cambio di scenario macroeconomico, con relativa variazione rispetto allo scenario “baseline”. Per finire, gli scenari tecnici più prestazionali mostrano una variabilità di costi minore (circa 200€/m<sup>2</sup>) rispetto a quelli meno prestazionali (circa 300€/m<sup>2</sup>); perché nei prestazionali i costi degli interventi sono maggiori e l’influenza energetica è minore.

Si è notato su tutti gli alternativi scenari economici che gli scenari tecnici più prestazionali, caratterizzati da un costo di investimento maggiore, sono quelli con valori più elevati di dispersione.



La tabella sottostante riporta tutti i coefficienti di variazione insieme.

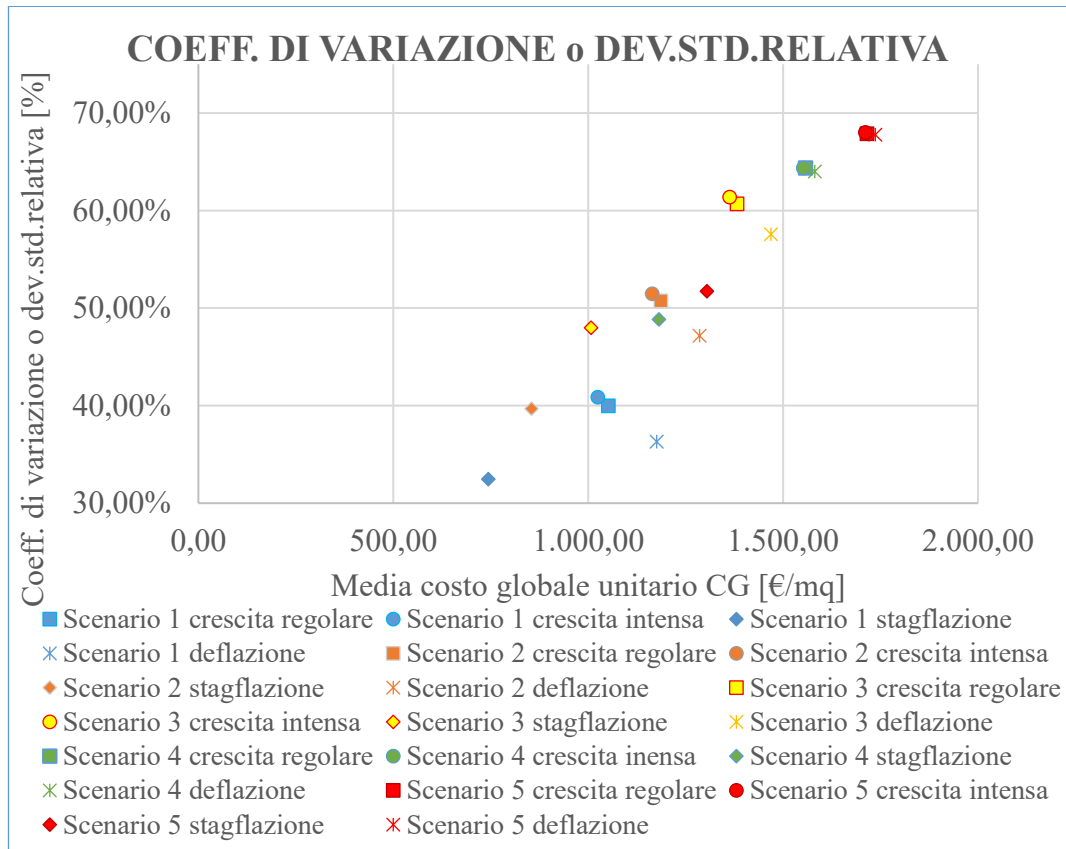


Tabella 52

Come accennato sopra, si osserva che gli scenari tecnici più prestazionali (5 in rosso e 4 in verde) e, anche, con costo globale medio maggiore sono quelli caratterizzati da maggior incertezza. Detto ciò, chi ha basse disponibilità finanziarie potrebbe indirizzarsi verso interventi dall'incertezza più bassa, mentre chi ha risorse economiche superiori potrebbe assumersi il rischio maggiore.

A parità di scenario tecnico, si osserva che la “stagflazione” ha incertezza più bassa.

#### IV.2.5 Zona Climatica "F"

##### Crescita regolare

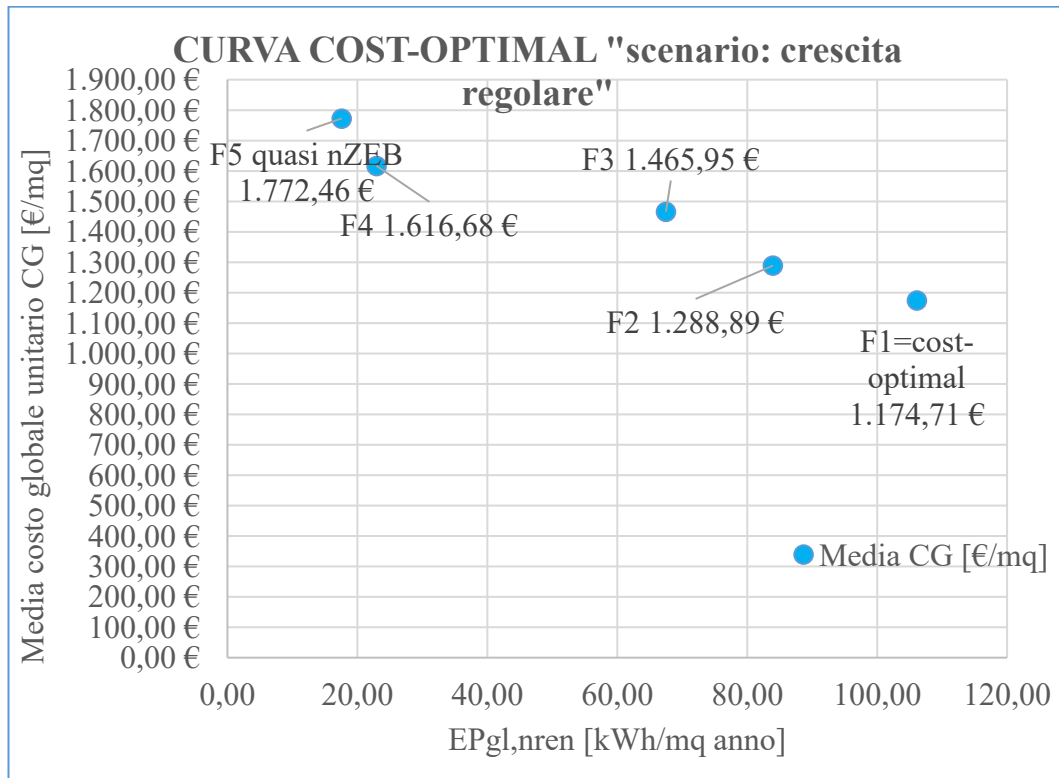


Tabella 53

Nella zona climatica F, dalla *tabella 53* relativa allo scenario "crescita regolare", si può osservare che il cost-optimal corrisponde allo scenario tecnico 1 (F1), perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 1.174,71€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario F5, con costo globale pari a 1.772,46€/m<sup>2</sup>, si avvicina ai requisiti nZEB.

Confrontando F1=cost-optimal e F5=nZEB si hanno:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 50,88%, cioè F5 ha un costo superiore a 1,51 volte a F1;
- una differenza percentuale in termini di EP<sub>gl,nren</sub> pari a 83,44%, cioè F5 (17,58 kWh/m<sup>2</sup>anno) è 6,04 volte più efficiente di F1 (106,13 kWh/m<sup>2</sup>anno).

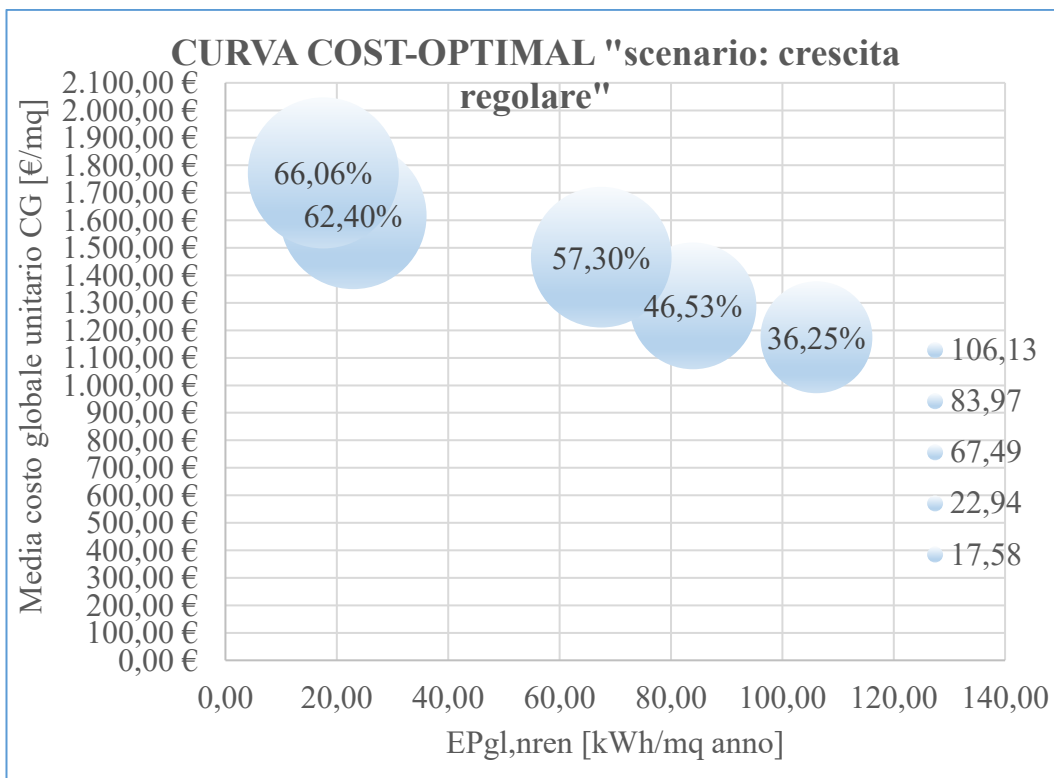


Tabella 54

La tabella 54 mostra i coefficienti di variazione. Questi sono molto elevati per tutti gli scenari, ciò è dovuto al grande numero di input con ampia incertezza. Lo scenario F1 mostra il coefficiente più basso, pari a 36,25%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 66,06%.

Tra lo scenario F1=cost-optimal e F5=nZEB vi è uno scarto di circa 30 punti percentuali.

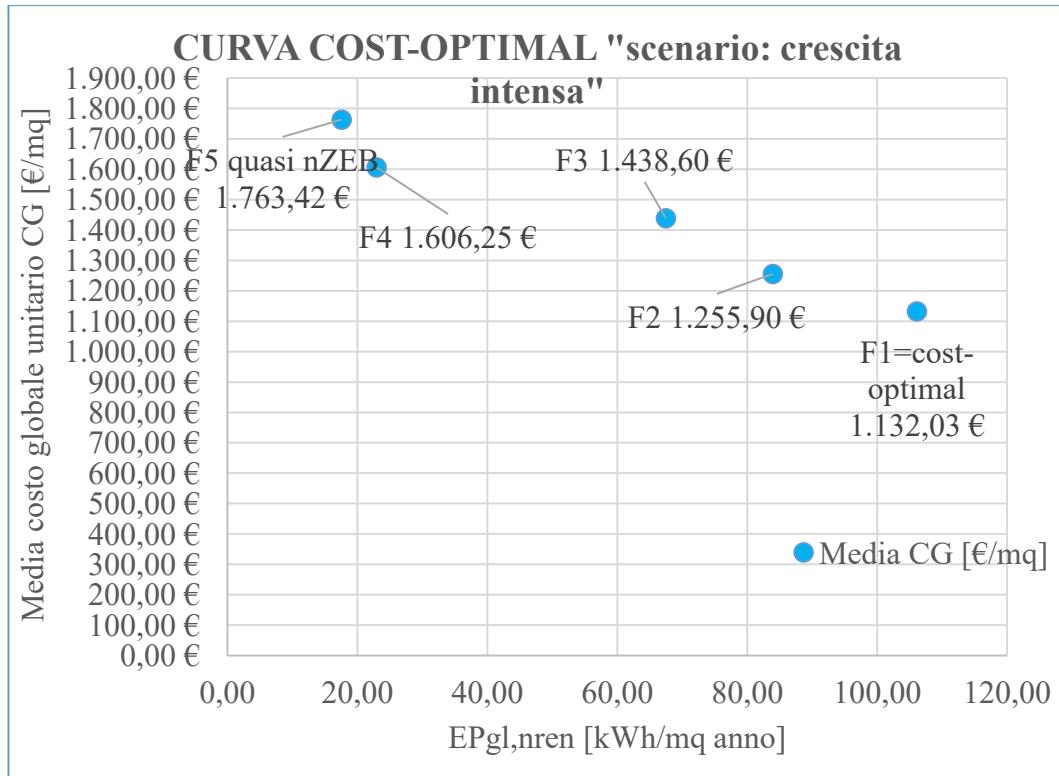


Tabella 55

Nella zona climatica F, dalla *tabella 55* relativa allo scenario “crescita intensa”, si può osservare che F1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 1.132,03€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario F5, con costo globale pari a 1.763,42€/m<sup>2</sup>, si avvicina ai requisiti nZEB.

Confrontando F1=cost-optimal e F5=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 55,78%, cioè F5 ha un costo superiore a 1,56 volte a F1; in linea con lo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di F1 ha una riduzione di 42,68€/m<sup>2</sup>, pari a 3,63%;
- il costo globale medio di F5 ha una riduzione di 9,04€/m<sup>2</sup>, pari a 0,51%.

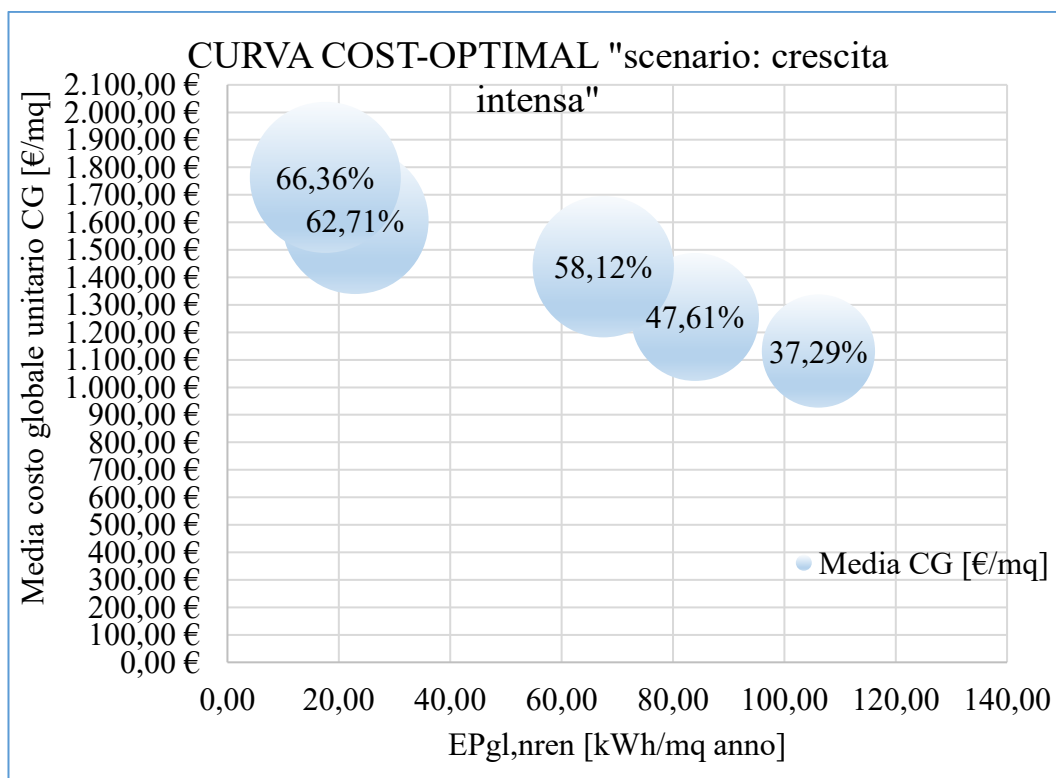


Tabella 56

La tabella 56 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario F1 mostra il coefficiente più basso, pari a 37,29%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 66,36%.

Tra lo scenario F1=cost-optimal e F5=nZEB vi è uno scarto di circa 29 punti percentuali.

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si nota che:

- il coeff. di variazione di F1 ha un incremento di 1,04 punti percentuali.
- il coeff. di variazione di F5 ha un incremento di 0,30 punti percentuali.

## Stagflazione

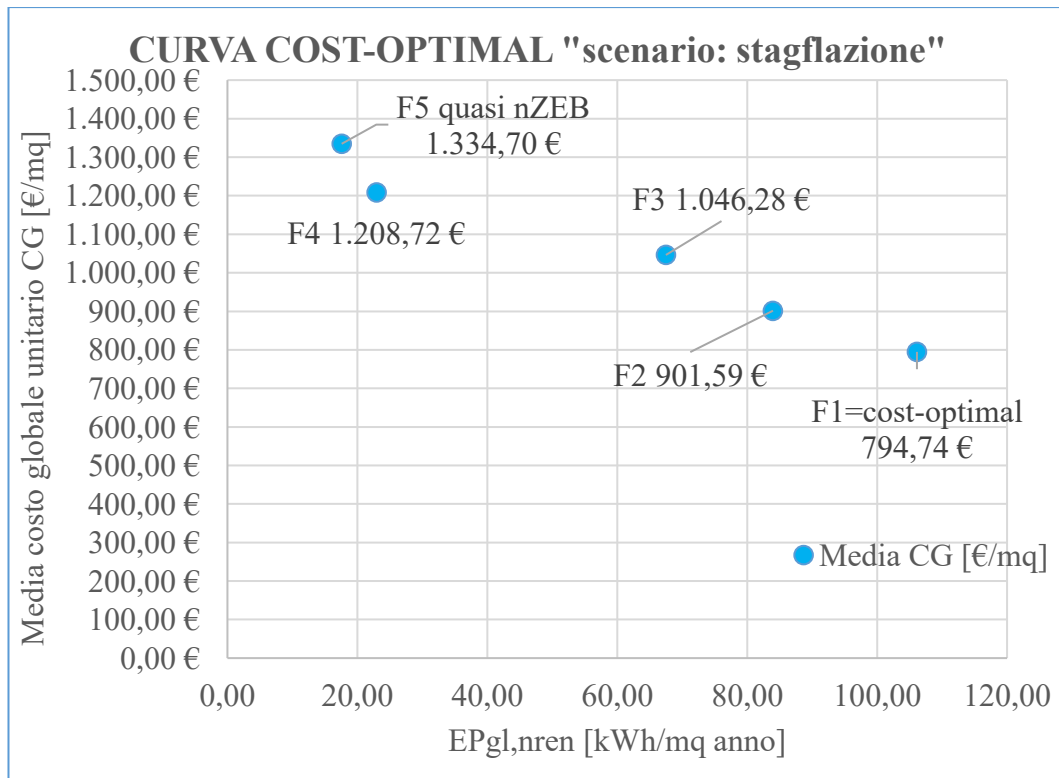


Tabella 57

Nella zona climatica F, dalla *tabella 57* relativa allo scenario “stagflazione” si può osservare che F è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 794,74€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario F5, con costo globale pari a 1.334,70€/m<sup>2</sup>, si avvicina ai requisiti nZEB.

Confrontando F1=cost-optimal e F5=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 67,94 %, cioè F5 ha un costo superiore a 1,68 volte a F1; leggermente superiore rispetto allo scenario “baseline”.

Confrontando lo scenario “stagflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di F1 ha una riduzione di 379,97€/m<sup>2</sup>, pari a 32,35%;
- il costo globale medio di F5 ha una riduzione di 437,76€/m<sup>2</sup>, pari a 24,70%.

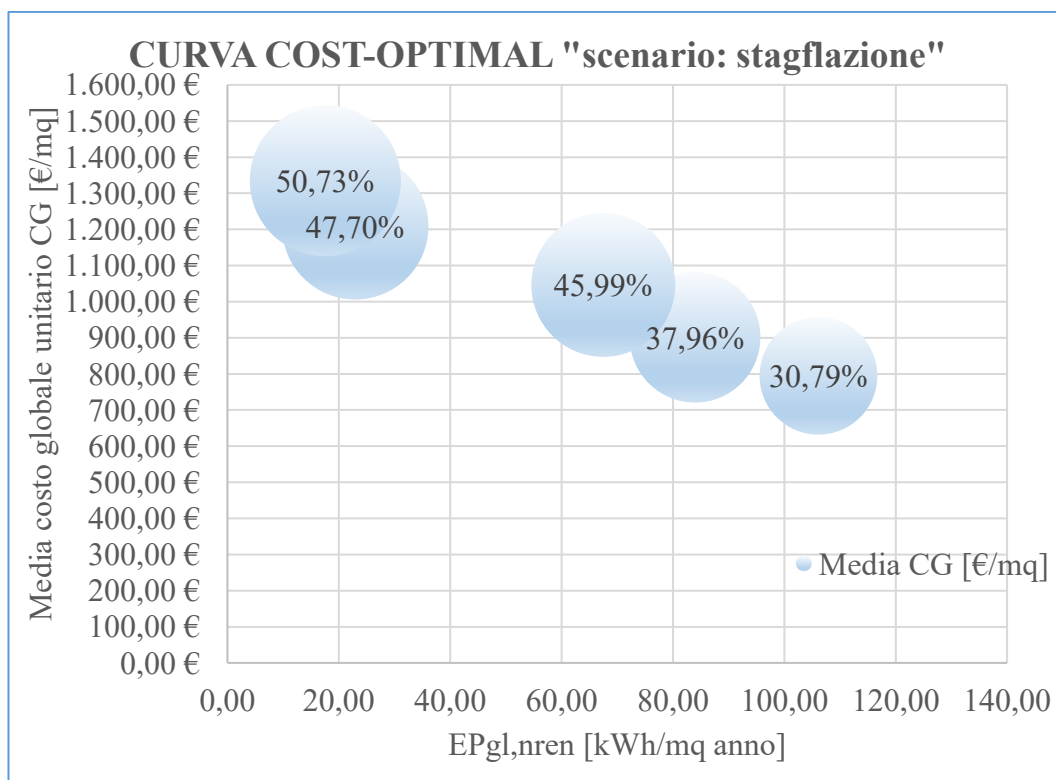


Tabella 58

La tabella 58 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario F1 mostra il coefficiente più basso, pari a 30,79%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 50,73%.

Tra lo scenario F1=cost-optimal e F5=nZEB vi è uno scarto di circa 20 punti percentuali.

Confrontando lo scenario “stagflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il coeff. di variazione di F1 ha una riduzione di 5,46 punti percentuali, pari a -15,06%;
- il coeff. di variazione di F5 ha una riduzione di 15,33 punti percentuali, pari a -23,21%.

## Deflazione

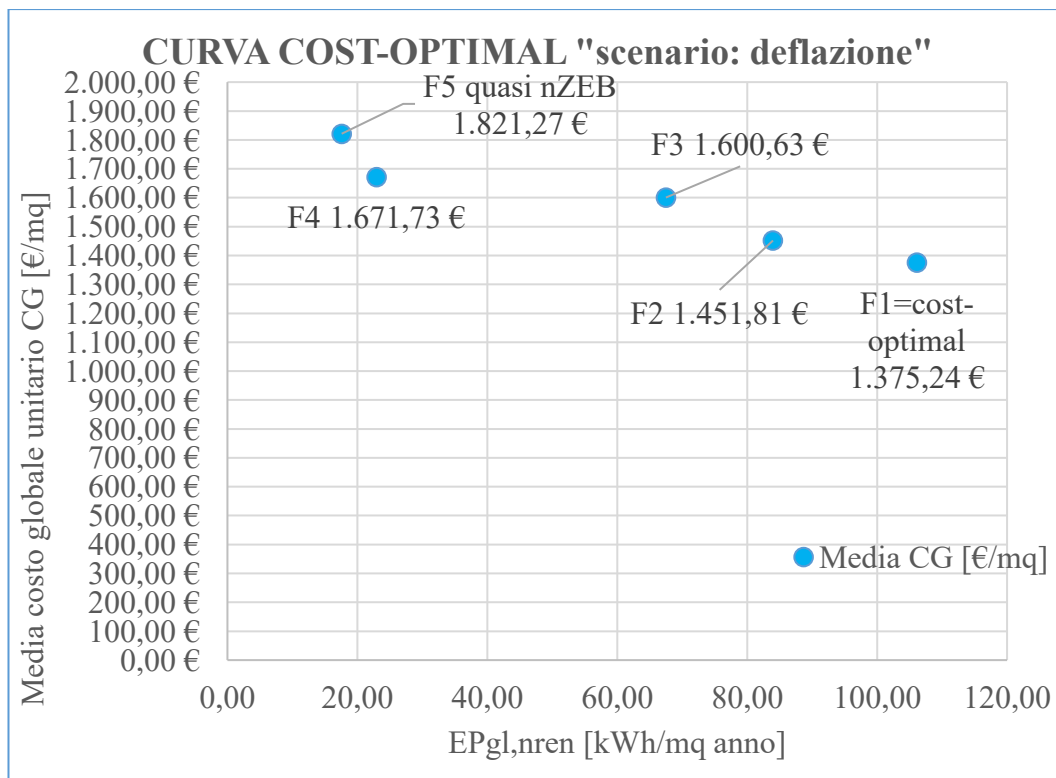


Tabella 59

Nella zona climatica F, dalla *tabella 59* relativa allo scenario “deflazione” si può osservare che F1 è sempre lo scenario cost-optimal, perché questo ha il costo globale medio unitario inferiore rispetto agli altri e pari a 1.375,24€/m<sup>2</sup>. Si può vedere che lo scenario F5, con costo globale pari a 1.821,27€/m<sup>2</sup>, si avvicina ai requisiti nZEB.

Confrontando F1=cost-optimal e F5=nZEB si ha:

- una differenza percentuale in termini di costo globale unitario pari a 32,43%, cioè F5 ha un costo superiore a 1,32 volte a F1; molto inferiore rispetto allo scenario “baseline” (1,51 volte).

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il costo globale medio di F1 ha un aumento di 200,53€/m<sup>2</sup>, pari a 17,07%;
- il costo globale medio di F5 ha un aumento di 48,81€/m<sup>2</sup>, pari a 2,75%.



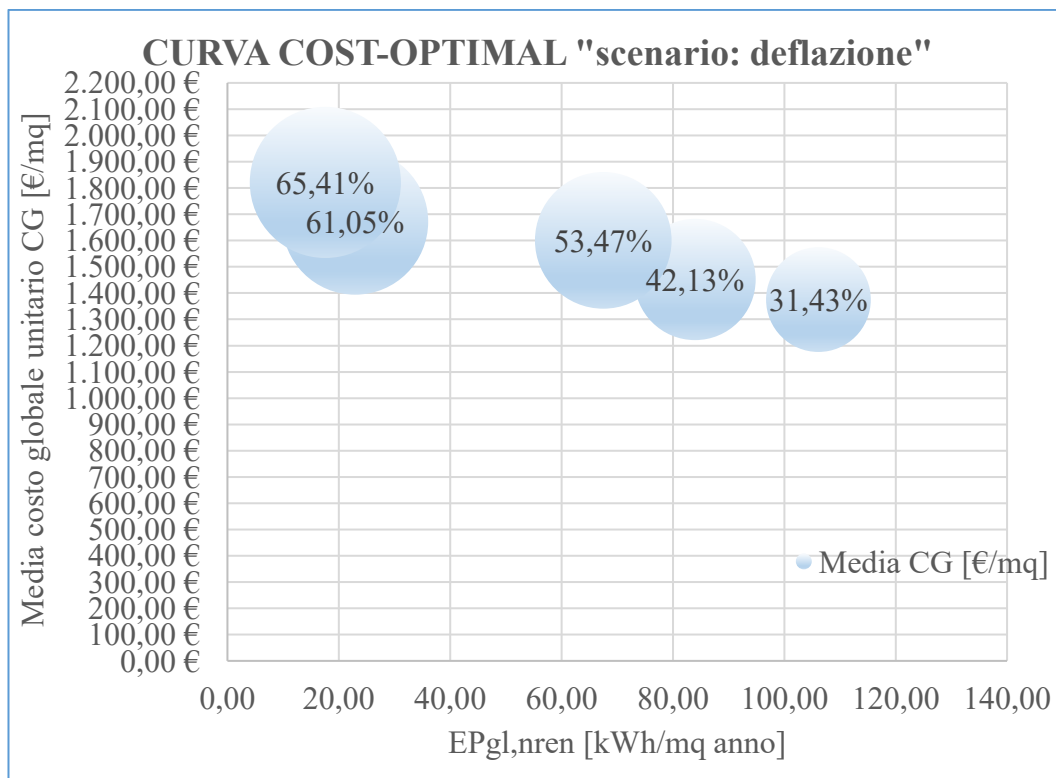


Tabella 60

La tabella 60 mostra i coefficienti di variazione. Lo scenario F1 mostra il coefficiente più basso, pari a 31,43%, mentre gli scenari più prestazionali raggiungono anche il valore di 65,41%.

Tra lo scenario F1=cost-optimal e F5=nZEB vi è uno scarto di circa 34 punti percentuali.

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si nota che:

- il coeff. di variazione di F1 ha una riduzione di 4,82 punti percentuali, pari a -13,30%.
- il coeff. di variazione di F5 ha una riduzione di 0,65 punti percentuali, pari a -0,98%.

## Riepilogo

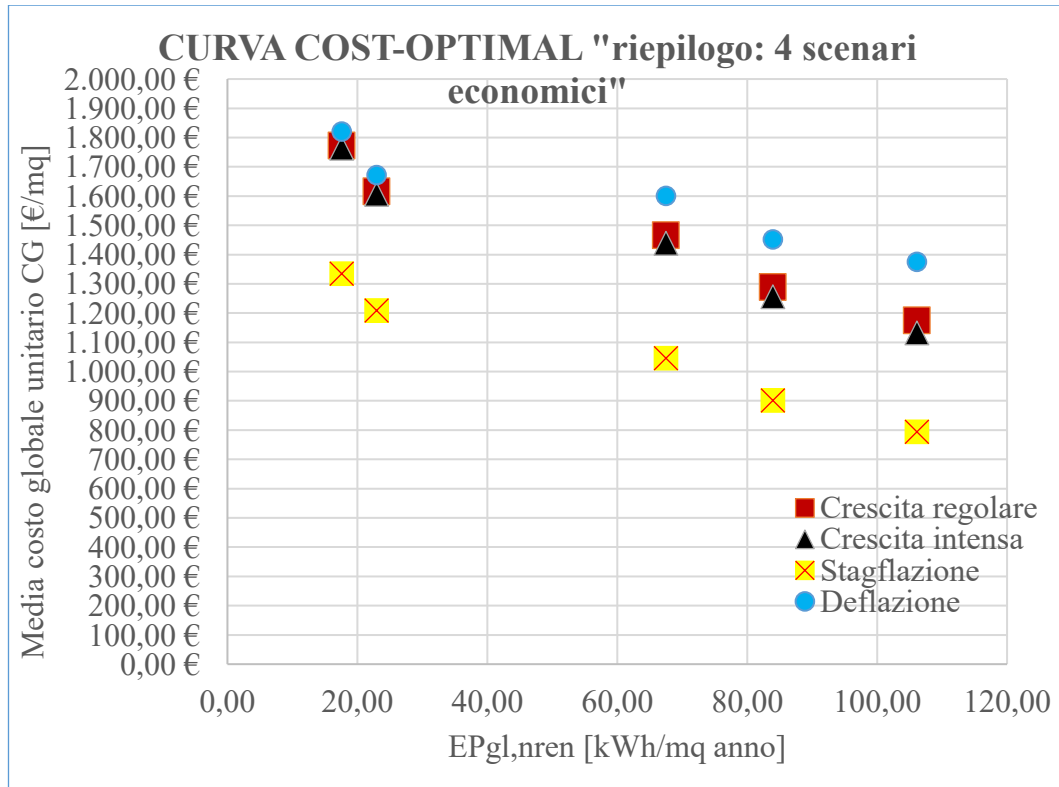


Tabella 61

Come analizzato nei relativi grafici soprastanti, lo scenario “stagflazione” è quello che comporta una riduzione dei costi maggiore, mentre lo scenario “deflazione” li fa aumentare; come si osserva nella *tabella 61*. Questo accade perché nella “stagflazione” il PIL è molto basso (con conseguente escalation dei prezzi) e il tasso di inflazione è molto alto (conseguente incremento potere d’acquisto); viceversa nella “deflazione” dove tassi e PIL risultano essere molto bassi. Inoltre, la tabella evidenzia che gli scenari tecnici più prestazionali (vicini a nZEB) subiscono meno il cambio di scenario macroeconomico, con relativa variazione rispetto allo scenario “baseline”. Per finire, gli scenari tecnici più prestazionali mostrano una variabilità di costi minore (circa 150€/m<sup>2</sup>) rispetto a quelli meno prestazionali (circa 300€/m<sup>2</sup>); perché nei prestazionali i costi degli interventi sono maggiori e l’influenza energetica è minore.

Si è notato su tutti gli alternativi scenari economici che gli scenari tecnici più prestazionali, caratterizzati da un costo di investimento maggiore, sono quelli con valori più elevati di dispersione.

La tabella sottostante riporta tutti i coefficienti di variazione insieme.

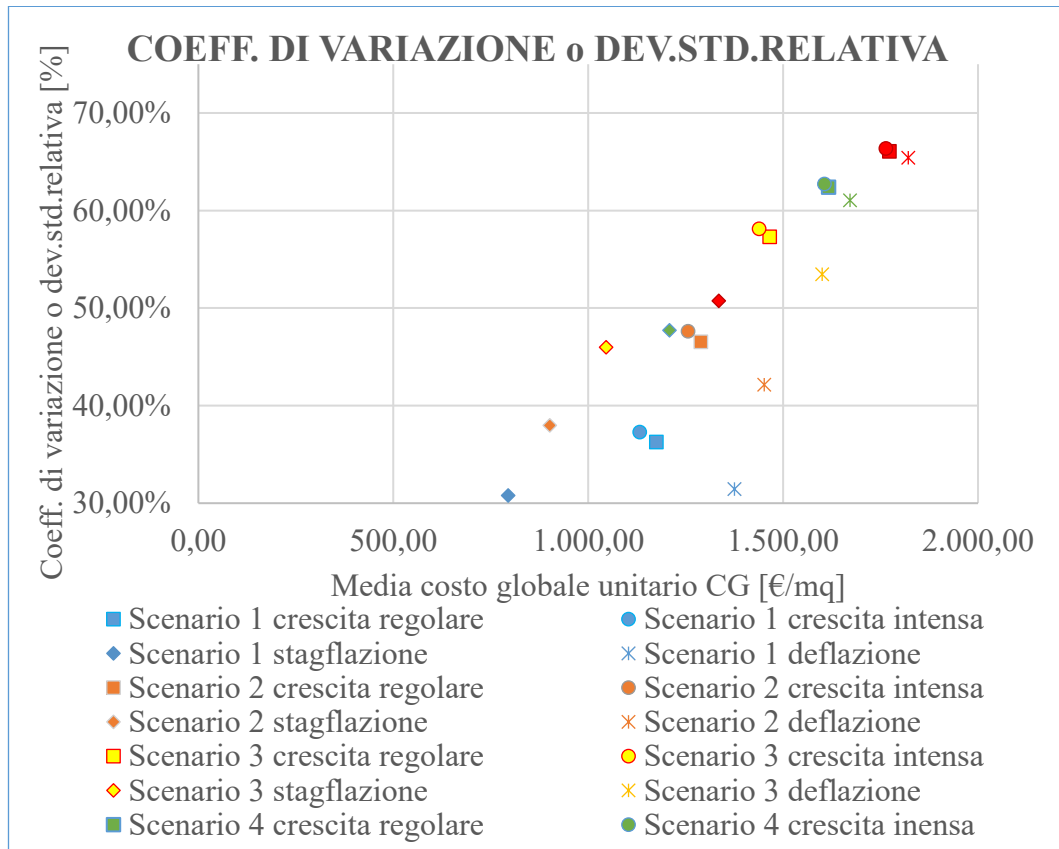
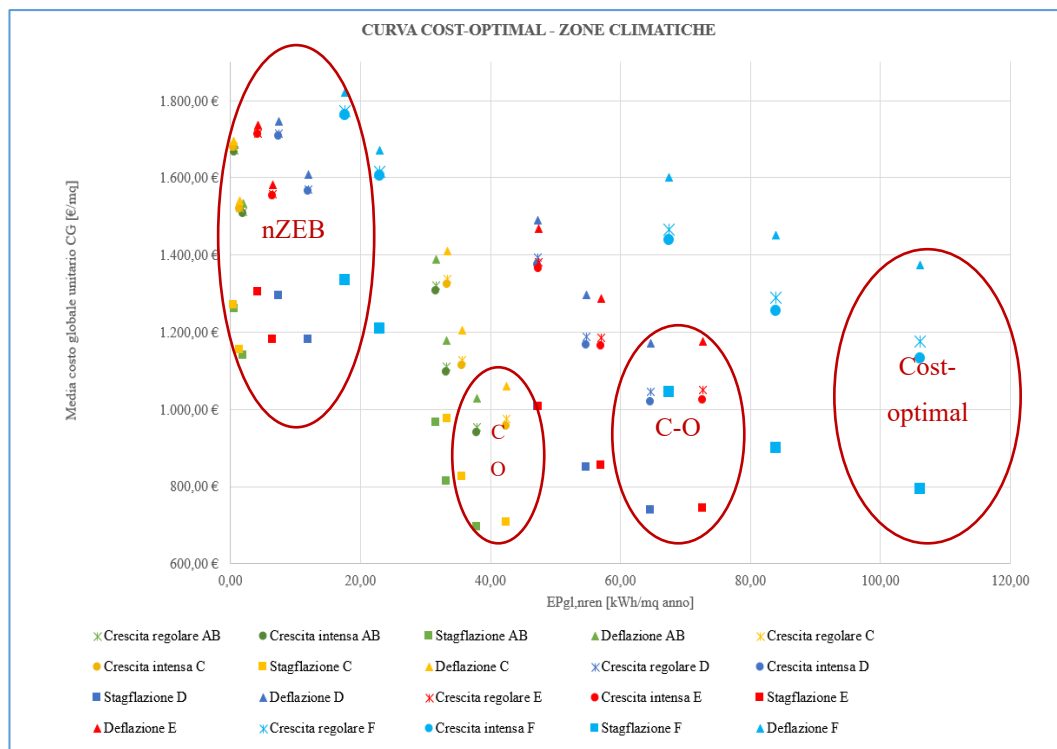


Tabella 62

Come accennato sopra, si osserva che gli scenari tecnici più prestazionali (5 in rosso e 4 in verde) e, anche, con costo globale medio maggiore sono quelli caratterizzati da maggior incertezza. Detto ciò, chi ha basse disponibilità finanziarie potrebbe indirizzarsi verso interventi dall'incertezza più bassa, mentre chi ha risorse economiche superiori potrebbe assumersi il rischio maggiore.

A parità di scenario tecnico, si osserva che la “stagflazione” ha incertezza più bassa.

## Riepilogo



Si osserva che il gap tra cost-optimal e nZEB risulta essere importante. Su tutte le zone climatiche, le soluzioni cost-optimal hanno un costo globale medio unitario minimo di 700€/m<sup>2</sup> (zona A+B) e massimo di 1400€/m<sup>2</sup> (zona F). Le soluzioni nZEB hanno un costo globale minimo di circa 1200€/m<sup>2</sup> (zona A+B) e massimo di circa 1800€/m<sup>2</sup> (zona F). Il divario risulta pertanto essere:

- tra i due minimi →  $\Delta = 500\text{€/m}^2$
- tra i due valori massimi →  $\Delta = 400\text{€/m}^2$ .

Nella zona climatica A+B, il passaggio tra cost-optimal e nZEB ha una differenza tra il 49,08% e 63,98%, cioè la soluzione nZEB è da 1,49 a 1,64 volte più costosa della soluzione cost-optimal.

Nella zona climatica C, il passaggio tra cost-optimal e nZEB ha una differenza tra il 45,43% e 63,22%, cioè la soluzione nZEB è da 1,45 a 1,63 volte più costosa della soluzione cost-optimal.

Nella zona climatica D, il passaggio tra cost-optimal e nZEB ha una differenza tra il 49,03% e 75,27%, cioè la soluzione nZEB è da 1,49 a 1,75 volte più costosa della soluzione cost-optimal.

Nella zona climatica E, il passaggio tra cost-optimal e nZEB ha una differenza tra il 47,63% e 75,36%, cioè la soluzione nZEB è da 1,48 a 1,75 volte più costosa della soluzione cost-optimal.

Nella zona climatica F, il passaggio tra cost-optimal e nZEB ha una differenza tra il 32,43% e 67,94%, cioè la soluzione nZEB è da 1,32 a 1,68 volte più costosa della soluzione cost-optimal.

#### IV.3 SHARE DI COSTO SUI COSTI GLOBALI PER ZONA CLIMATICA NEGLI SCENARI ECONOMICI

Questa parte permette di capire quale componente di costo ha dato il contributo maggiore ai risultati.

In generale appare come la componente di investimento iniziale è particolarmente importante.

Nei paragrafi sottostanti vengono riportate le tabelle inerenti agli share di costo rispetto il valore totale del costo globale. Gli share o percentuale di costo sono relativi all'incidenza dei costi di investimento iniziale, ai costi di manutenzione annuale e ai costi energetici. Sono riportate anche le tabelle con il valore percentuale del coefficiente di variazione o deviazione standard relativa, suddivise per ciascuna voce di costo appena individuata.

##### IV.3.1 Zona Climatica "A+B"

##### Crescita regolare

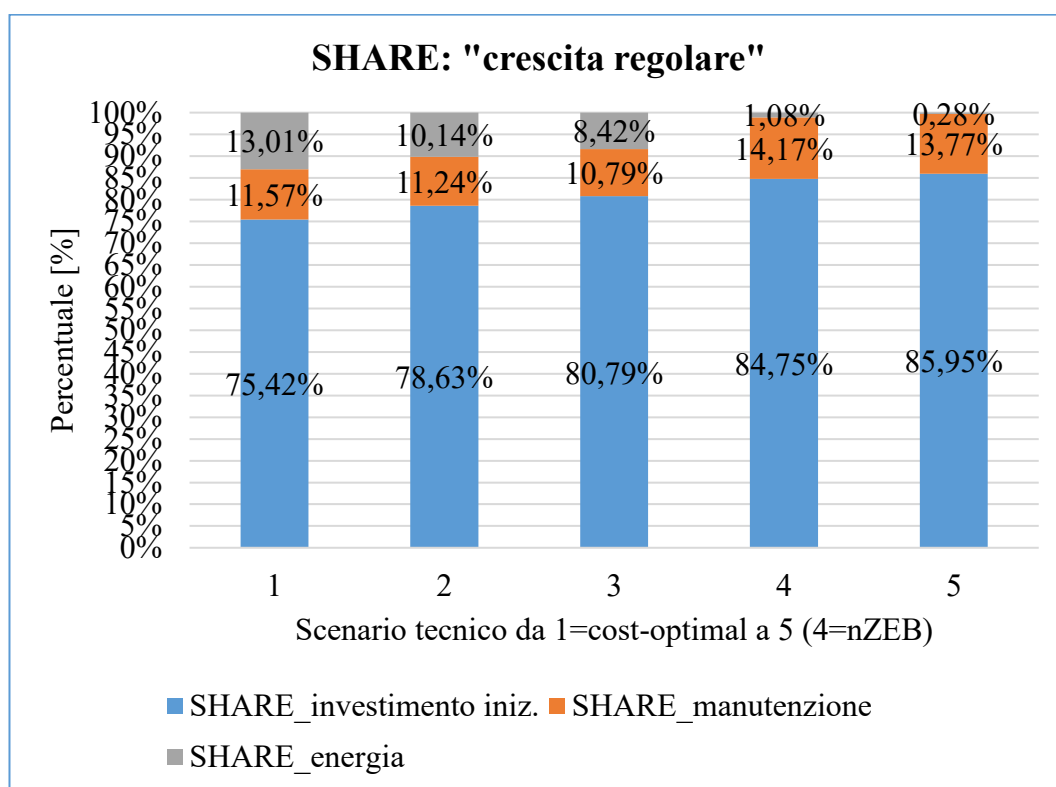


Tabella 63

Nella zona climatica A+B, dalla *tabella 63* relativa allo scenario "crescita regolare", si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti

gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 75% a circa l'85%. Negli scenari AB1, AB2 e AB3, la percentuale del costo di manutenzione varia da circa l'11% al 12%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 13,01% in AB1 a 8,42% in AB3. Negli scenari AB4 e AB5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo "spazio" viene ricoperto dall'incremento dei costi di investimento (circa 85%) e di manutenzione (circa 14%).

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici. Non si notano particolari variazioni tra i coefficienti di variazione; l'unico aspetto interessante riguarda i costi energetici agli scenari 4 e 5. Questi ultimi mostrano un incremento importante della dev. std. relativa, perché sono quasi zero i valori percentuali del costo e, quindi, anche una piccola variazione fa incrementare considerevolmente il parametro analizzato.

Per l'investimento iniziale, il coefficiente di variazione varia tra il 5,55% e il 9,07%. Per la manutenzione, il coefficiente di variazione varia tra il 27,97% e il 33,93%. Per i costi energetici, il coefficiente di variazione varia tra il 28,33% e il 33,47%, escludendo gli scenari 4 e 5 che hanno valori di 53,28% e 151,28%.

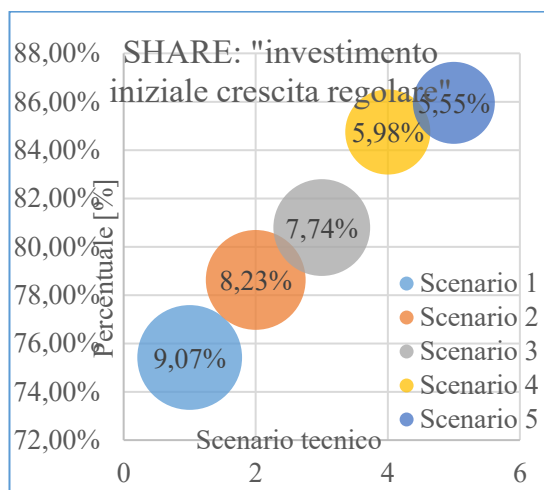


Tabella 64

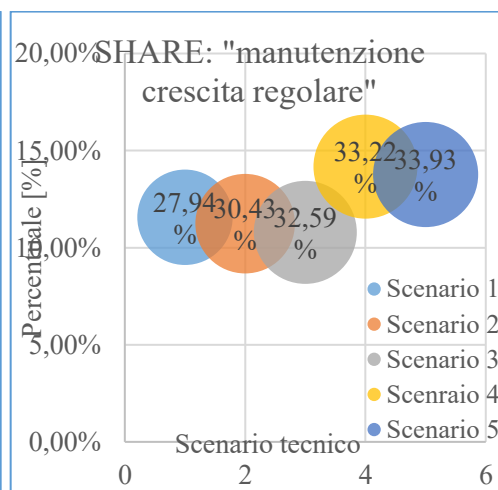


Tabella 65

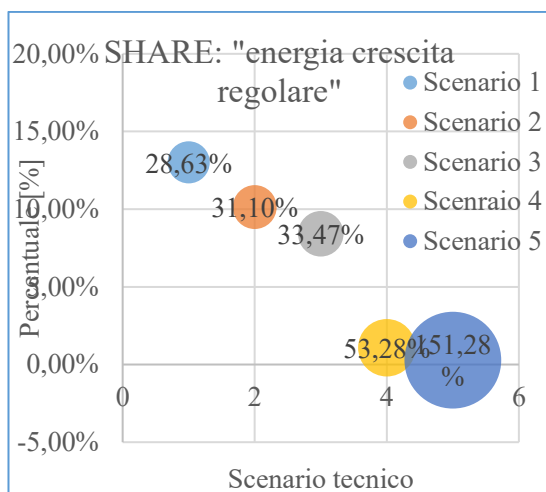


Tabella 66

*Crescita intensa*

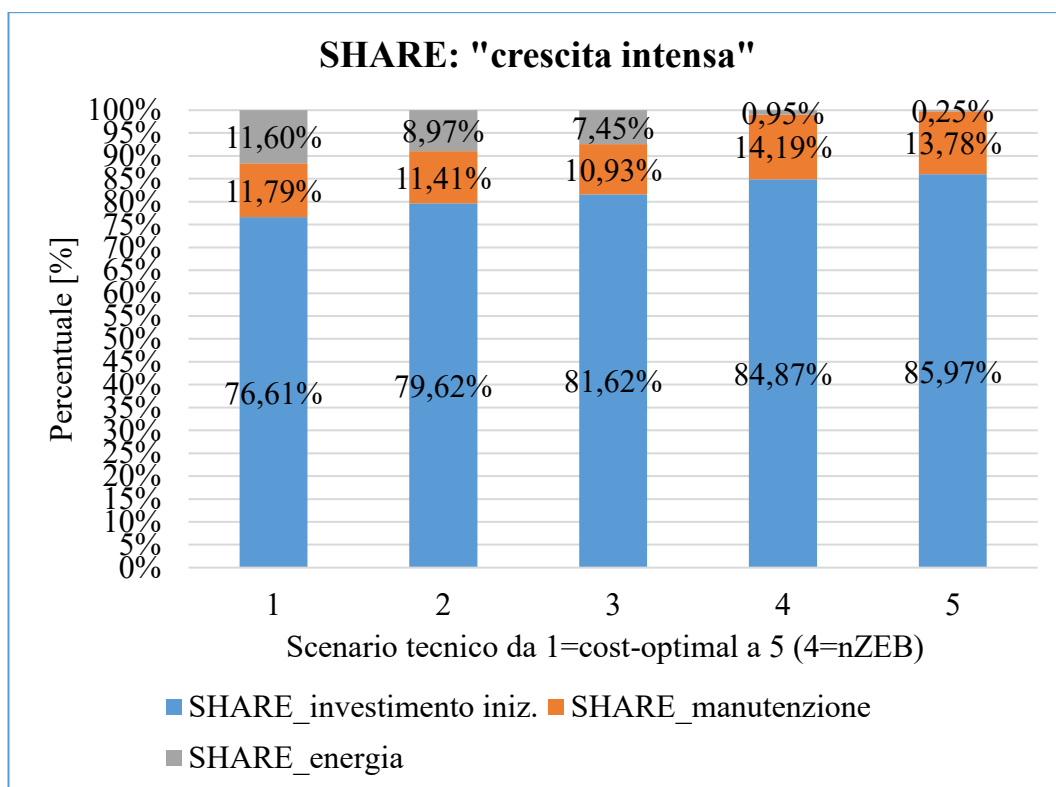


Tabella 67

Nella zona climatica A+B, dalla *tabella 73* relativa allo scenario “crescita intensa”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 77% a circa l’86%. Negli scenari AB1, AB2 e AB3, la percentuale del costo di manutenzione varia da circa l’11% al 12%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 11,60% in AB1 fino al 7,45% in AB3. Negli scenari AB4 e AB5, invece, il costo energetico



quasi si azzera; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 85%) e di manutenzione (circa 14%).

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento aumenta di 1 punto percentuale;
- lo share dei costi energetici diminuisce di circa 1 punto percentuale nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici. Non si notano particolari variazioni tra i coefficienti di variazione; l’unico aspetto interessante riguarda i costi energetici agli scenari 4 e 5. Questi ultimi mostrano un incremento importante della dev. std. relativa, perché sono quasi zero i valori percentuali del costo e, quindi, anche una piccola variazione fa incrementare considerevolmente il parametro analizzato.

Per l’investimento iniziale, il coefficiente di variazione varia tra il 5,54% e l’8,54%. Per la manutenzione, il coefficiente di variazione varia tra il 28,19% e il 33,94%. Per i costi energetici, il coefficiente di variazione varia tra il 28,10% e il 32,86%, escludendo gli scenari 4 e 5 che hanno valori di 52,52% e 150,58%.

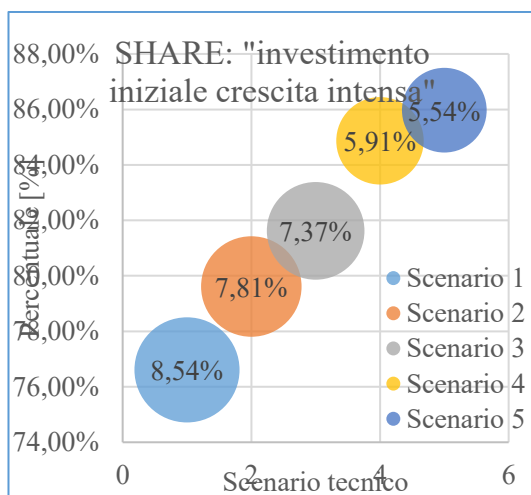


Tabella 68

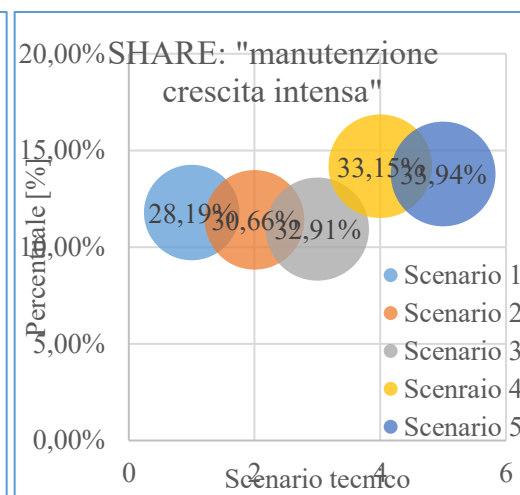


Tabella 69

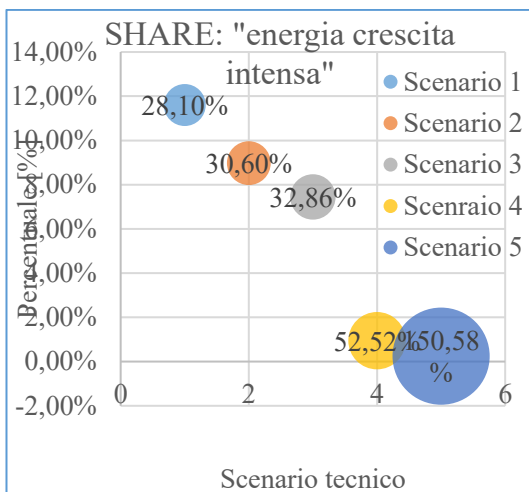


Tabella 70

Stagflazione

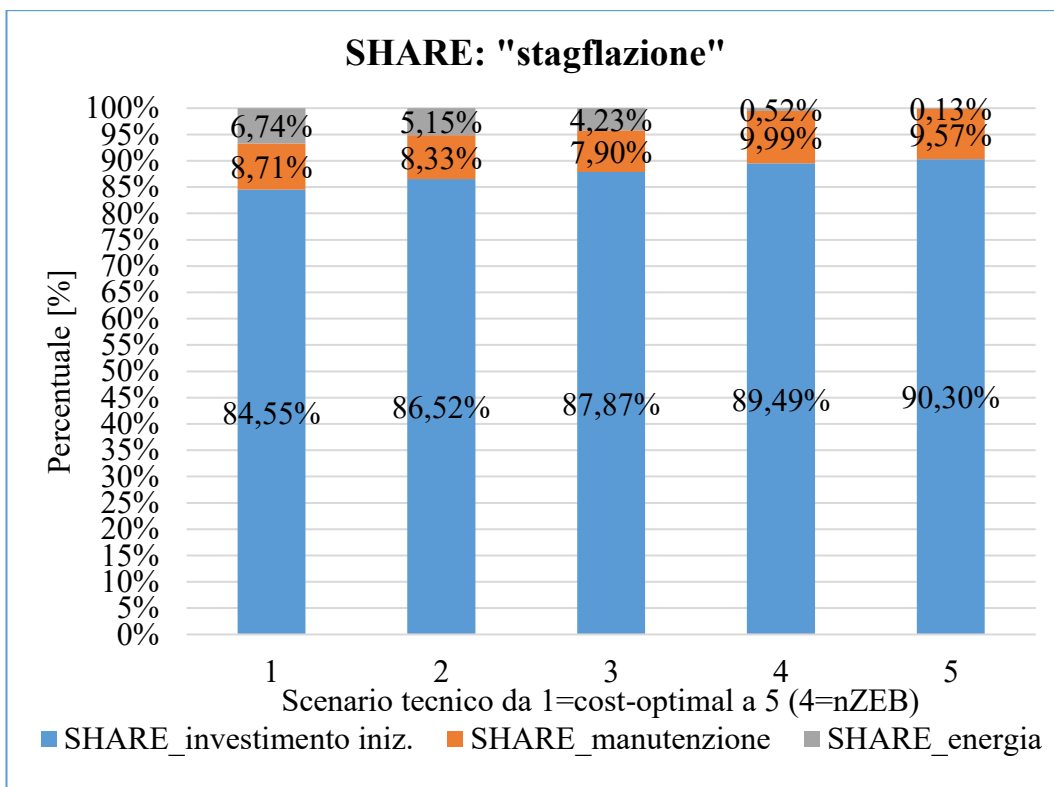


Tabella 71

Nella zona climatica A+B, dalla *tabella 71* relativa allo scenario "stagflazione", si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa l'85% a circa il

90%. Negli scenari AB1, AB2 e AB3, la percentuale del costo di manutenzione varia da circa l'8% al 9%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 6,74% in AB1 a 4,23% in AB3. Negli scenari AB4 e AB5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo "spazio" viene ricoperto dall'incremento dei costi di investimento (circa 90%) e di manutenzione (circa 10%).

Confrontando lo scenario "stagflazione" con quello "baseline", si osserva che:

- lo share dei costi di investimento aumenta di circa 7 punti percentuali;
- lo share dei costi energetici diminuisce di circa 4 punti percentuali nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici. Non si notano particolari variazioni tra i coefficienti di variazione; l'unico aspetto interessante riguarda i costi energetici agli scenari 4 e 5. Questi ultimi mostrano un incremento importante della dev. std. relativa, perché sono quasi zero i valori percentuali del costo e, quindi, anche una piccola variazione fa incrementare considerevolmente il parametro analizzato.

Per l'investimento iniziale, il coefficiente di variazione varia tra il 3,00% e il 4,30%. Per la manutenzione, il coefficiente di variazione varia tra il 23,58% e il 27,85%. Per i costi energetici, il coefficiente di variazione varia tra il 23,93% e il 27,75%, escludendo gli scenari 4 e 5 che hanno valori di 49,20% e 147,25%.

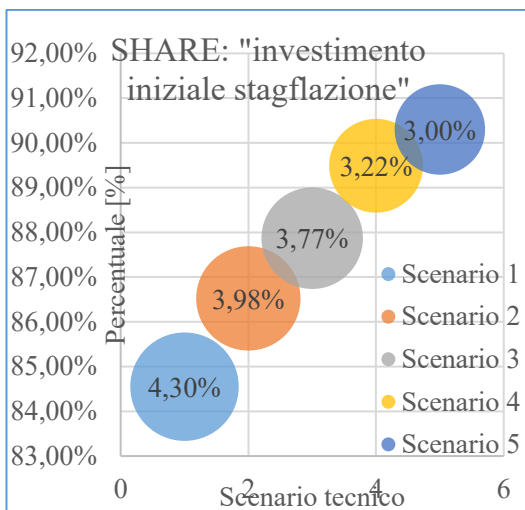


Tabella 72

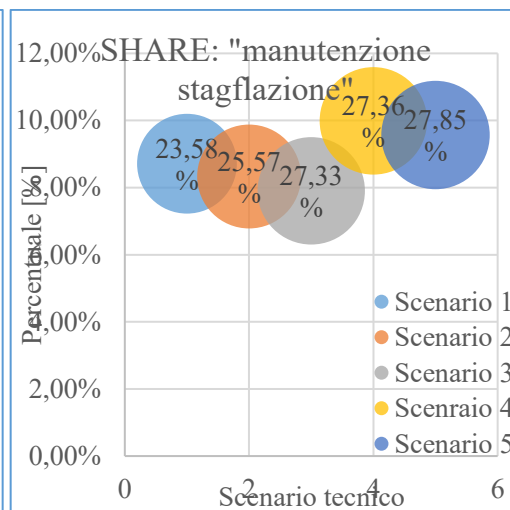


Tabella 73

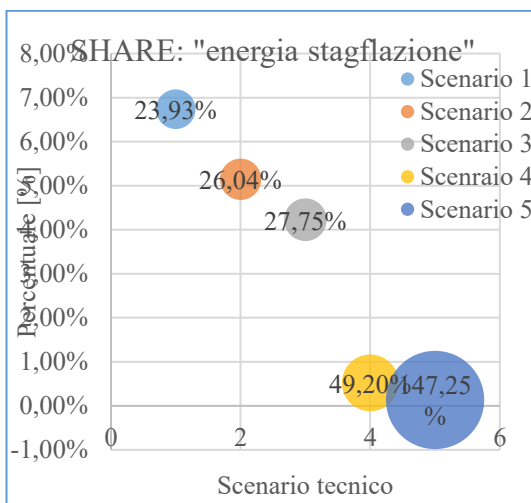


Tabella 74

## Deflazione

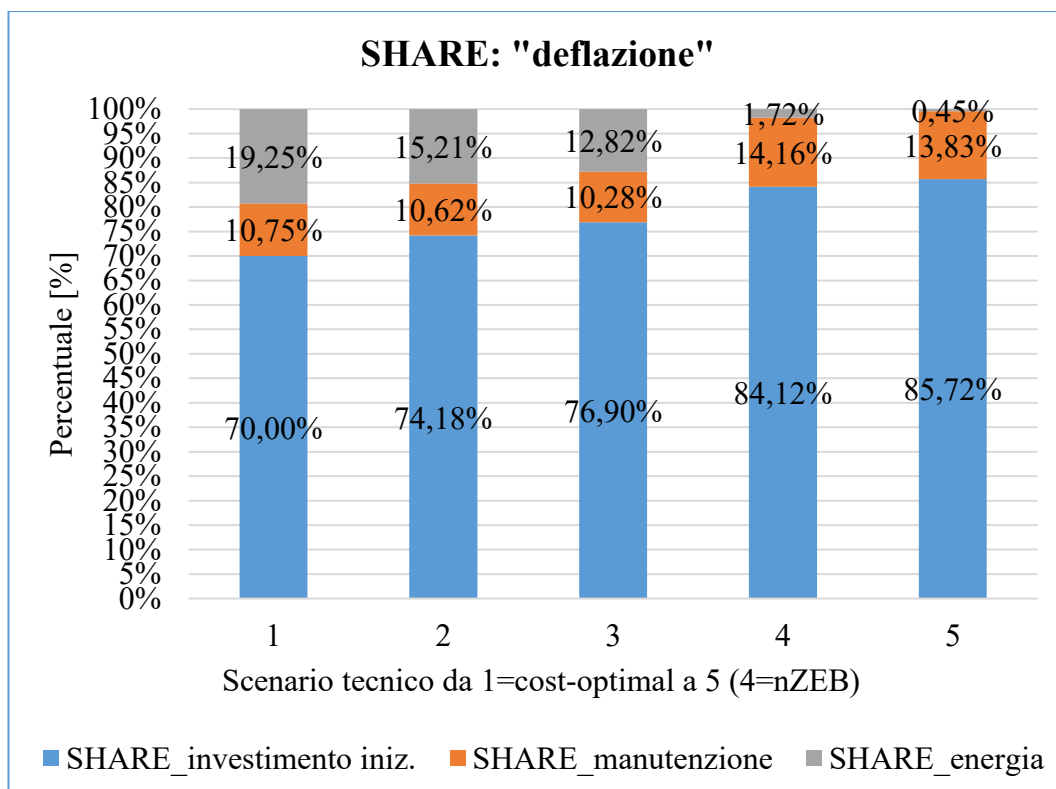


Tabella 75

Nella zona climatica A+B, dalla *tabella 75* relativa allo scenario “deflazione”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 70% a circa l’86%. Negli scenari AB1, AB2 e AB3, la percentuale del costo di manutenzione varia da circa il 10% al 11%, mentre la percentuale del costo energetico varia dal 19,25% in AB1 a 12,82% in AB3. Negli scenari AB4 e AB5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 85%) e di manutenzione (circa 14%).

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento diminuiscono di 5 punti percentuali nei primi 3 scenari, mentre rimangono inalterati negli altri;
- lo share dei costi energetici aumentano di circa 5 punti percentuali nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici. Non si notano particolari variazioni tra i coefficienti di variazione; l'unico aspetto interessante riguarda i costi energetici agli scenari 4 e 5. Questi ultimi mostrano un incremento importante della dev. std. relativa, perché sono quasi zero i valori percentuali del costo e, quindi, anche una piccola variazione fa incrementare considerevolmente il parametro analizzato.

Per l'investimento iniziale, il coefficiente di variazione varia tra il 5,69% e l'11,44%. Per la manutenzione, il coefficiente di variazione varia tra il 26,70% e il 33,99%. Per i costi energetici, il coefficiente di variazione varia tra il 28,11% e il 33,20%, escludendo gli scenari 4 e 5 che hanno valori di 53,89% e 152,84%.

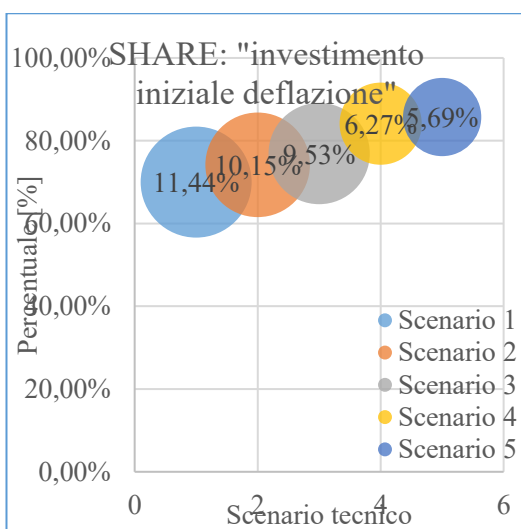


Tabella 76

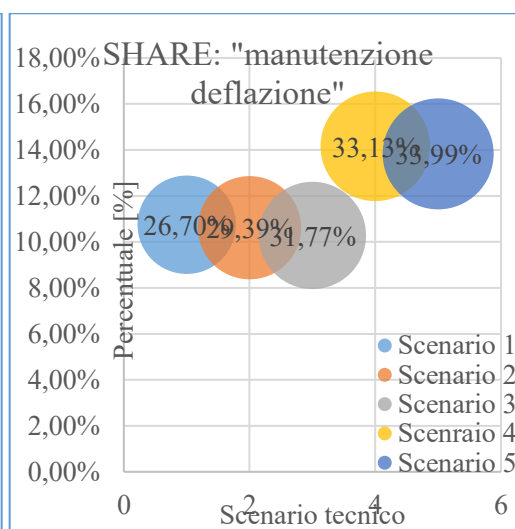


Tabella 77

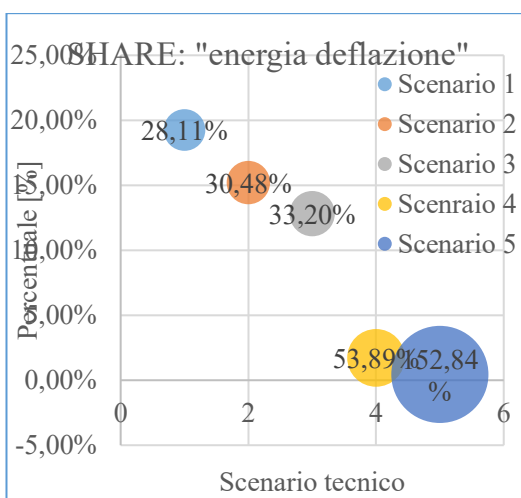


Tabella 78

Riepilogo

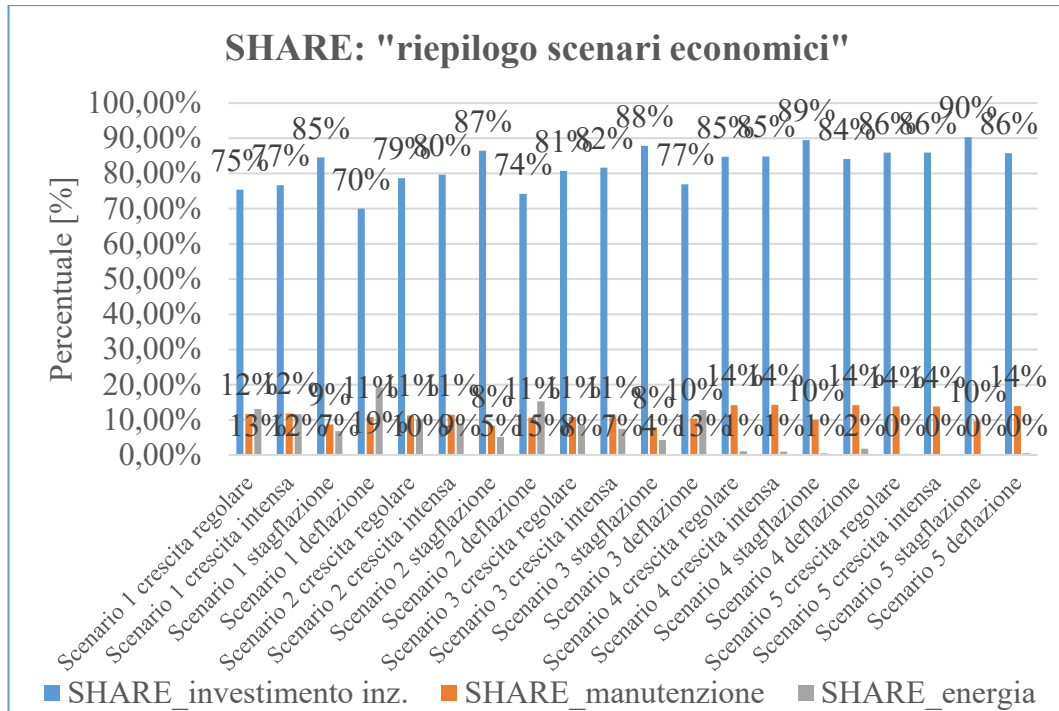


Tabella 79

Come analizzato nei relativi grafici soprastanti, lo scenario “stagflazione” comporta incremento degli share dei costi di investimento e una riduzione degli share dei costi manutentivi ed energetici, mentre lo scenario “deflazione” comporta una riduzione delle percentuali dei costi di investimento e un aumento degli altri due. Questi due aspetti sono meno evidenti negli scenari 4 e 5 dove il valore assoluto degli investimenti è più alto e, inoltre, lo share dei costi energetici è quasi nullo.

#### IV.3.2 Zona Climatica "C"

##### Crescita regolare

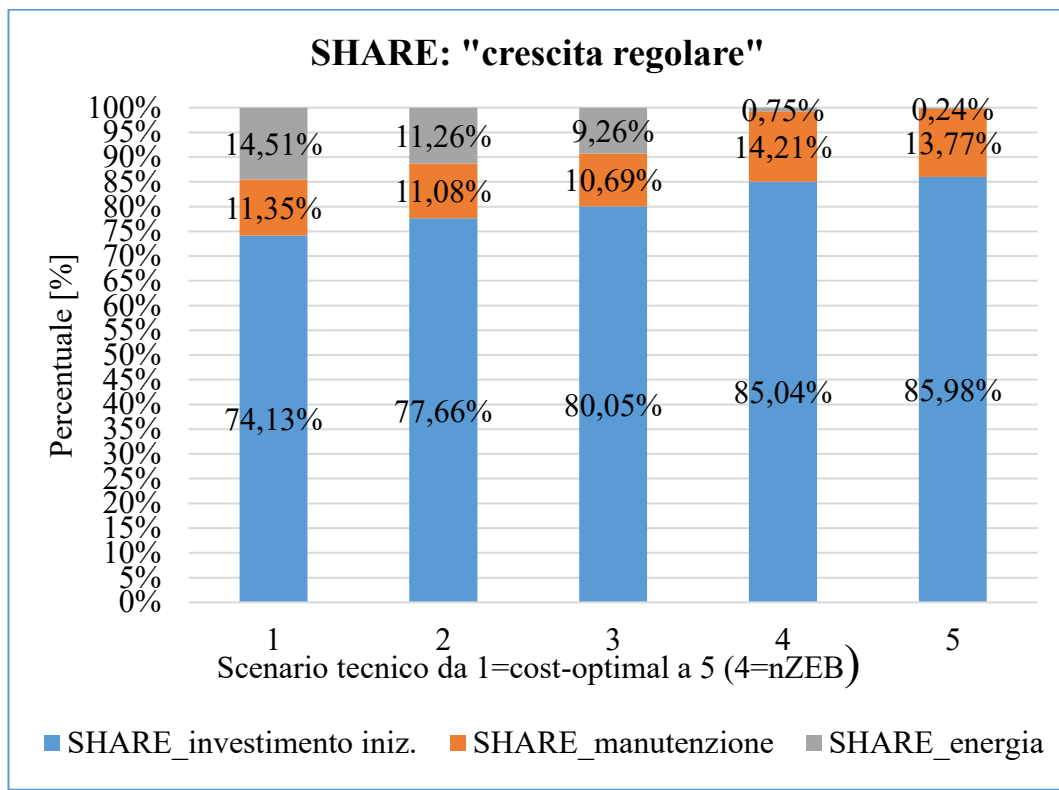


Tabella 80

Nella zona climatica C, dalla *tabella 80* relativa allo scenario "crescita regolare", si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 74% a circa l'86%. Negli scenari C1, C2 e C3, la percentuale del costo di manutenzione varia da circa l'11% al 12%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 14,51% in C1 a 9,26% in C3. Negli scenari C4 e C5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo "spazio" viene ricoperto dall'incremento dei costi di investimento (circa 85%) e di manutenzione (circa 14%).

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.



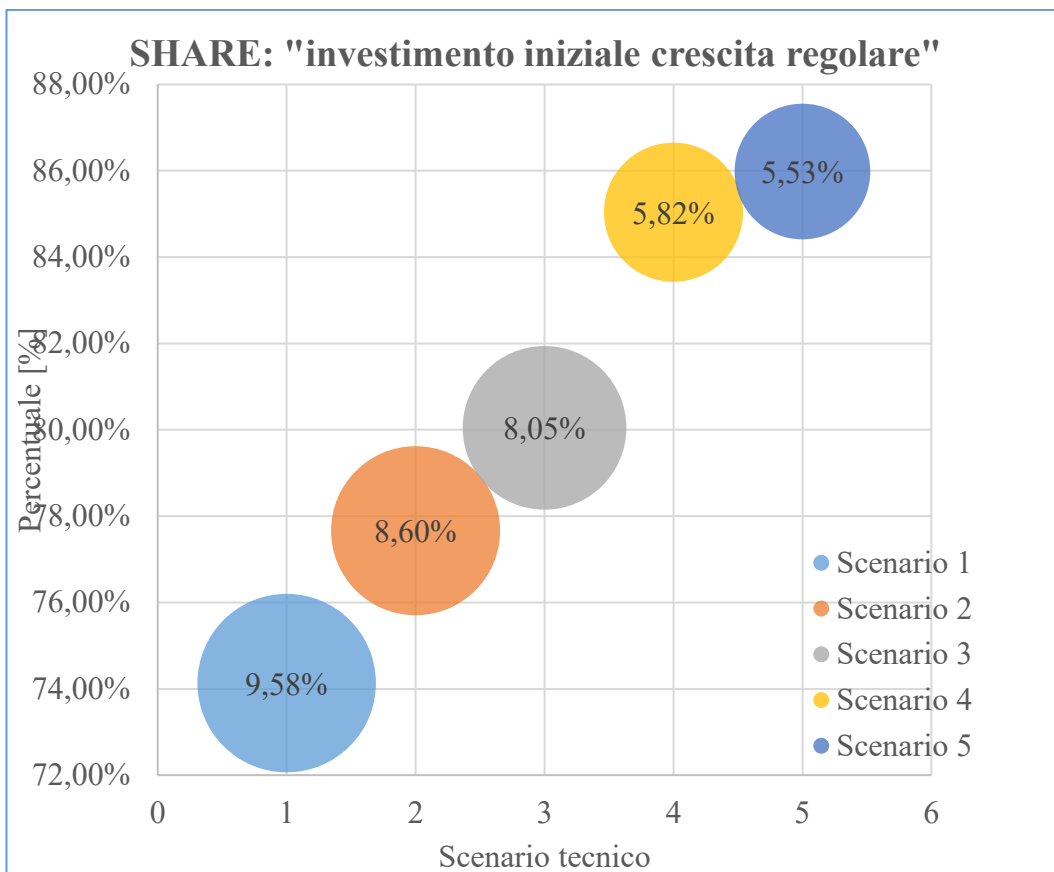


Tabella 81

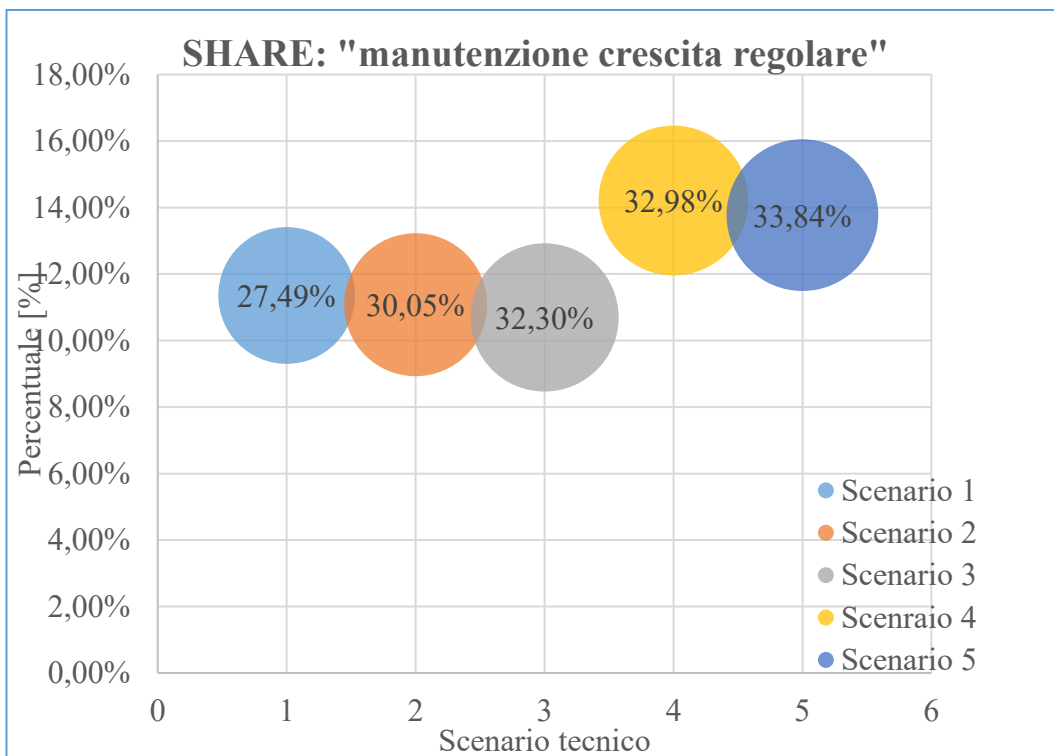


Tabella 82

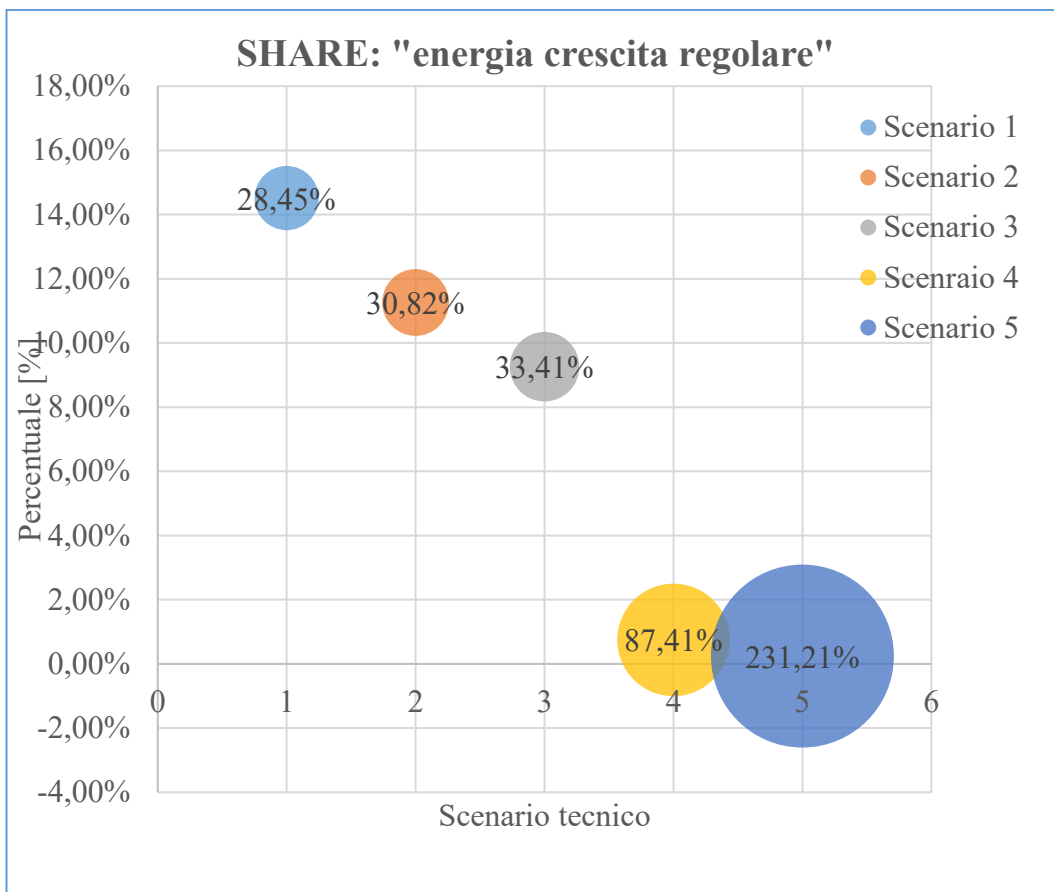


Tabella 83

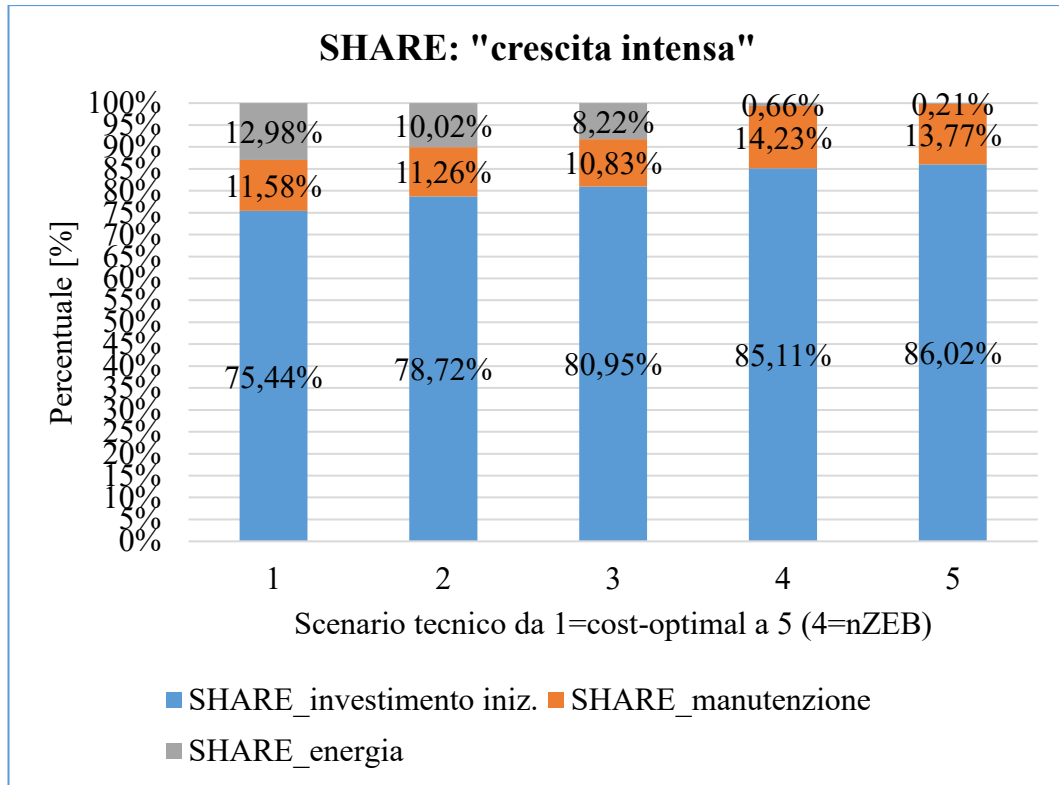


Tabella 84

Nella zona climatica C, dalla *tabella 84* relativa allo scenario “crescita intensa”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 75% a circa l’86%. Negli scenari C1, C2 e C3, la percentuale del costo di manutenzione varia da circa l’11% al 12%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 12,98% in C1 fino al 8,22% in C3. Negli scenari C4 e C5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 85%) e di manutenzione (circa 14%).

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento aumenta di 1 punto percentuale;
- lo share dei costi energetici diminuisce di circa 1 punto percentuale nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.

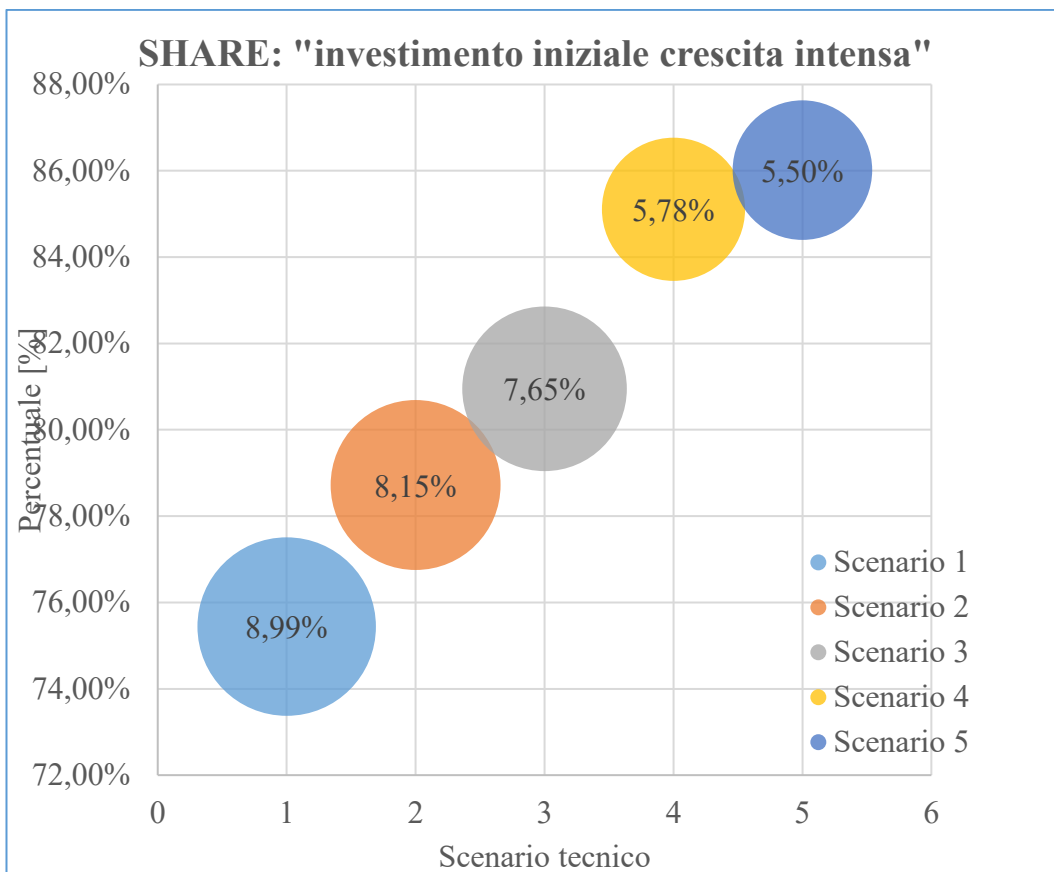


Tabella 85

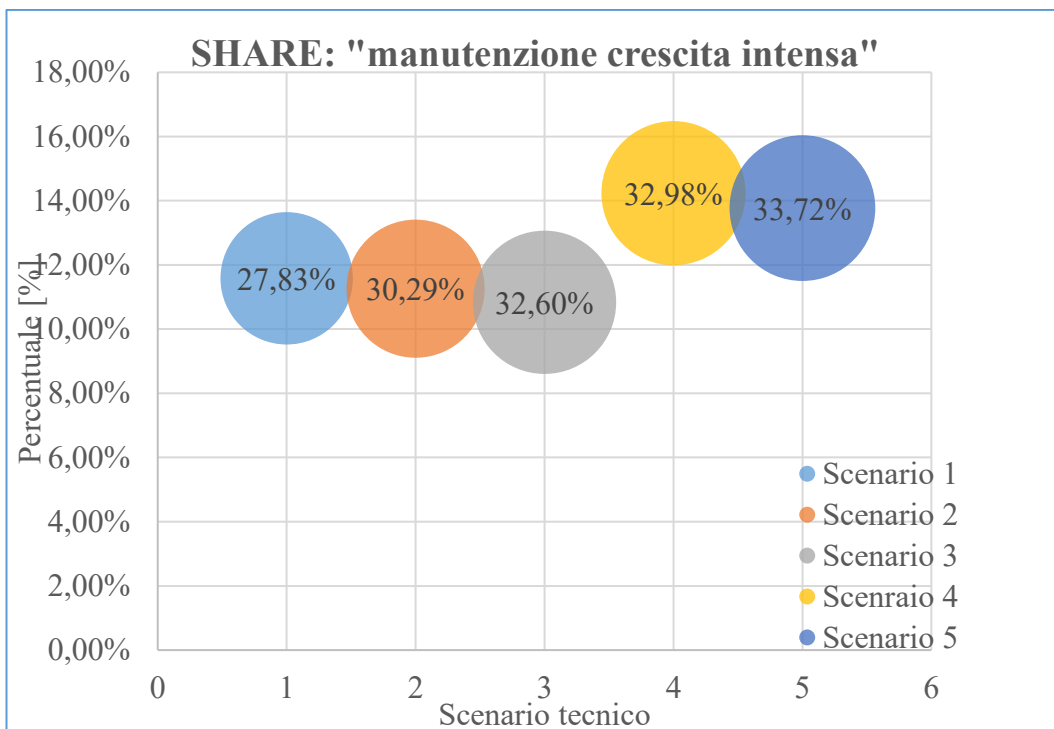


Tabella 86

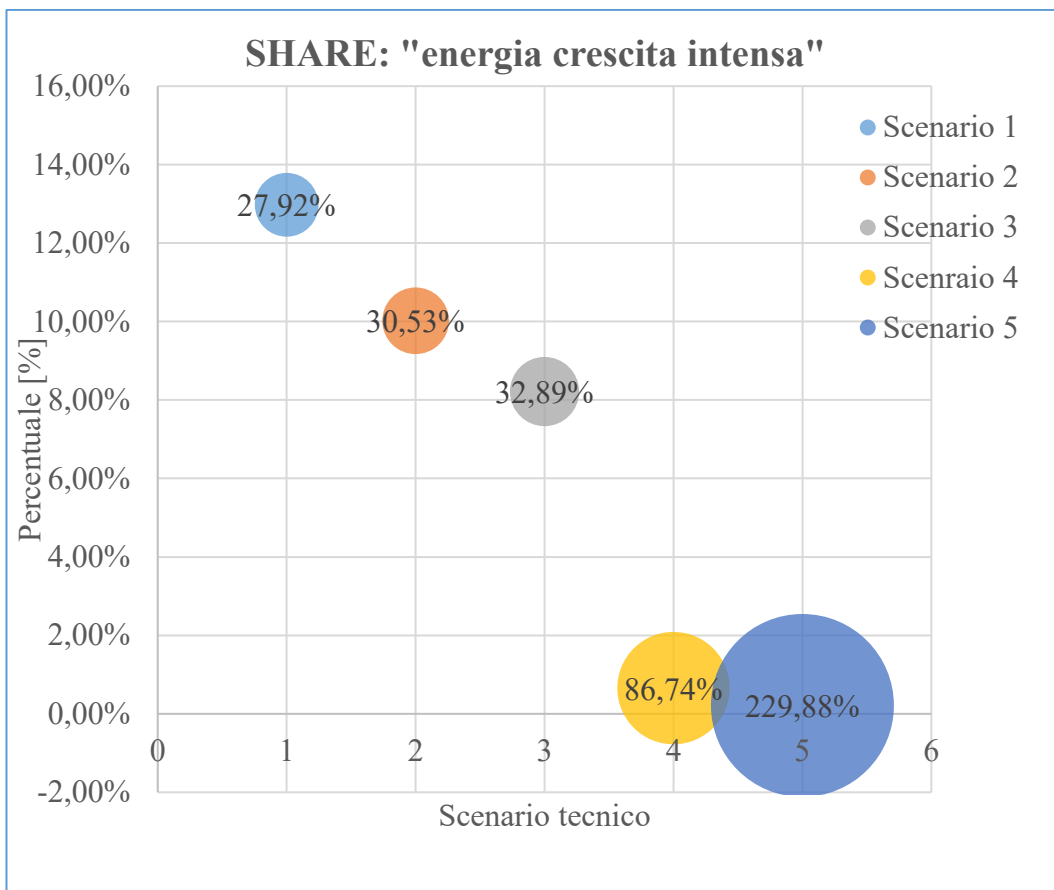


Tabella 87

## Stagflazione

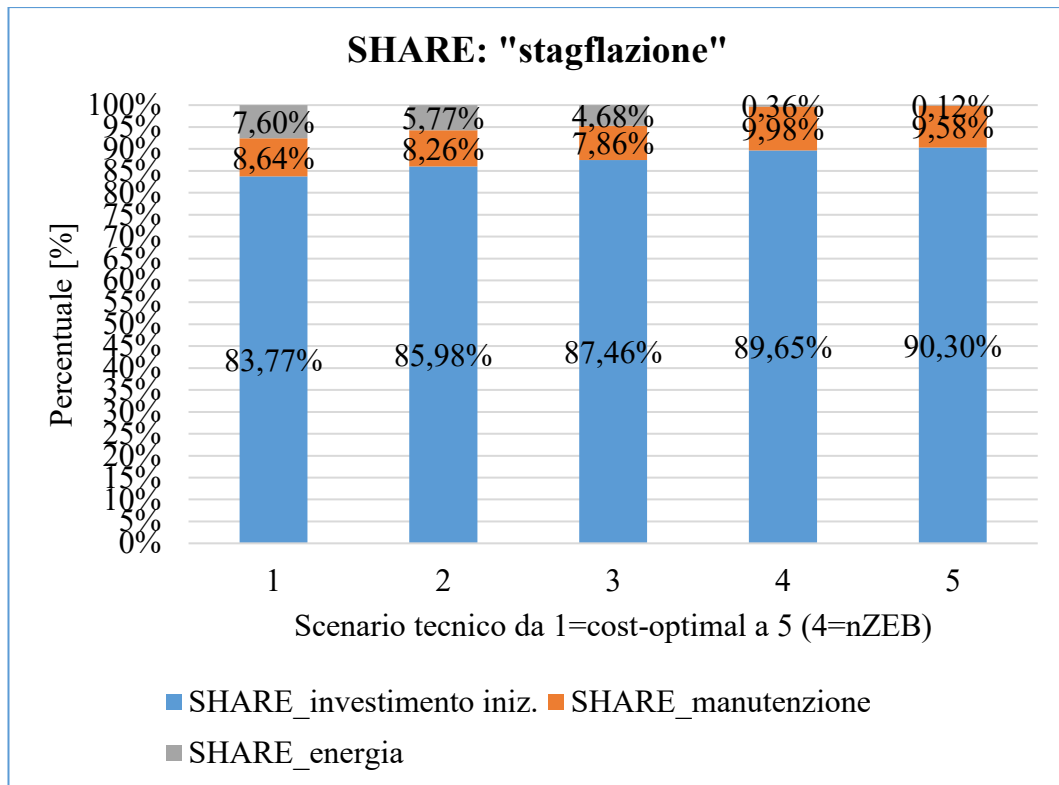


Tabella 88

Nella zona climatica C, dalla *tabella 88* relativa allo scenario “stagflazione”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa l’84% a circa il 90%. Negli scenari C1, C2 e C3, la percentuale del costo di manutenzione varia da circa l’8% al 9%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 7,60% in C1 a 4,68% in C3. Negli scenari C4 e C5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 90%) e di manutenzione (circa 10%).

Confrontando lo scenario “stagflazione” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento aumenta di quasi 8 punti percentuali nei primi scenari tecnici e di circa 4 punti negli ultimi due;
- lo share dei costi energetici diminuisce di circa 6 punti percentuali nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.

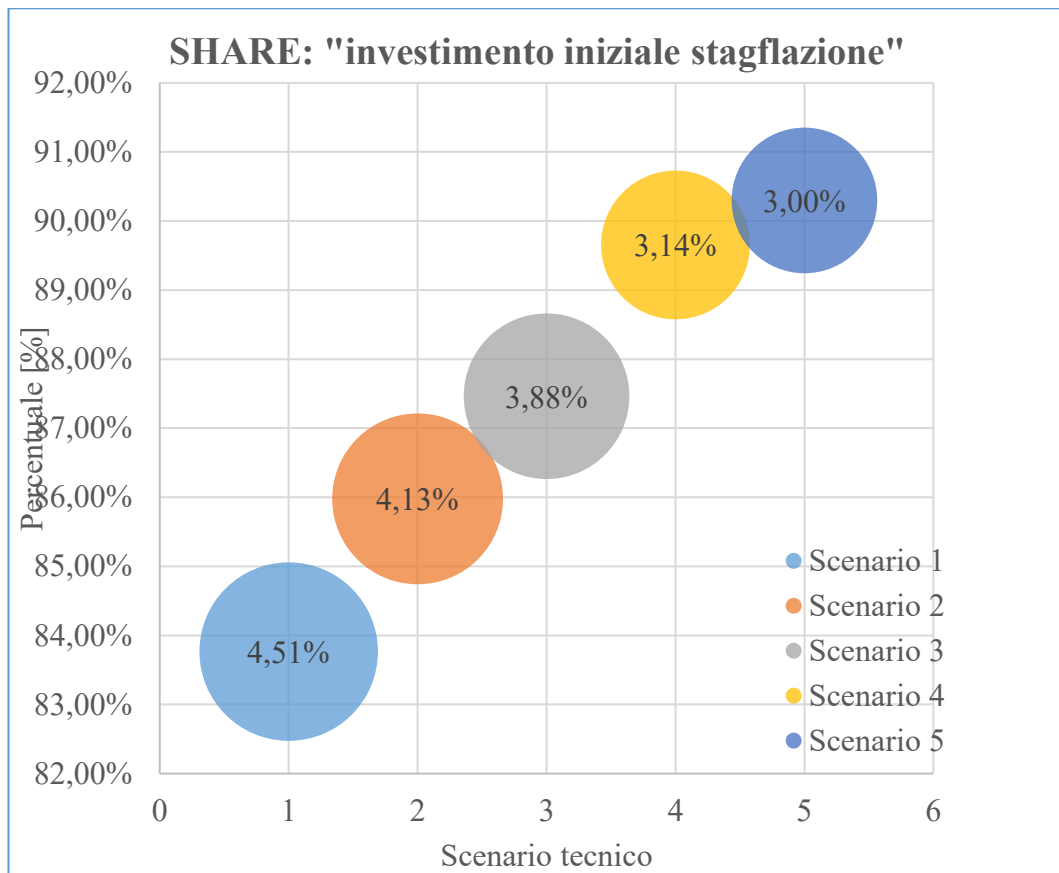


Tabella 89

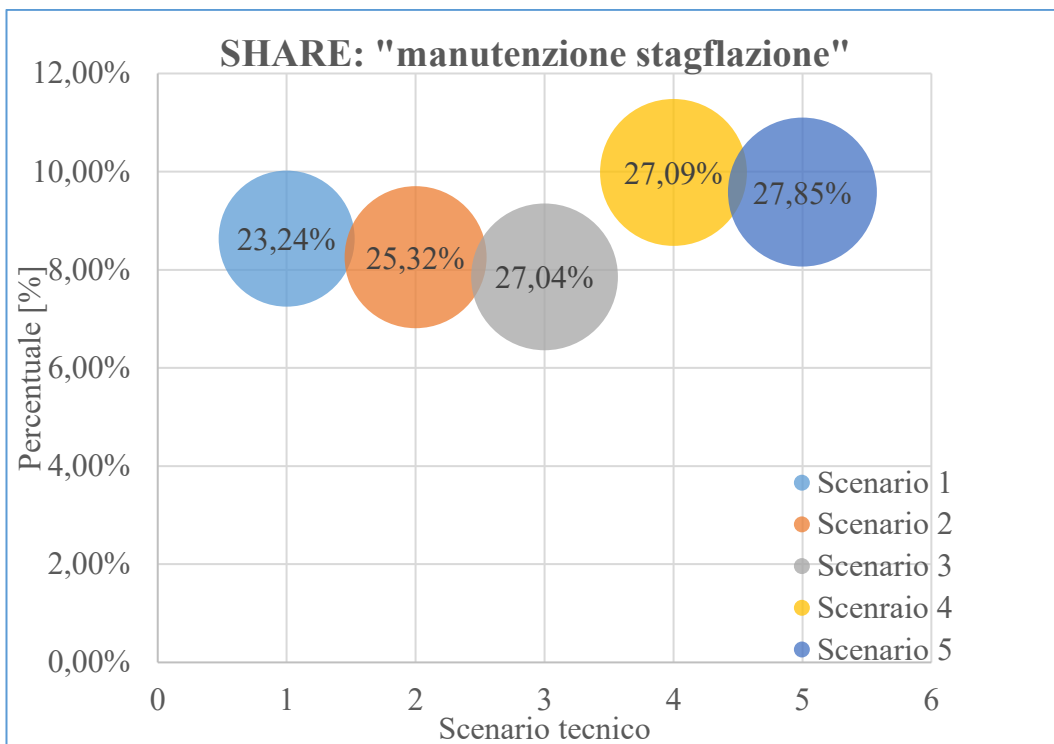


Tabella 90

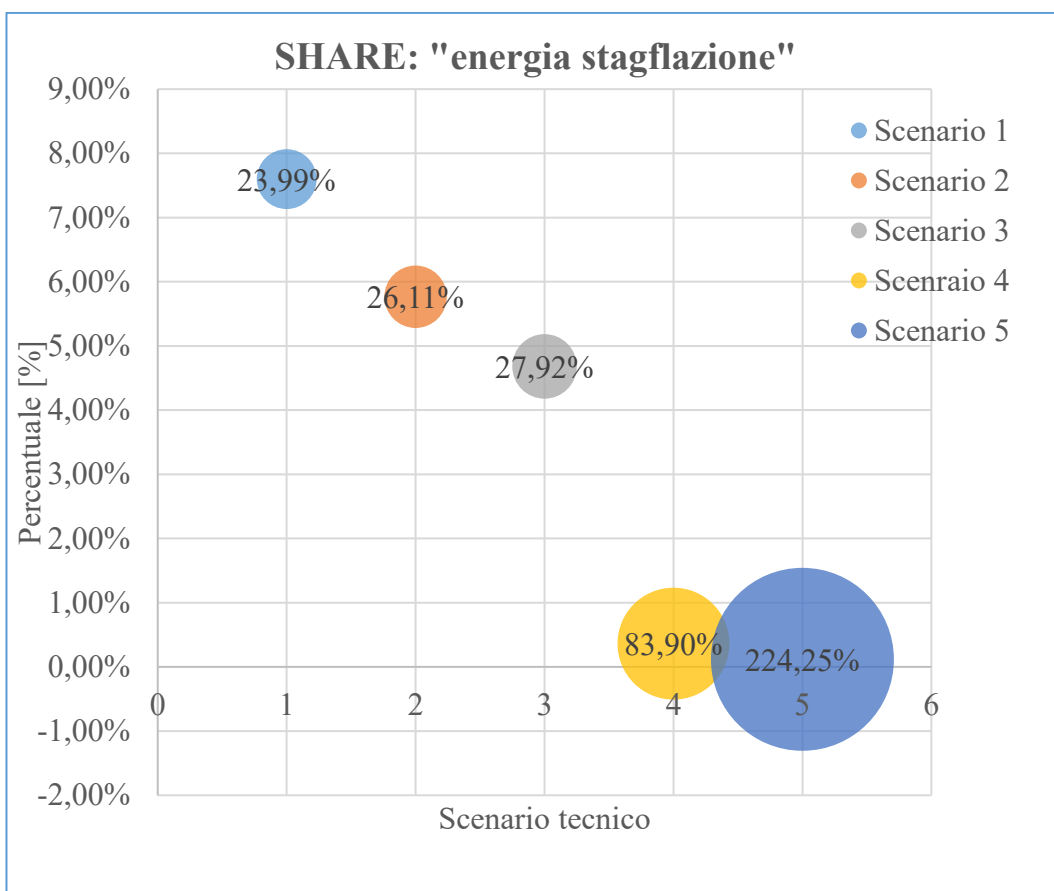


Tabella 91



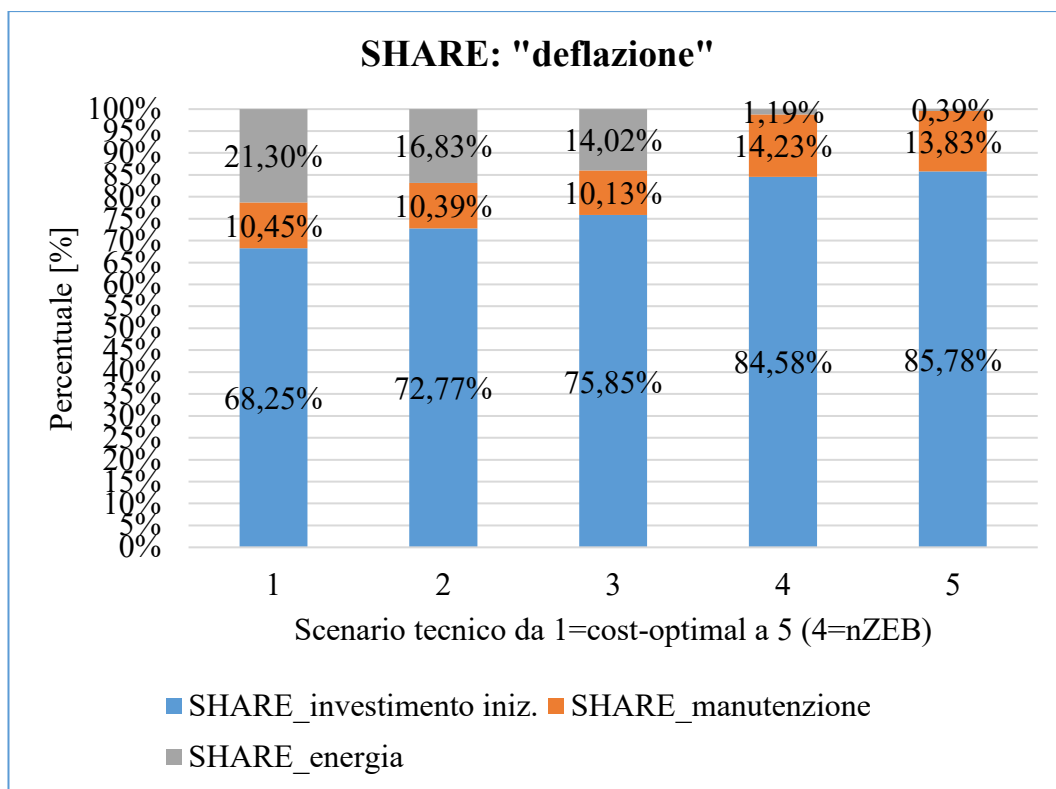


Tabella 92

Nella zona climatica C, dalla *tabella 92* relativa allo scenario “deflazione”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 68% a circa l’86%. Negli scenari C1, C2 e C3, la percentuale del costo di manutenzione varia intorno al 10%, mentre la percentuale del costo energetico varia dal 21,30% in C1 a 14,02% in C3. Negli scenari C4 e C5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 85%) e di manutenzione (circa 14%).

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento diminuiscono di 5 punti percentuali nei primi 3 scenari, mentre rimangono inalterati negli altri;
- lo share dei costi energetici aumentano di circa 7 punti percentuali nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.

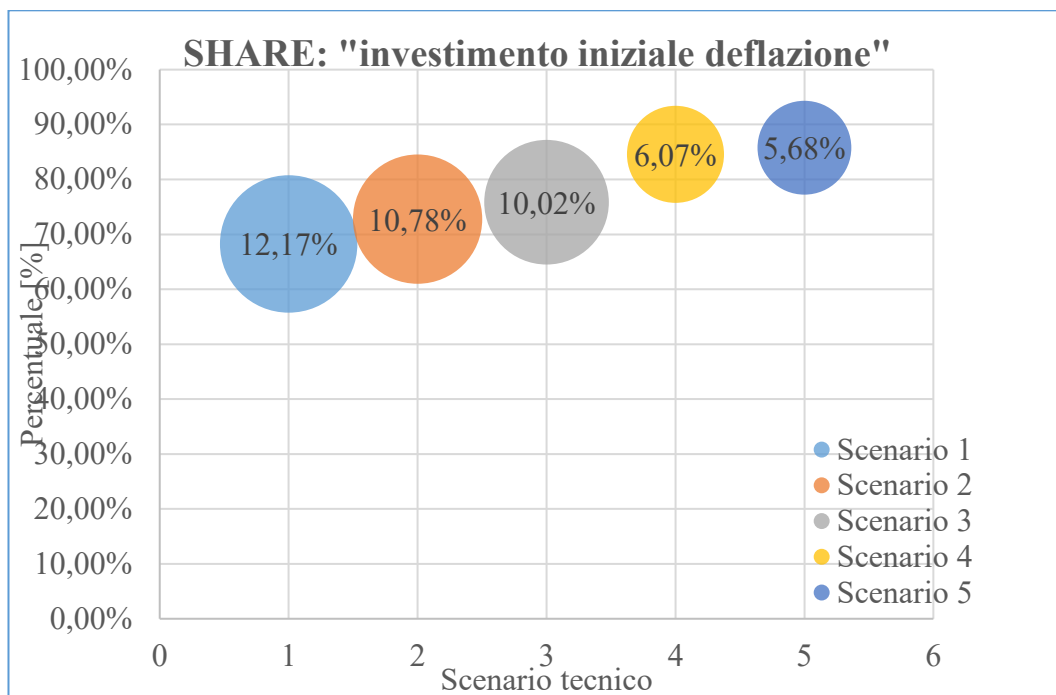


Tabella 93

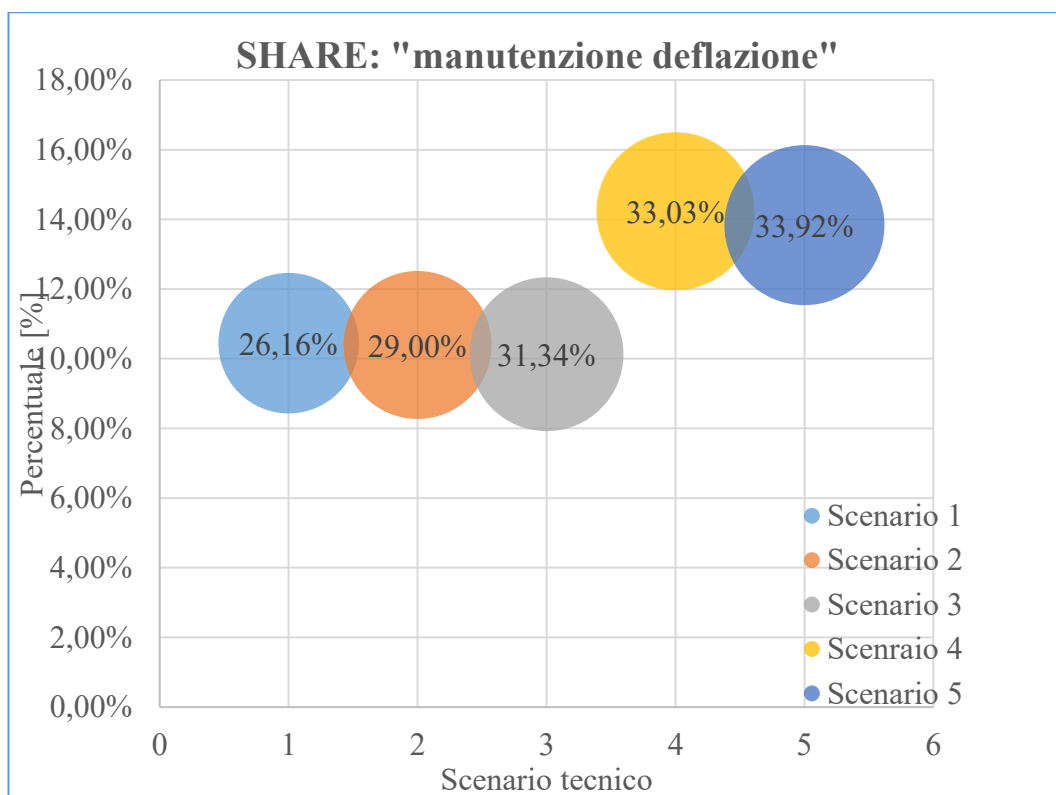


Tabella 94

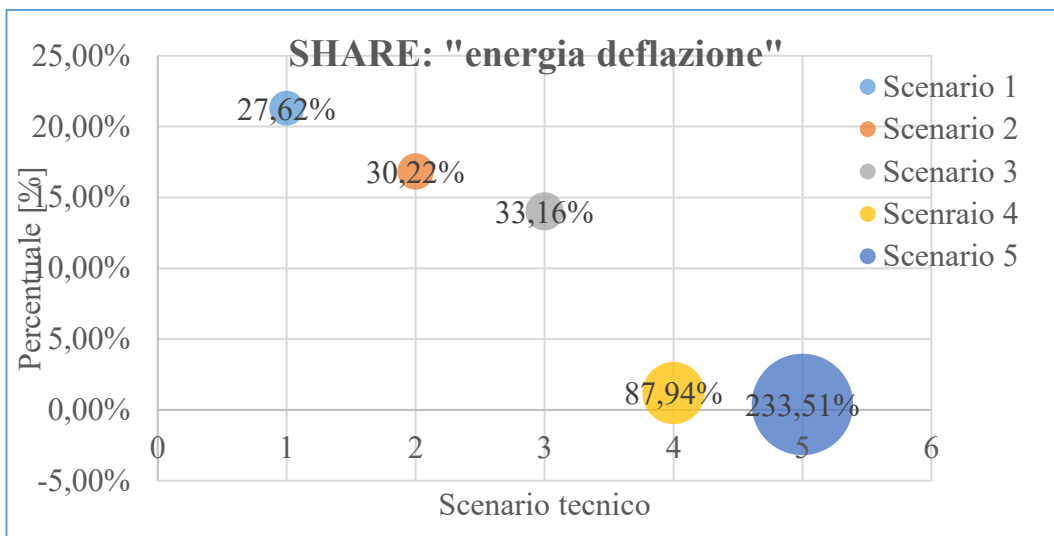


Tabella 95

Riepilogo

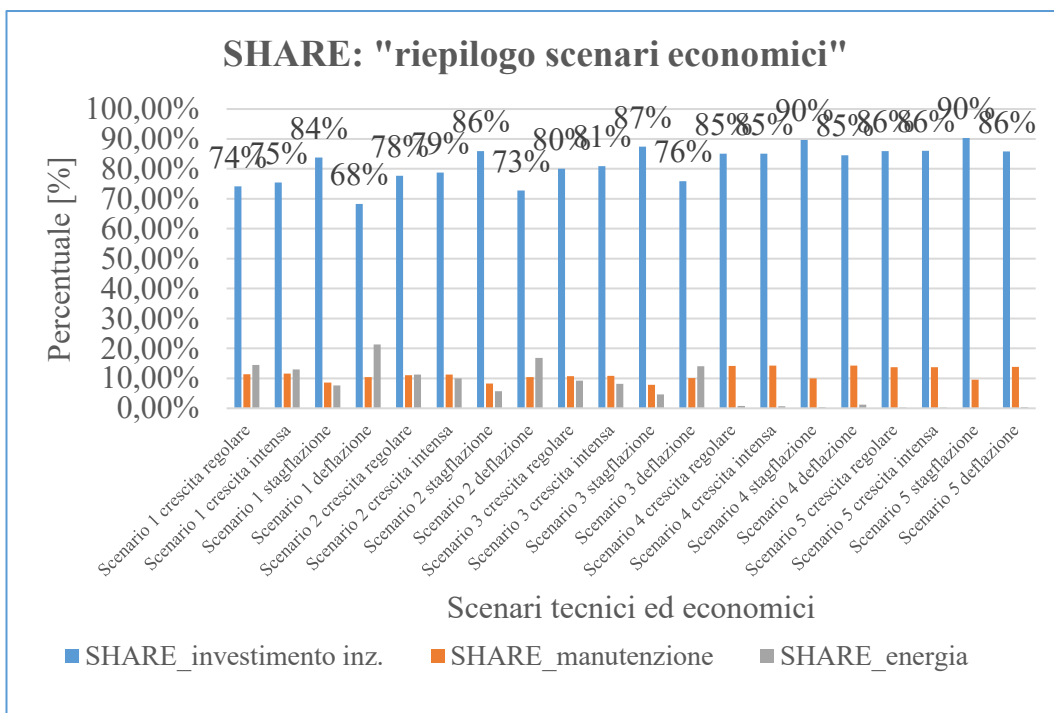


Tabella 96

Come analizzato nei relativi grafici soprastanti, lo scenario “stagflazione” comporta incremento degli share dei costi di investimento e una riduzione degli share dei costi manutentivi ed energetici, mentre lo scenario “deflazione” comporta una riduzione delle percentuali dei costi di investimento e un aumento degli altri due. Questi due aspetti sono meno evidenti negli scenari 4 e 5 dove il valore assoluto degli investimenti è più alto e, inoltre, lo share dei costi energetici e quasi nullo.

### IV.3.3 Zona Climatica "D"

#### Crescita regolare

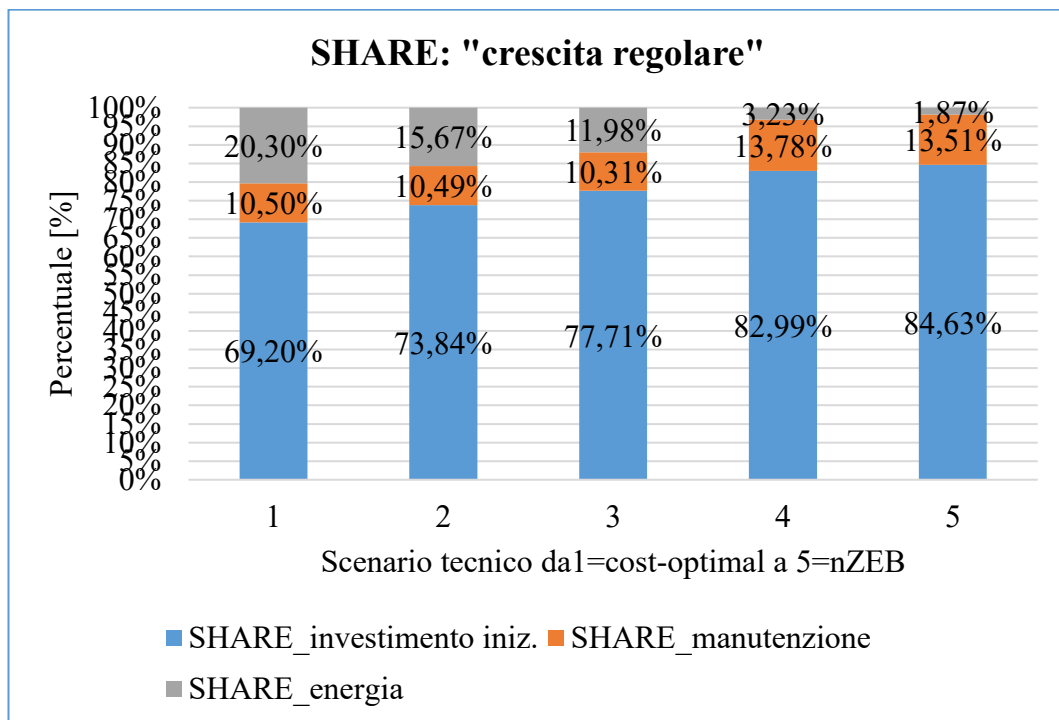


Tabella 97

Nella zona climatica D, dalla *tabella 97* relativa allo scenario "crescita regolare", si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 69% a circa l'85%. Negli scenari D1, D2 e D3, la percentuale del costo di manutenzione varia intorno al 10%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 20,30% in D1 a 11,98% in D3. Negli scenari D4 e D5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo "spazio" viene ricoperto dall'incremento dei costi di investimento (circa 83%) e di manutenzione (circa 14%).

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.

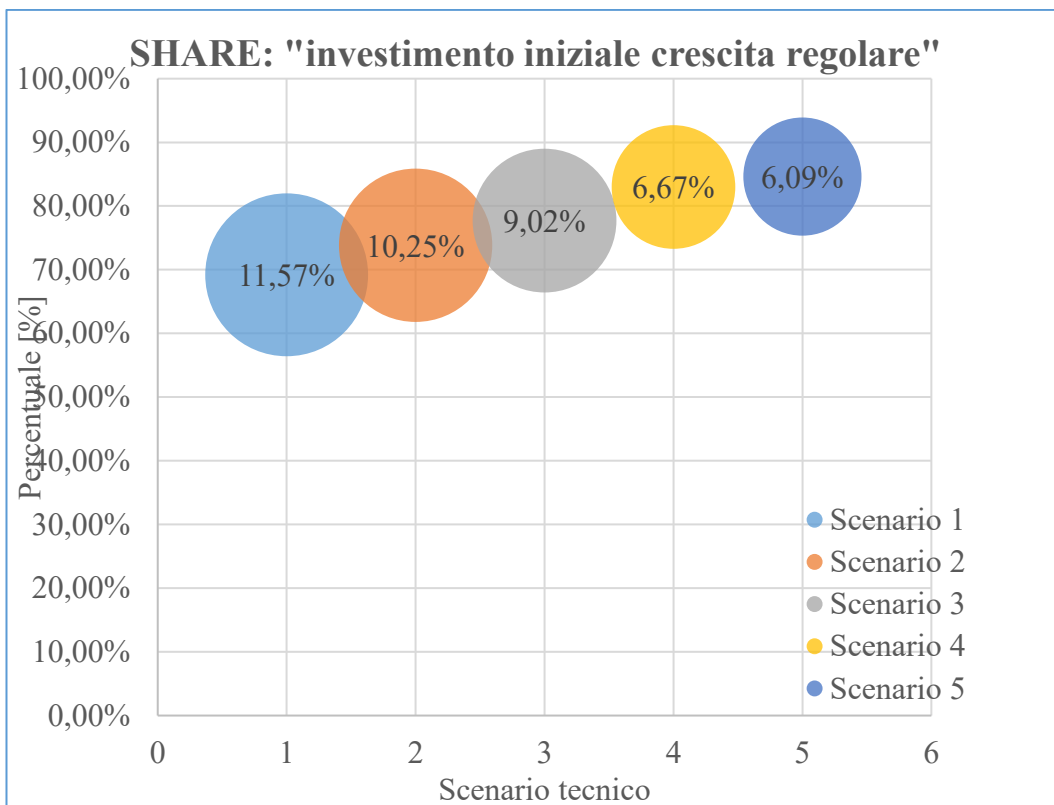


Tabella 98

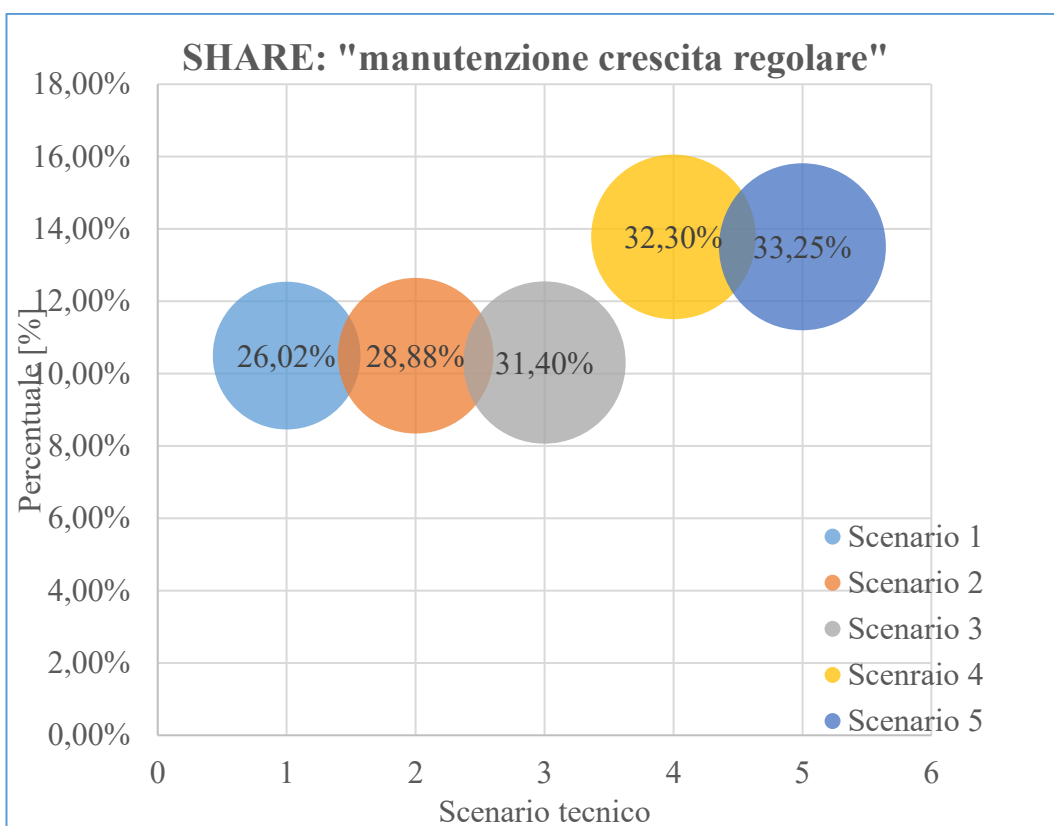


Tabella 99

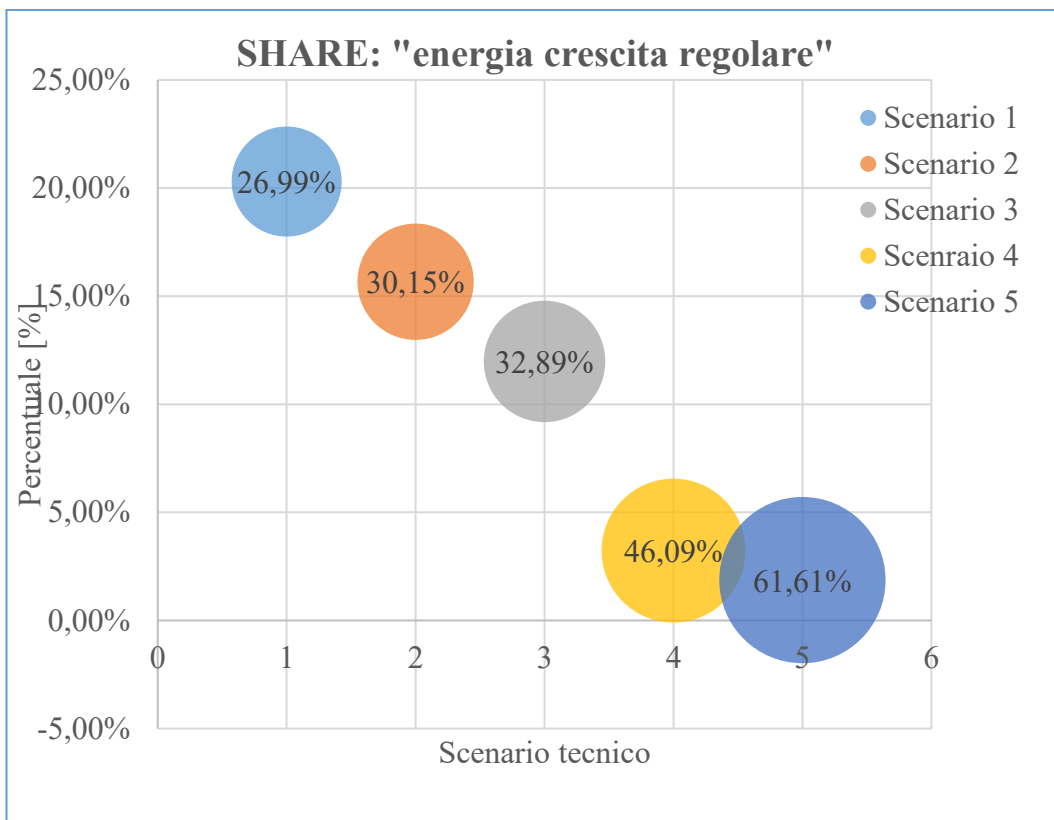


Tabella 100

Crescita intensa

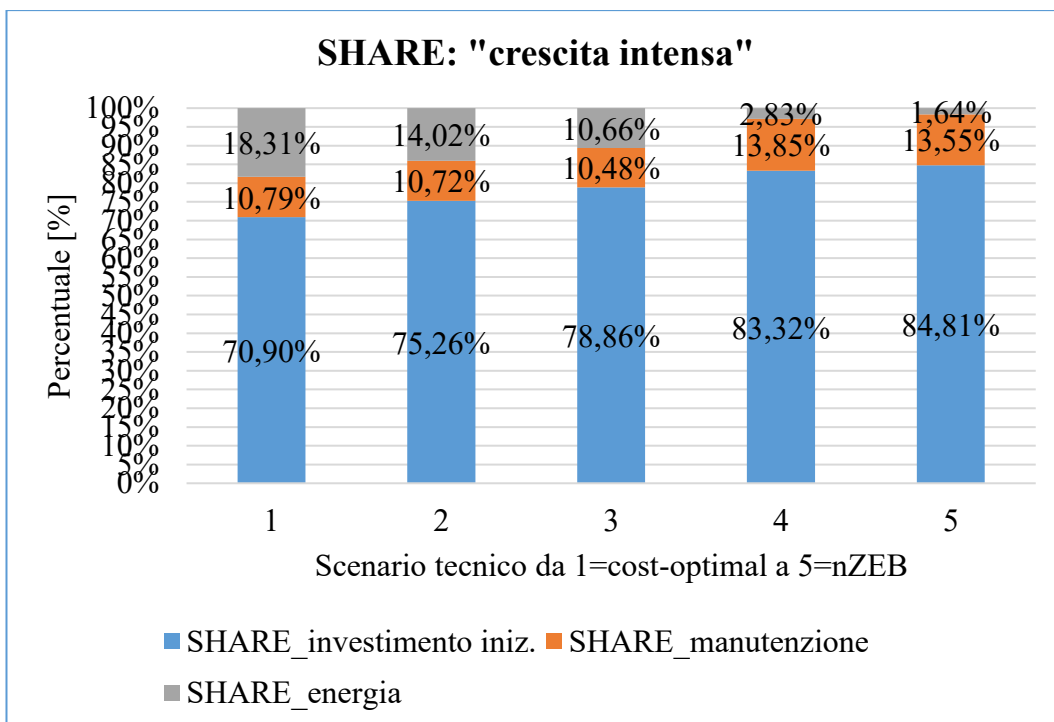


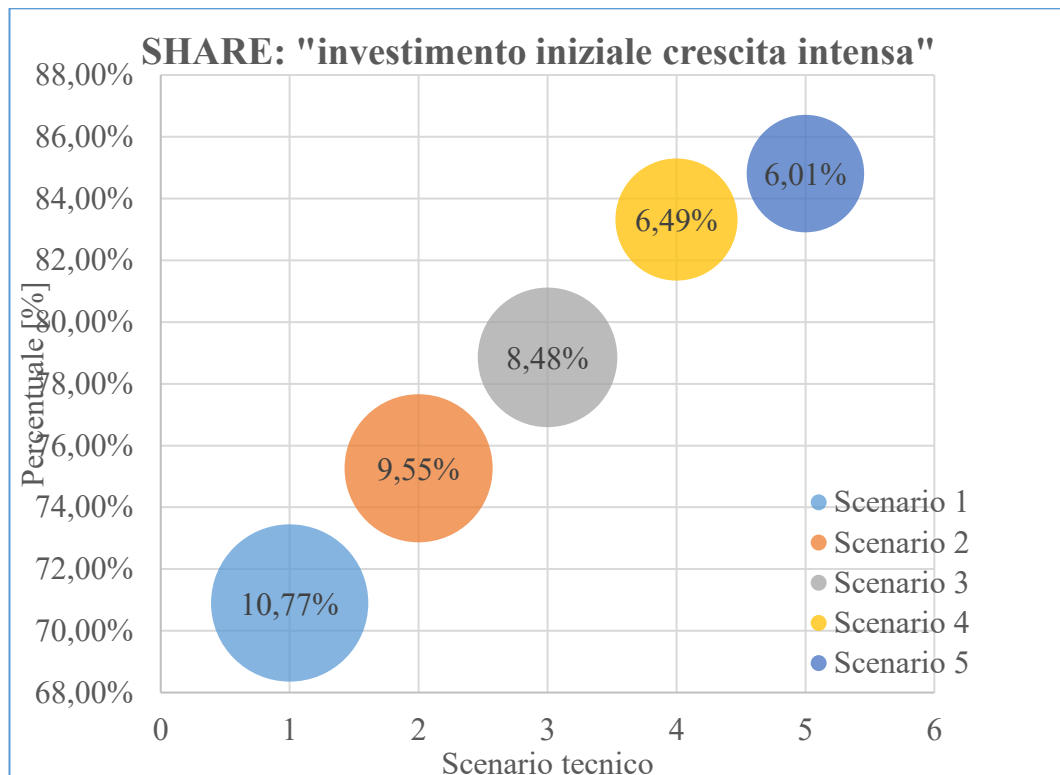
Tabella 101

Nella zona climatica D, dalla *tabella 101* relativa allo scenario “crescita intensa”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 71% a circa l’85%. Negli scenari D1, D2 e D3, la percentuale del costo di manutenzione varia da circa l’11% al 10%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 18,31% in D1 fino al 10,66% in D3. Negli scenari D4 e D5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 84%) e di manutenzione (circa 14%).

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento aumenta di 1 punto percentuale;
- lo share dei costi energetici diminuisce di circa 1 punto percentuale nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.



*Tabella 102*

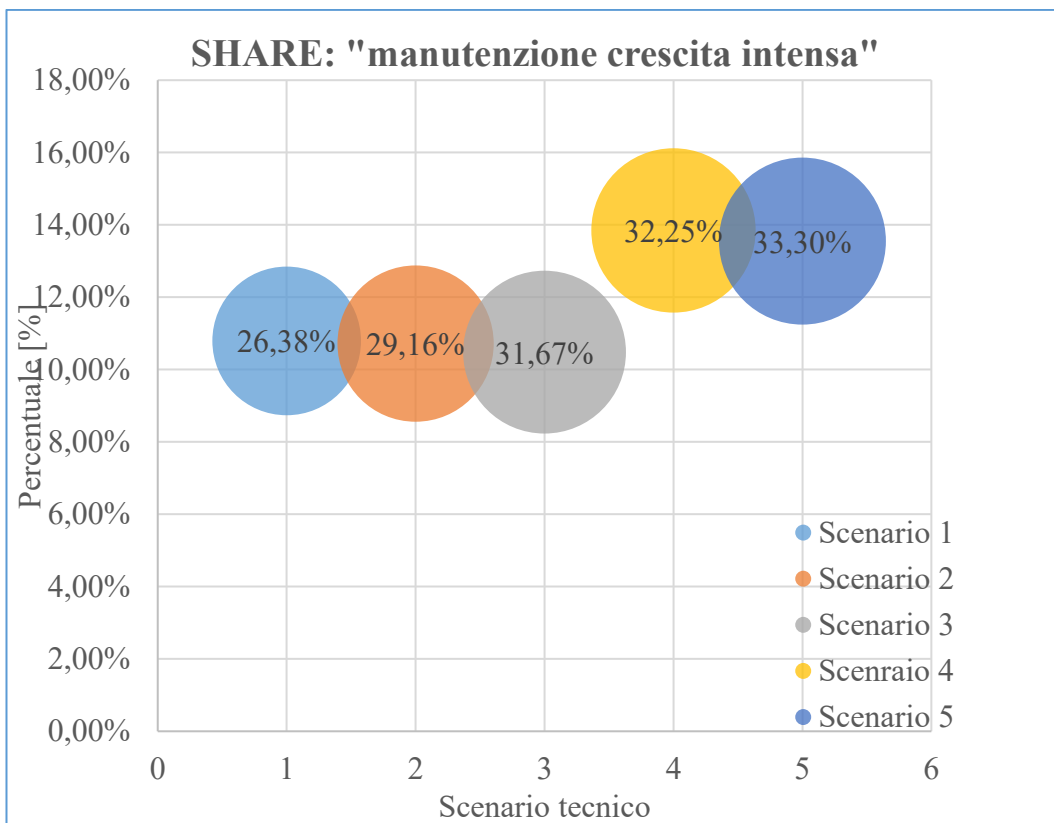


Tabella 103

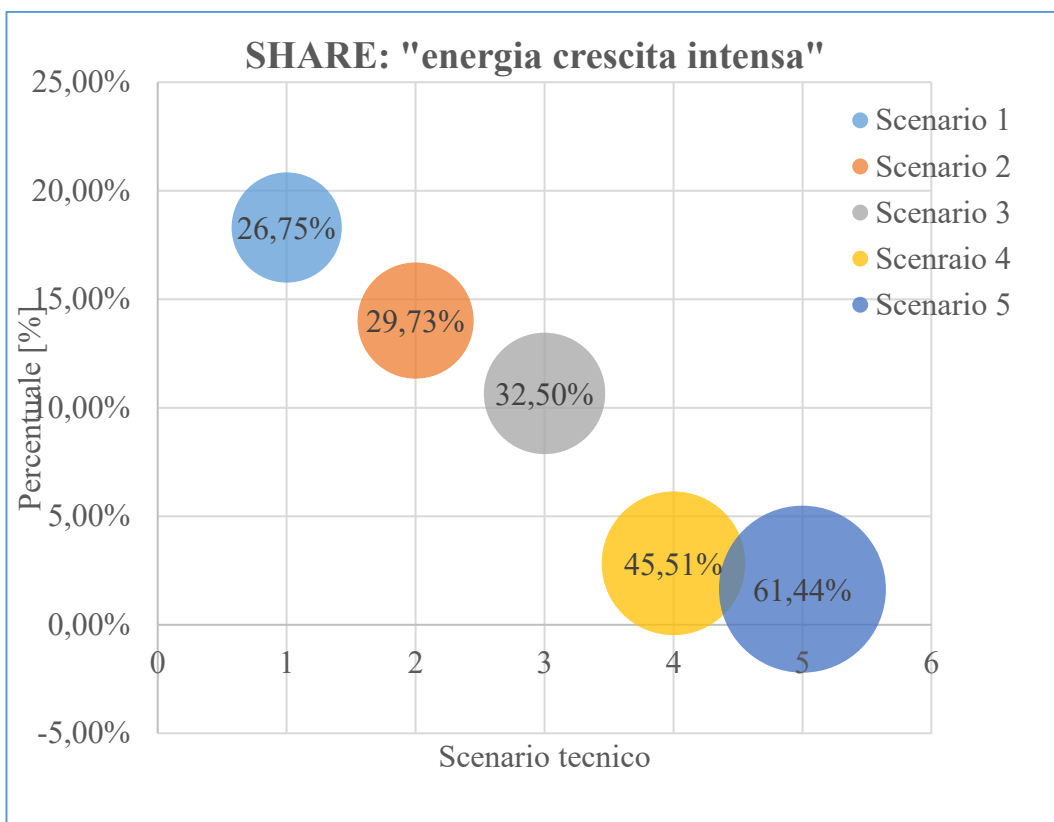


Tabella 104



## Stagflazione

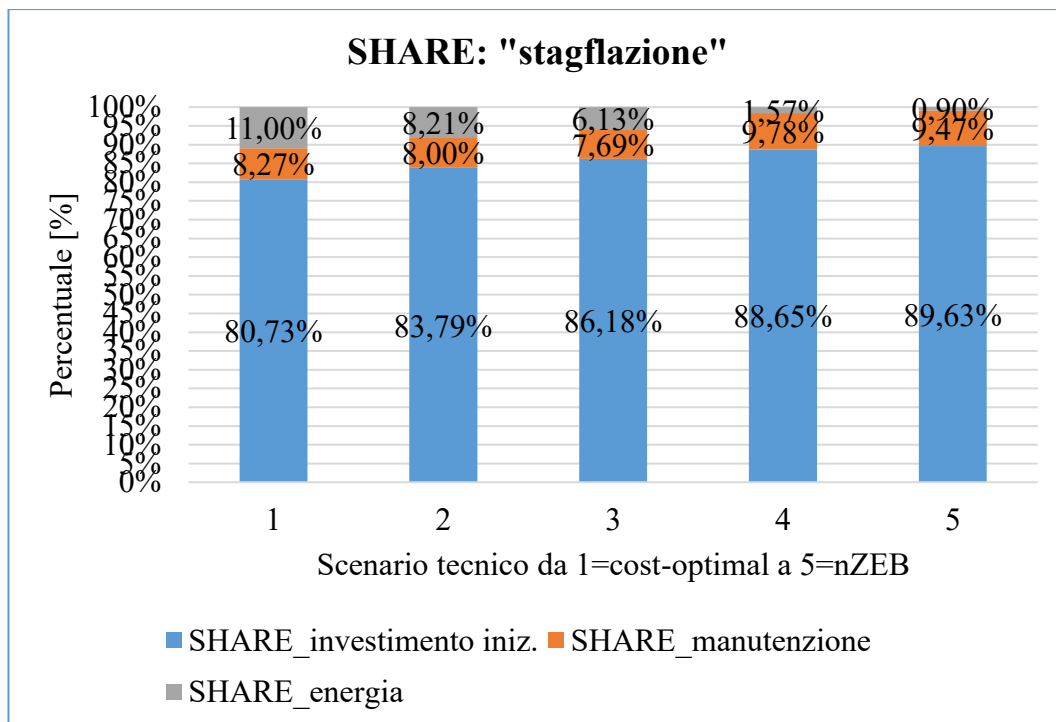


Tabella 105

Nella zona climatica D, dalla *tabella 105* relativa allo scenario “stagflazione”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa l’81% a circa il 90%. Negli scenari D1, D2 e D3, la percentuale del costo di manutenzione varia intorno all’8%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 11,00% in D1 a 6,13% in D3. Negli scenari D4 e D5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 89%) e di manutenzione (circa 10%).

Confrontando lo scenario “stagflazione” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento aumenta di quasi 10 punti percentuali nei primi scenari tecnici e di circa 5 punti negli ultimi due;
- lo share dei costi energetici diminuisce di circa 7 punti percentuali nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.

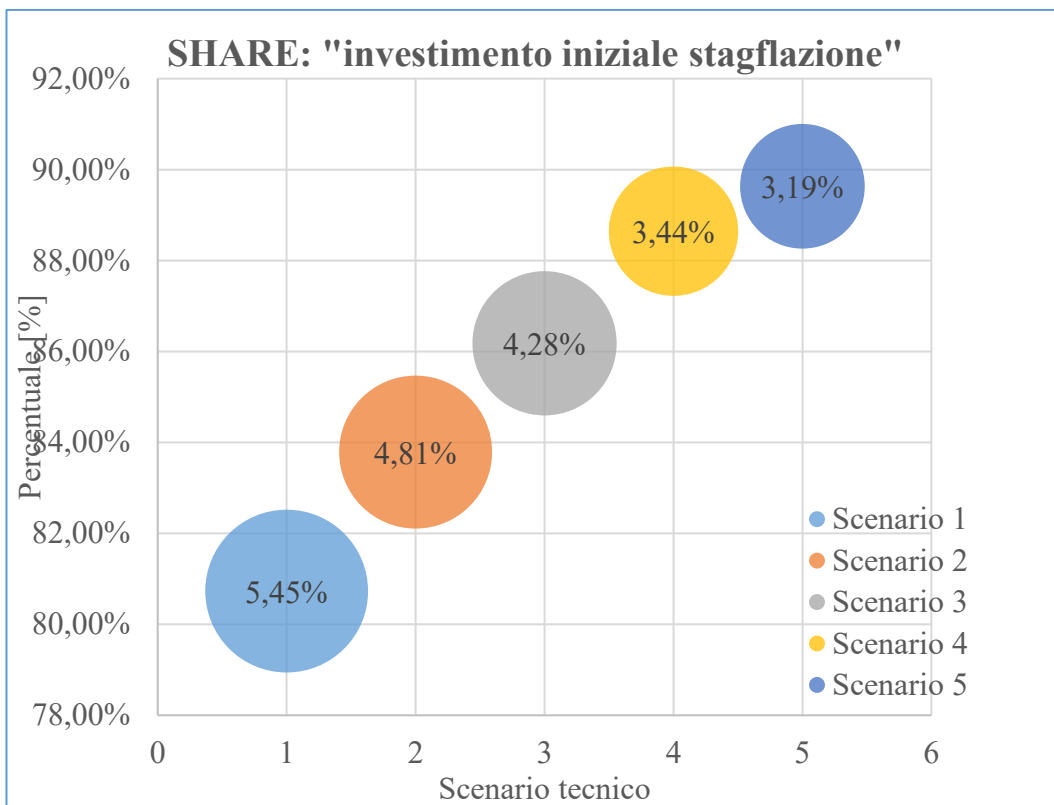


Tabella 106

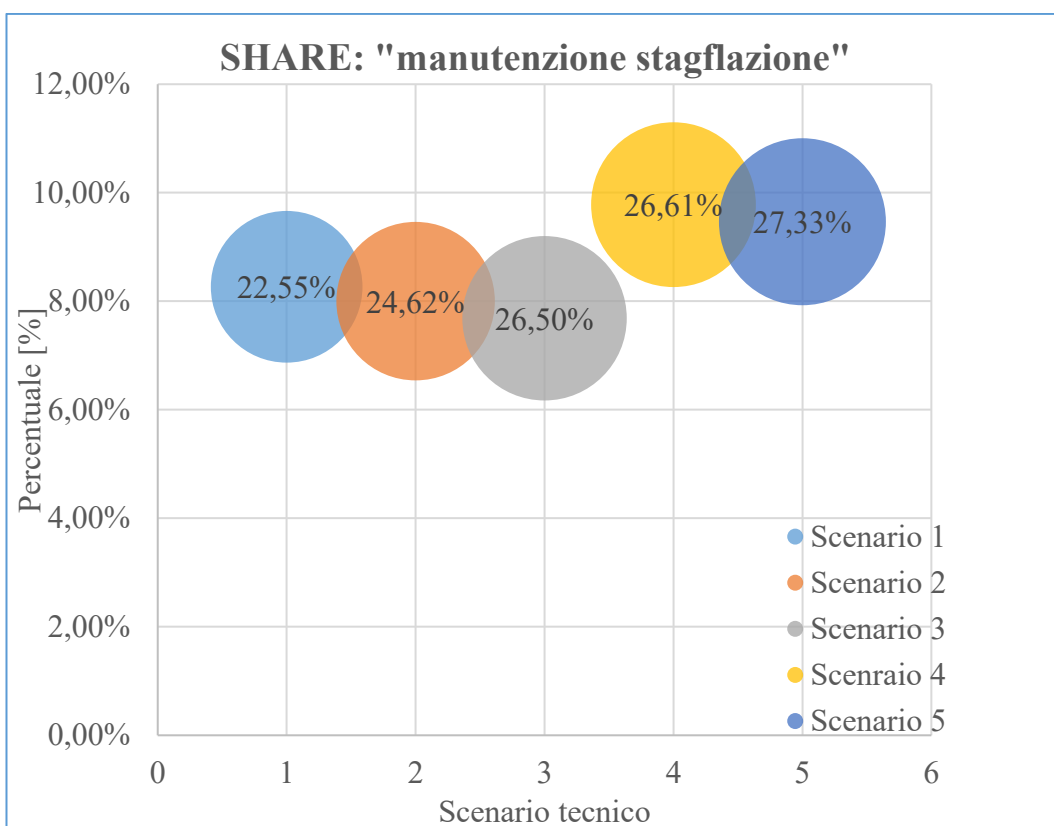


Tabella 107

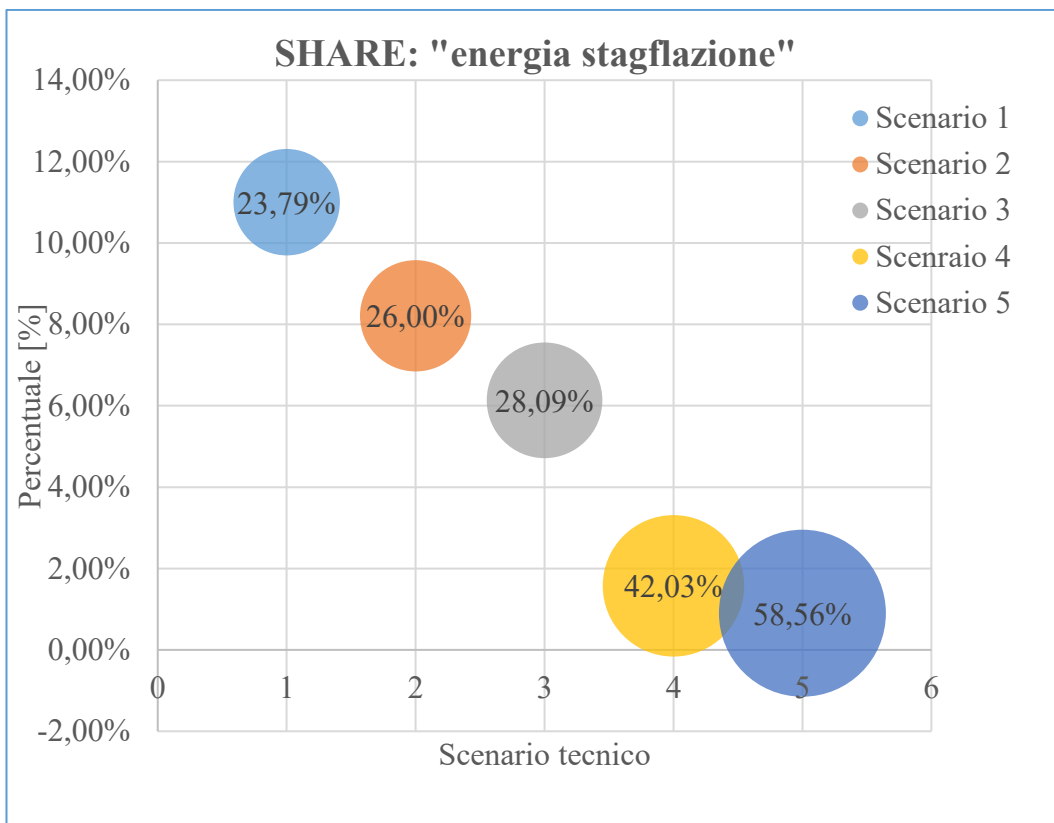


Tabella 108

Deflazione

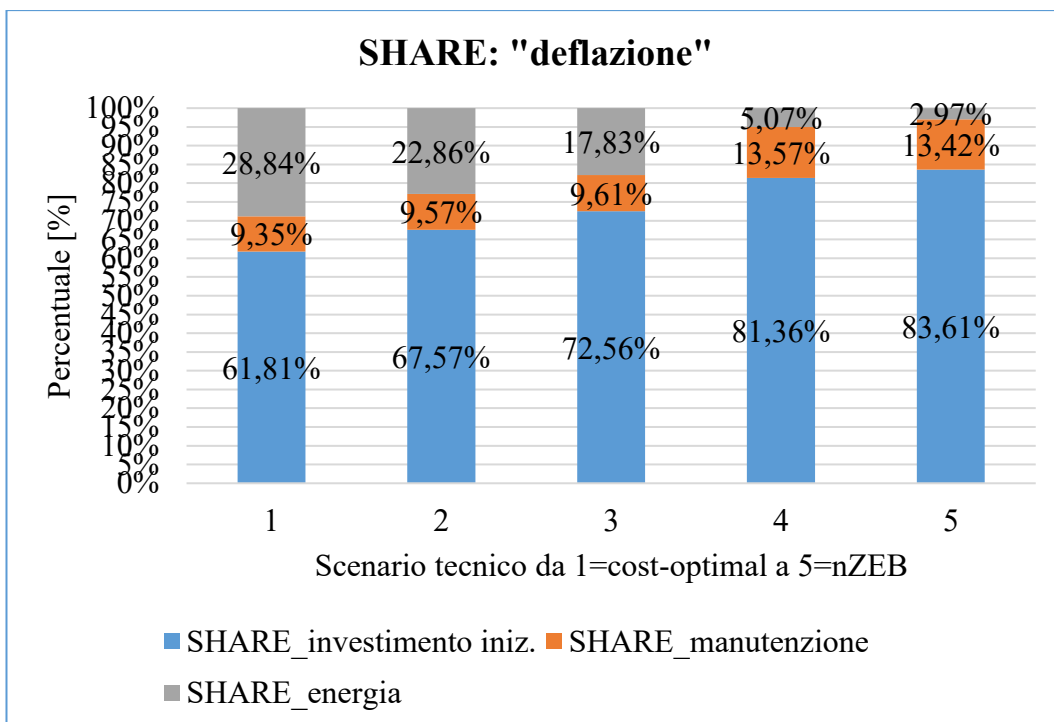


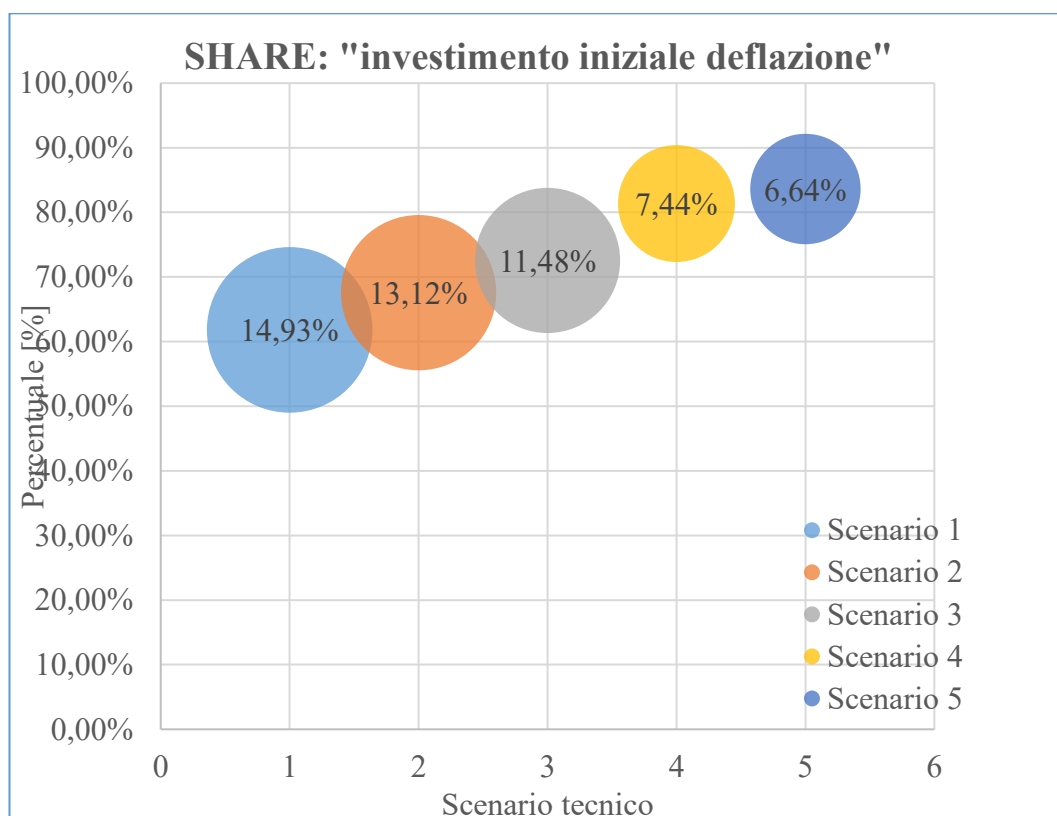
Tabella 109

Nella zona climatica D, dalla *tabella 109* relativa allo scenario “deflazione”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 62% a circa l’84%. Negli scenari D1, D2 e D3, la percentuale del costo di manutenzione varia intorno al 9%, mentre la percentuale del costo energetico varia dal 28,84% in D1 a 17,83% in D3. Negli scenari D4 e D5, invece, il costo energetico quasi si azzerà; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 82%) e di manutenzione (circa 14%).

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento diminuiscono di 6 punti percentuali nei primi 3 scenari, mentre rimangono inalterati negli altri;
- lo share dei costi energetici aumentano di circa 7 punti percentuali nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.



*Tabella 110*

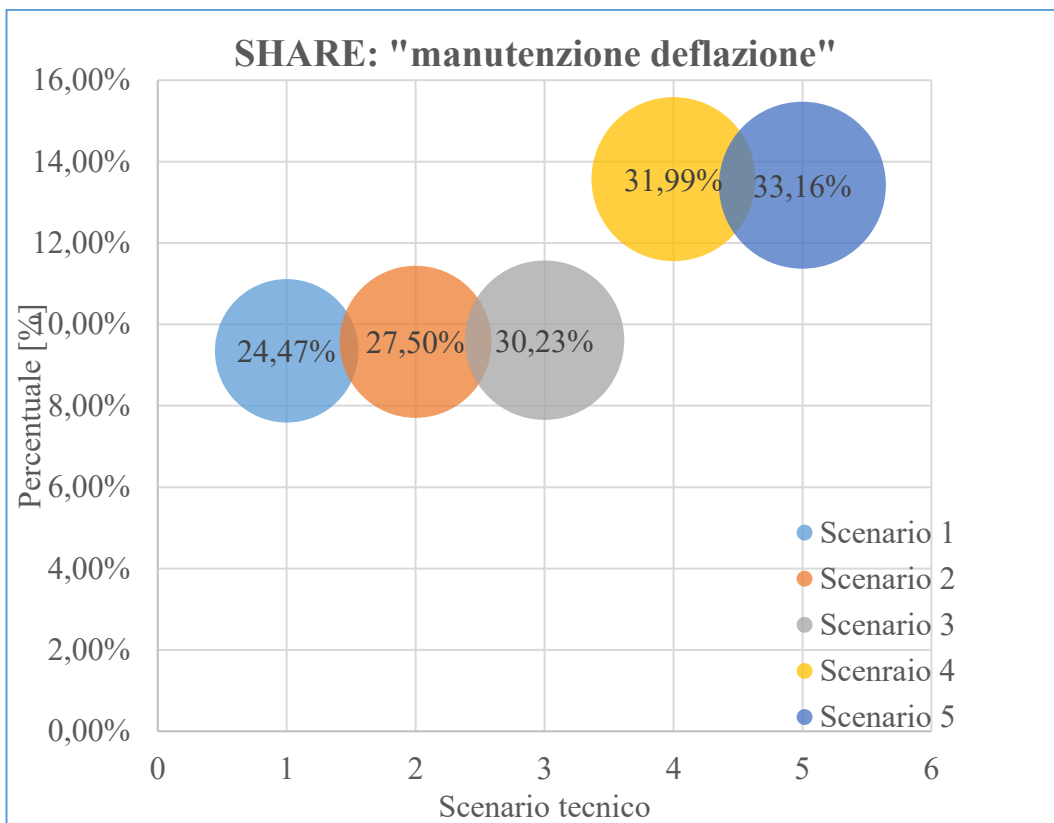


Tabella 111

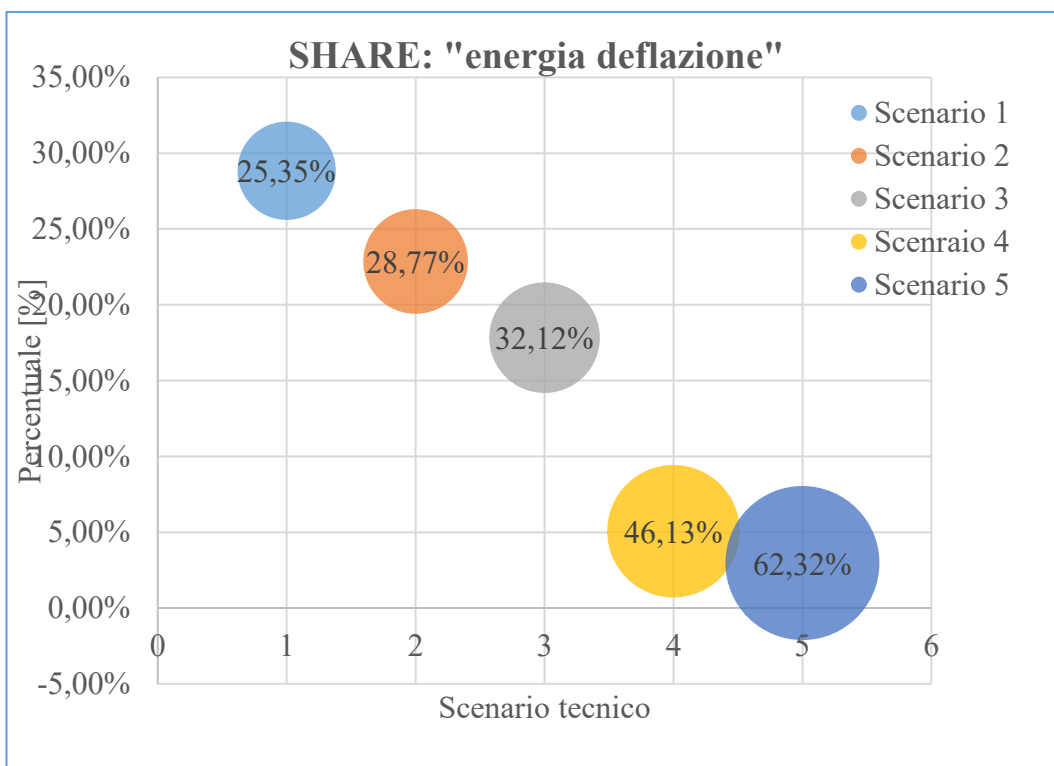


Tabella 112

Riepilogo

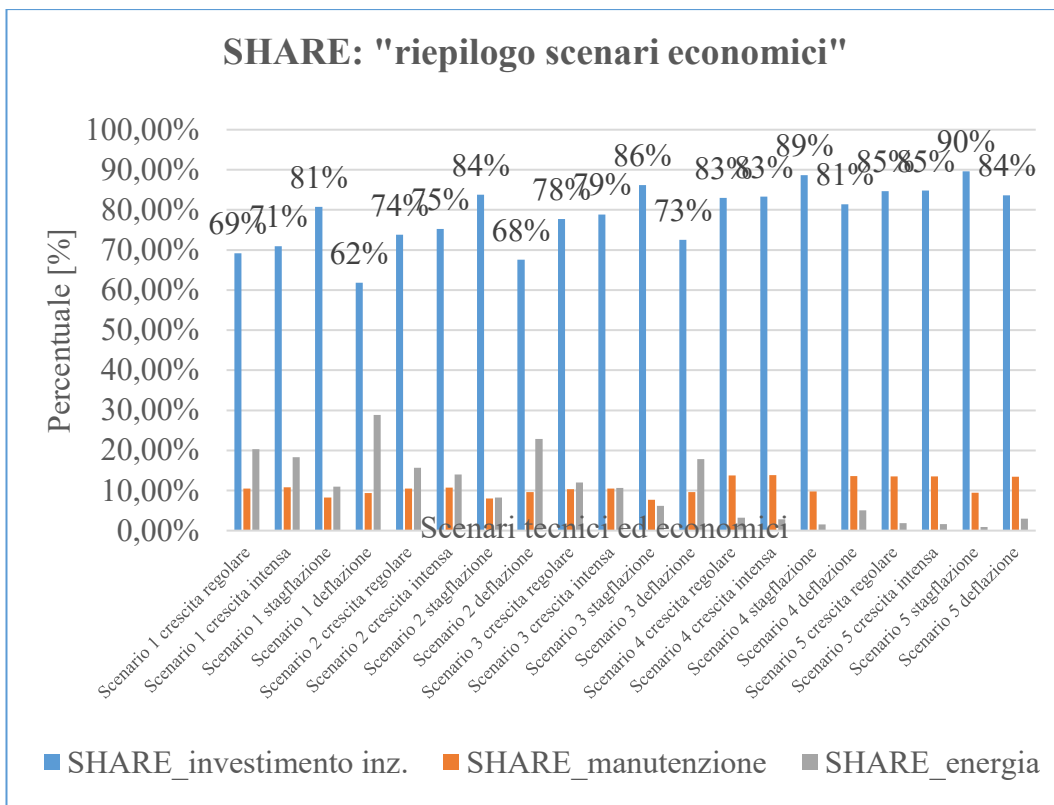


Tabella 113

Come analizzato nei relativi grafici soprastanti, lo scenario “stagflazione” comporta incremento degli share dei costi di investimento e una riduzione degli share dei costi manutentivi ed energetici, mentre lo scenario “deflazione” comporta una riduzione delle percentuali dei costi di investimento e un aumento degli altri due. Questi due aspetti sono meno evidenti negli scenari 4 e 5 dove il valore assoluto degli investimenti è più alto e, inoltre, lo share dei costi energetici è quasi nullo.

#### IV.3.4 Zona Climatica "E"

##### Crescita regolare

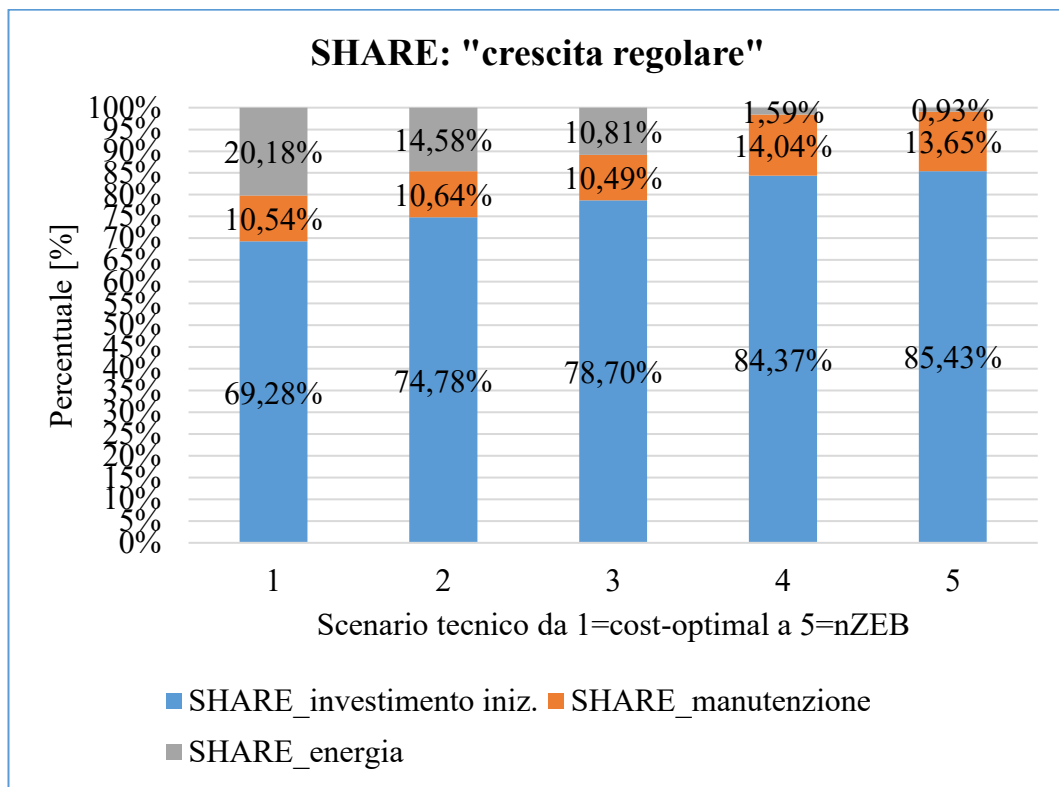


Tabella 114

Nella zona climatica E, dalla *tabella 114* relativa allo scenario "crescita regolare", si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 69% a circa l'85%. Negli scenari E1, E2 e E3, la percentuale del costo di manutenzione varia intorno al 10%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 20,18% in E1 a 10,81% in E3. Negli scenari E4 e E5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo "spazio" viene ricoperto dall'incremento dei costi di investimento (circa 85%) e di manutenzione (circa 14%).

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.

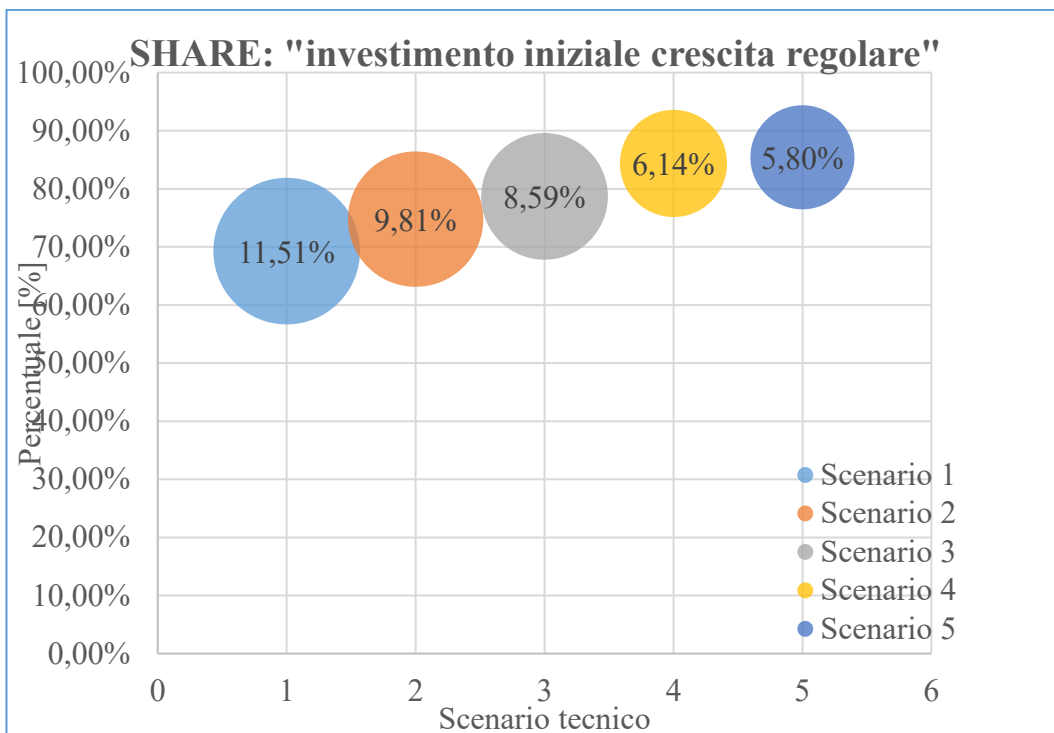


Tabella 115

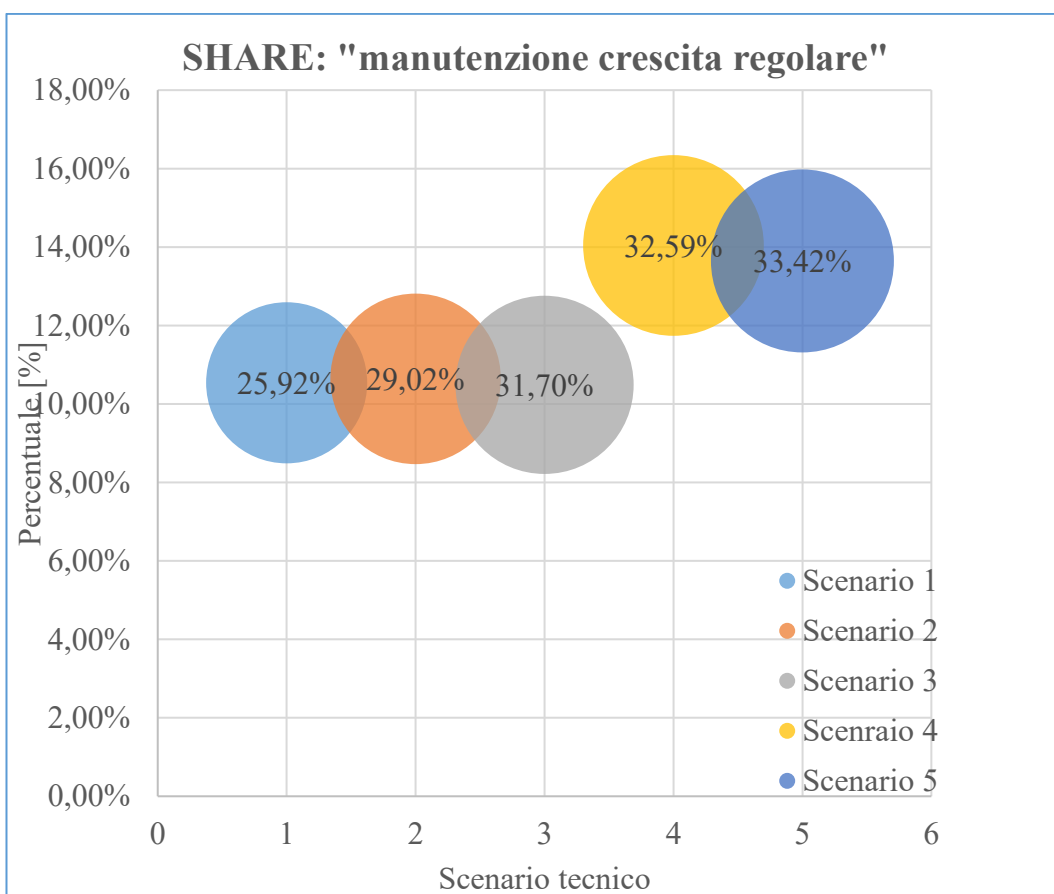


Tabella 116



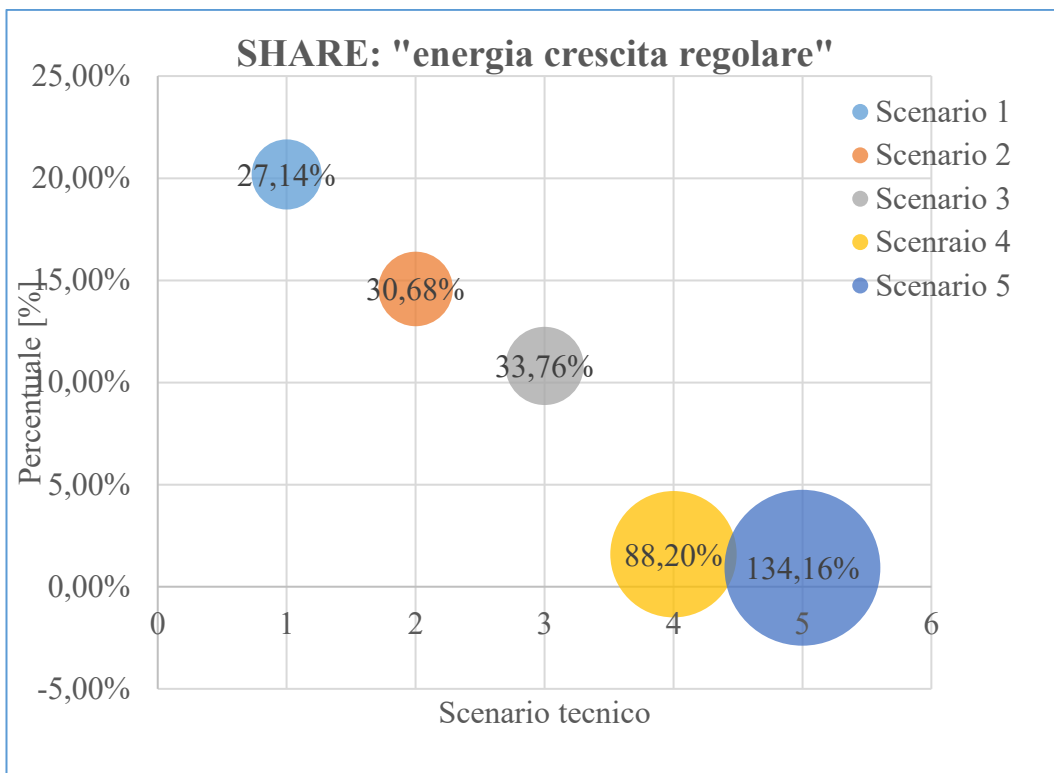


Tabella 117

*Crescita intensa*

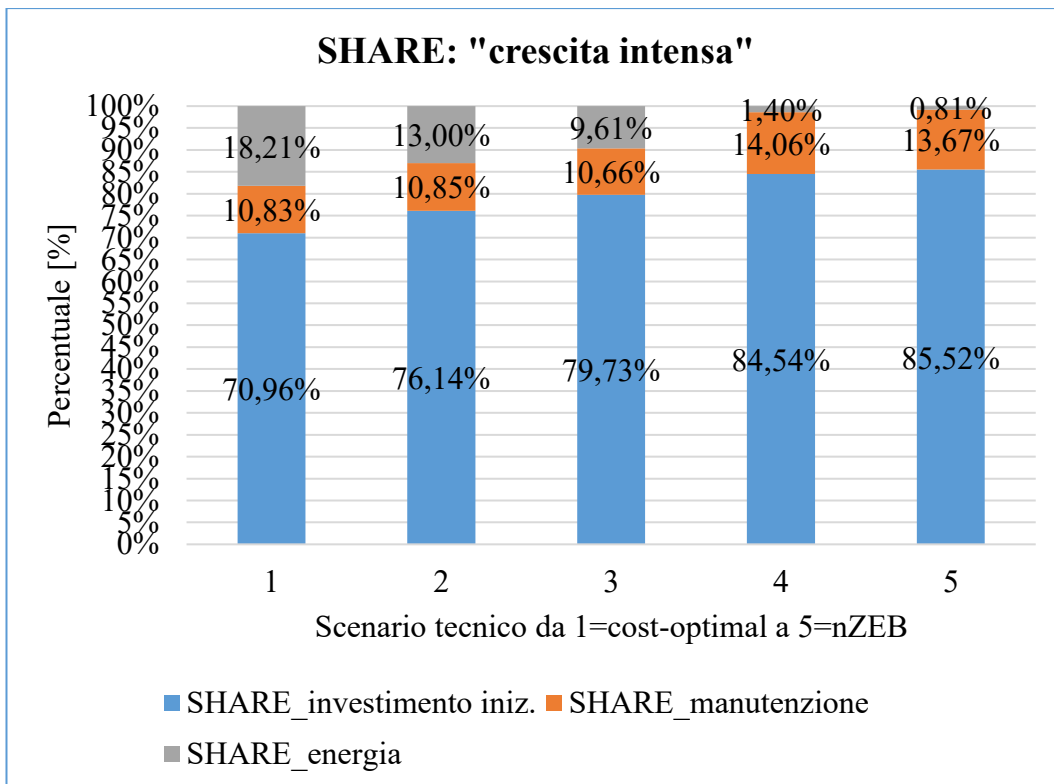


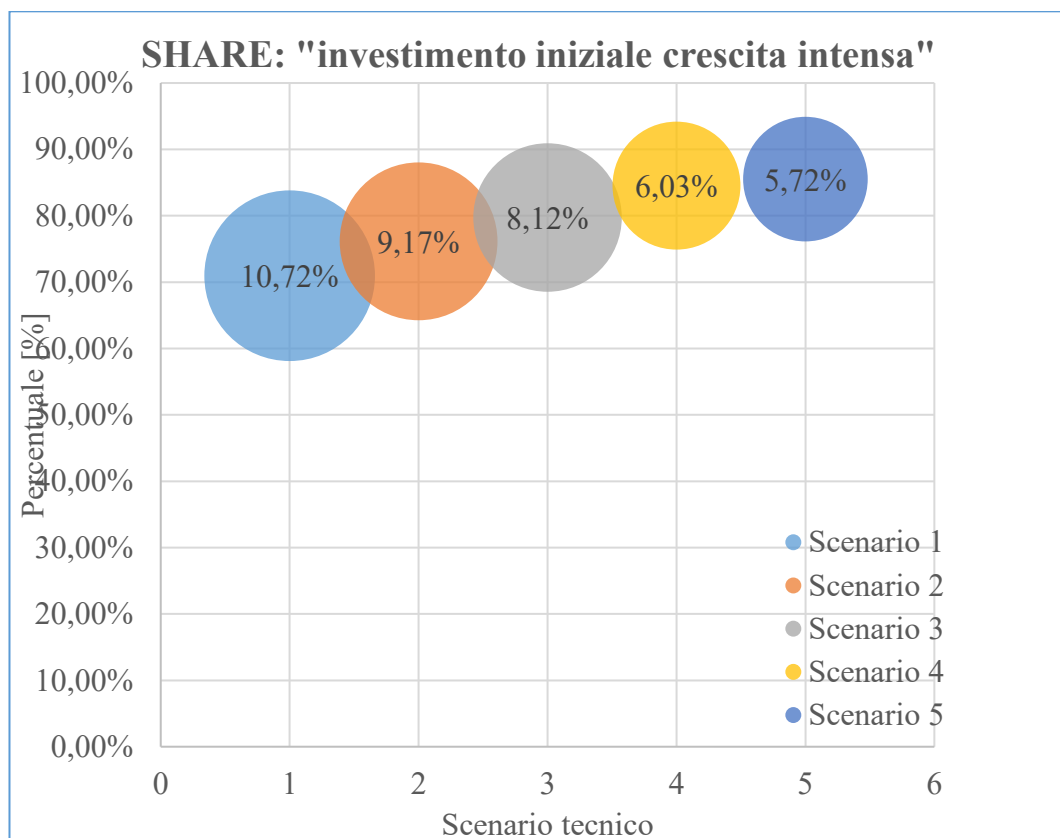
Tabella 118

Nella zona climatica E, dalla *tabella 118* relativa allo scenario “crescita intensa”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 71% a circa l’86%. Negli scenari E1, E2 e E3, la percentuale del costo di manutenzione varia intorno all’11%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 18,21% in E1 fino a 9,61% in E3. Negli scenari E4 e E5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 85%) e di manutenzione (circa 14%).

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento aumenta di 1 punto percentuale;
- lo share dei costi energetici diminuisce di circa 1 punto percentuale nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.



*Tabella 119*

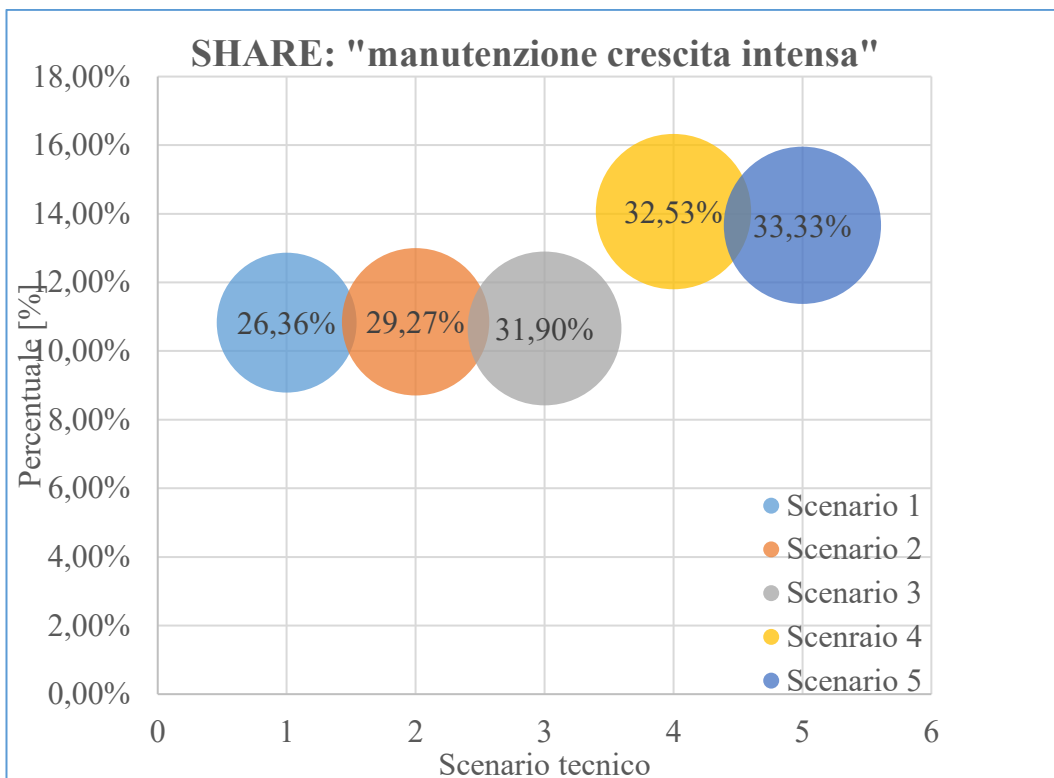


Tabella 120

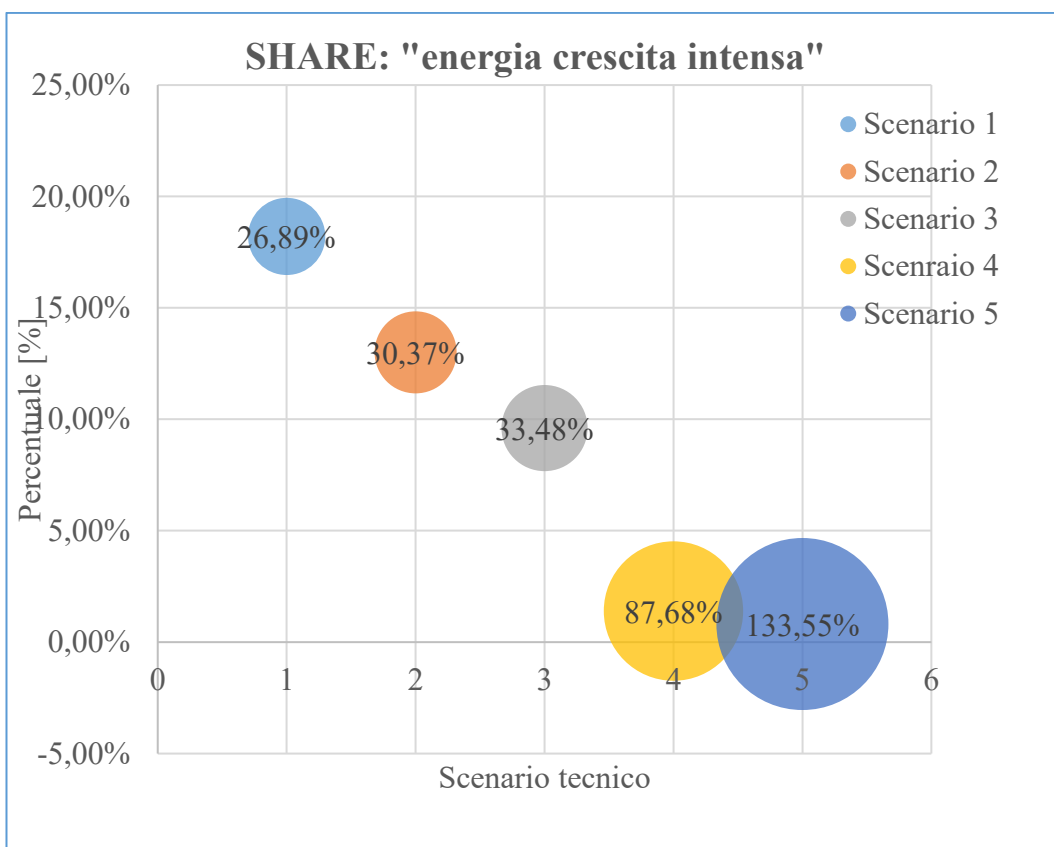


Tabella 121

## Stagflazione

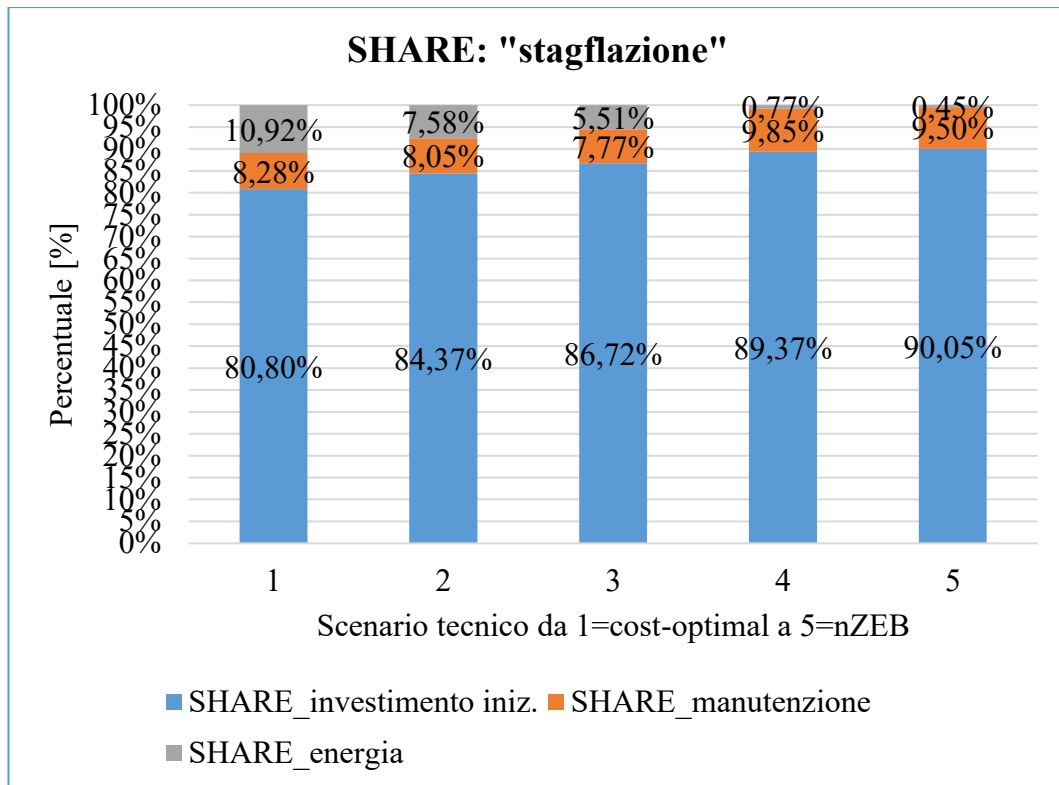


Tabella 122

Nella zona climatica E, dalla *tabella 122* relativa allo scenario “stagflazione”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa l’81% a circa il 90%. Negli scenari E1, E2 e E3, la percentuale del costo di manutenzione varia intorno all’8%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 10,92% in E1 a 5,51% in E3. Negli scenari E4 e E5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 90%) e di manutenzione (circa 10%).

Confrontando lo scenario “stagflazione” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento aumenta di quasi 10 punti percentuali nei primi scenari tecnici e di circa 5 punti negli ultimi due;
- lo share dei costi energetici diminuisce di circa 7 punti percentuali nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.

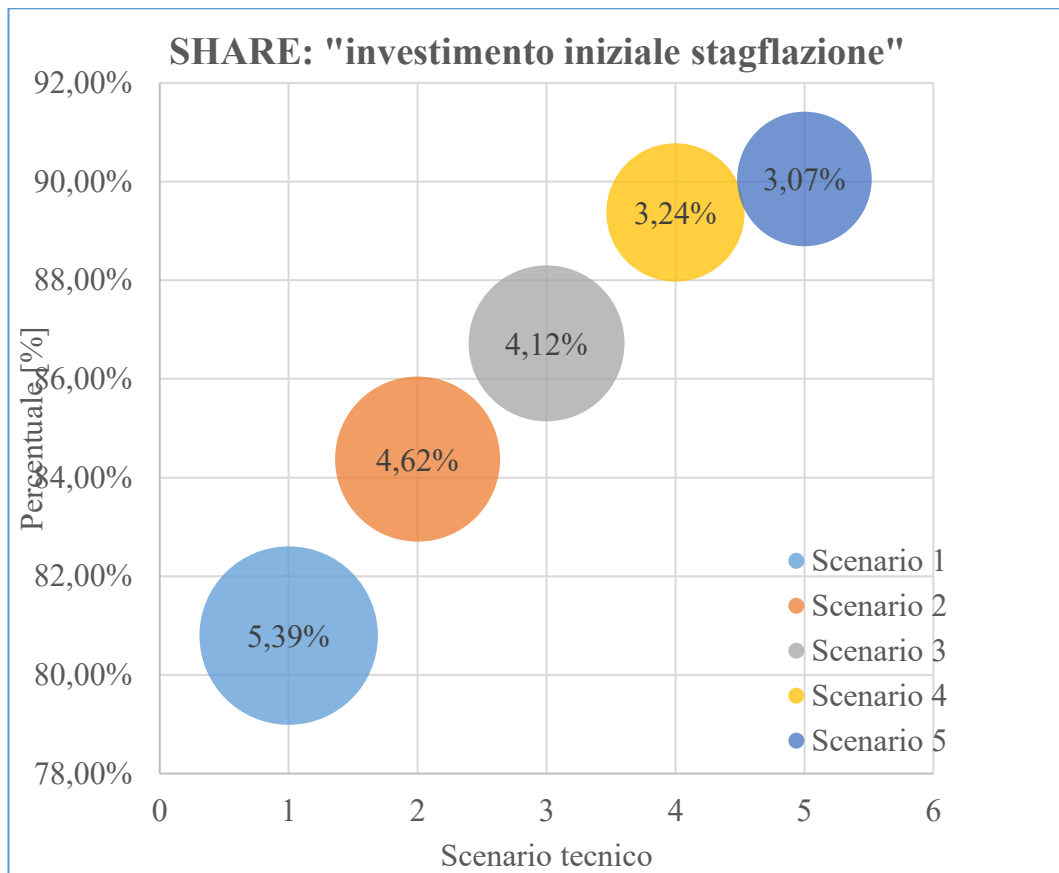


Tabella 123

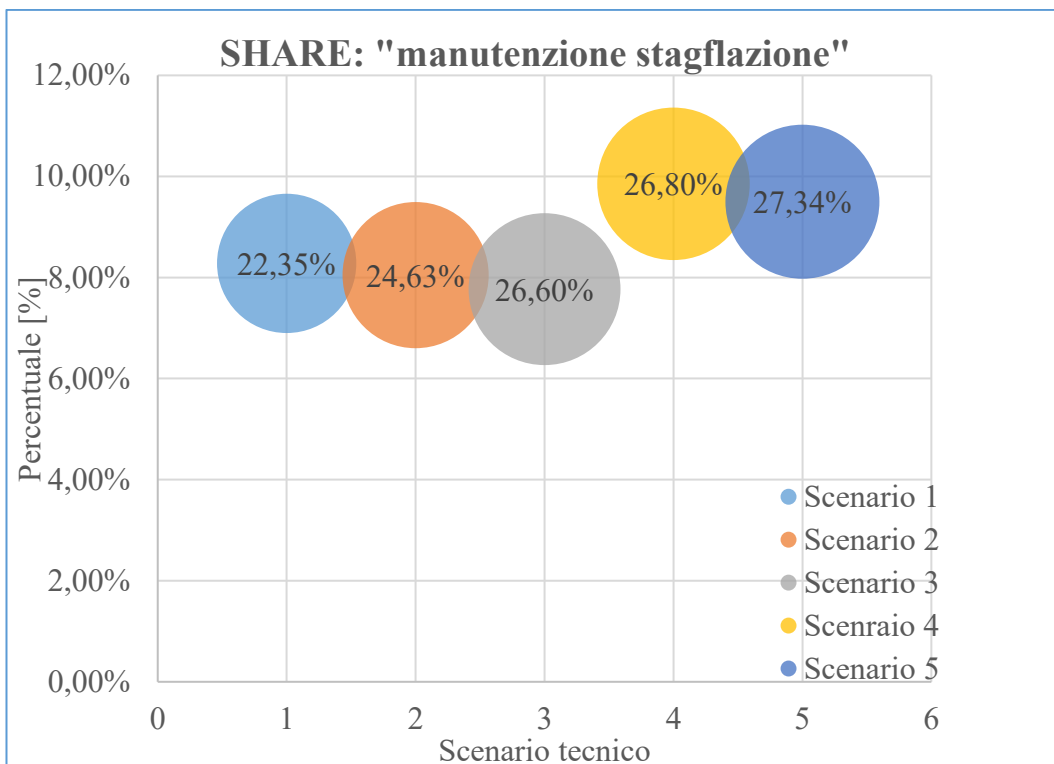


Tabella 124

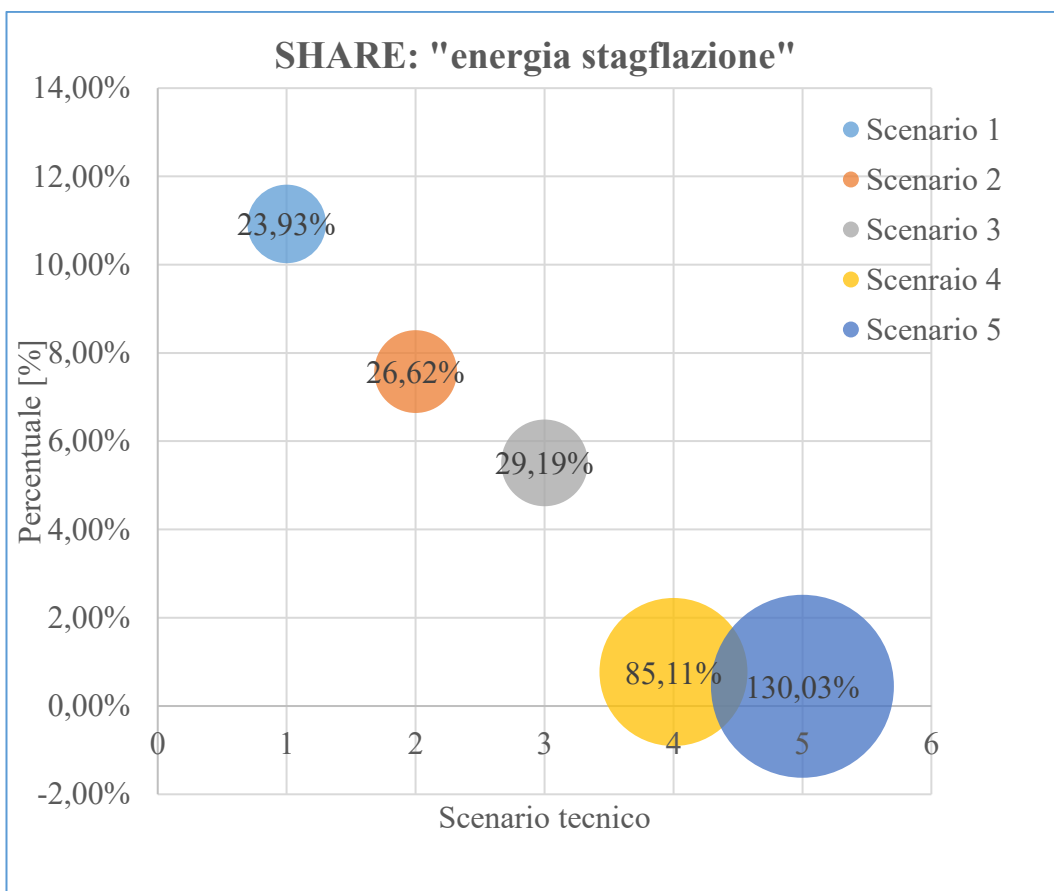


Tabella 125

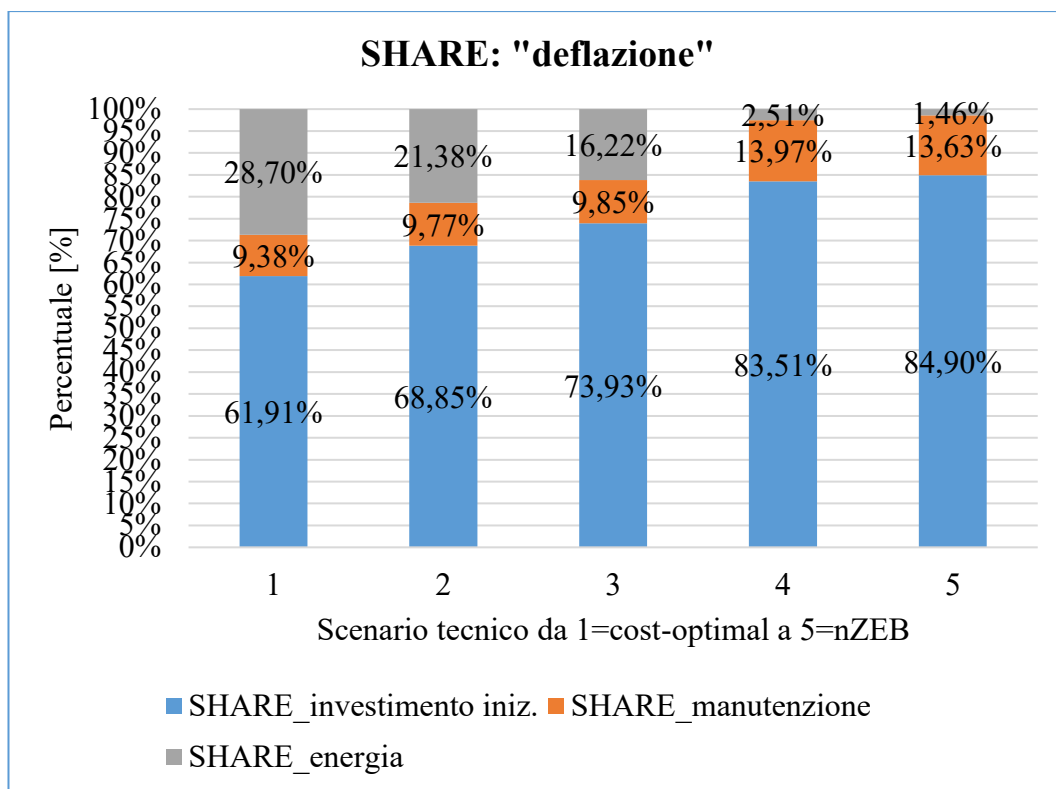


Tabella 126

Nella zona climatica E, dalla *tabella 126* relativa allo scenario “deflazione”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 62% a circa l’85%. Negli scenari E1, E2 e E3, la percentuale del costo di manutenzione varia intorno al 10%, mentre la percentuale del costo energetico varia dal 28,70% in E1 a 16,22% in E3. Negli scenari E4 e E5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 84%) e di manutenzione (circa 14%).

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento diminuiscono di 6 punti percentuali nei primi 3 scenari, mentre rimangono inalterati negli altri;
- lo share dei costi energetici aumentano di circa 7 punti percentuali nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.

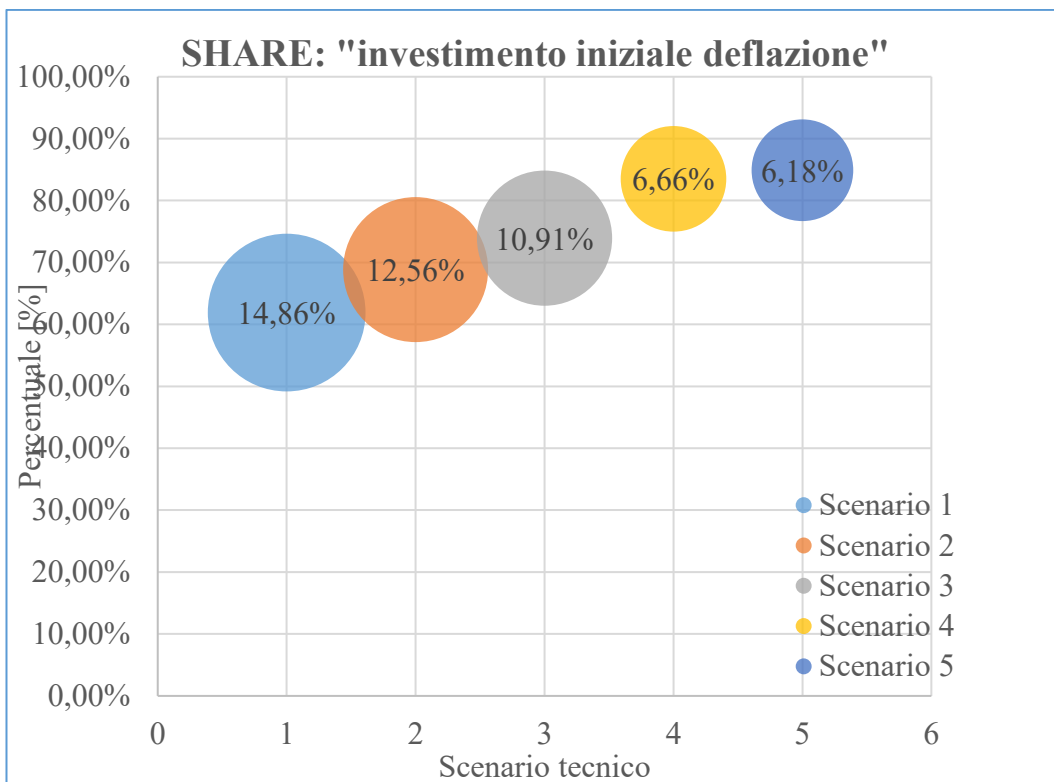


Tabella 127

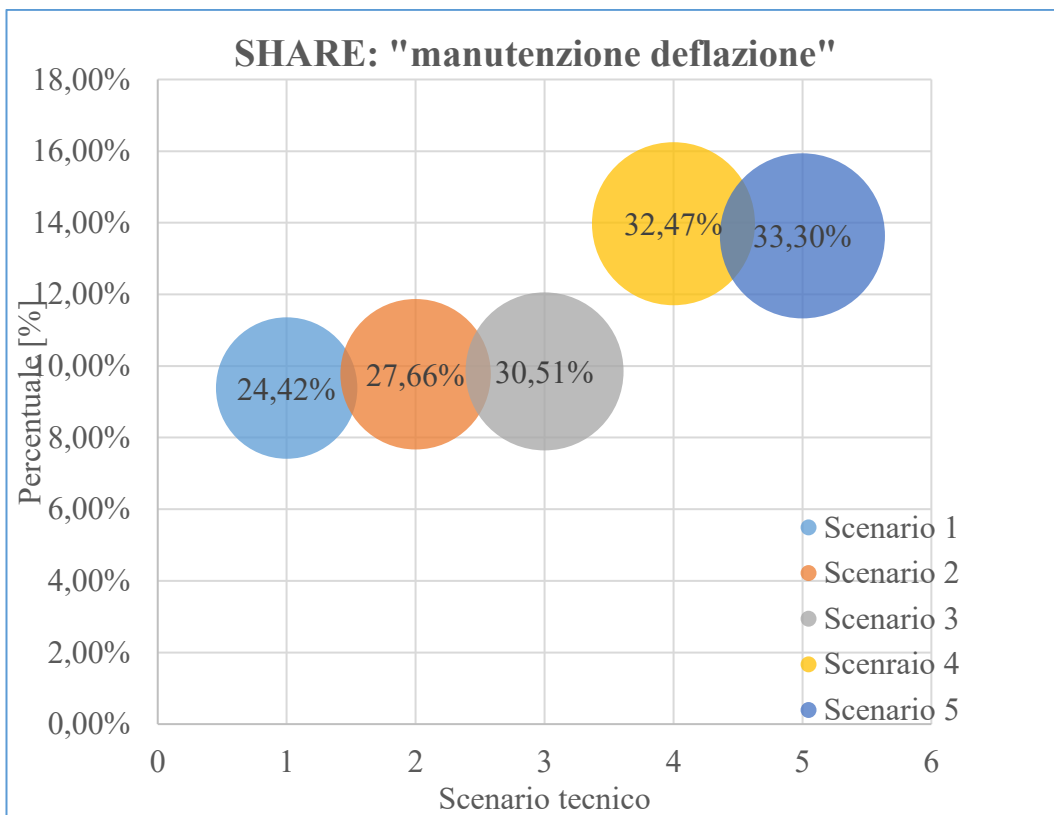


Tabella 128



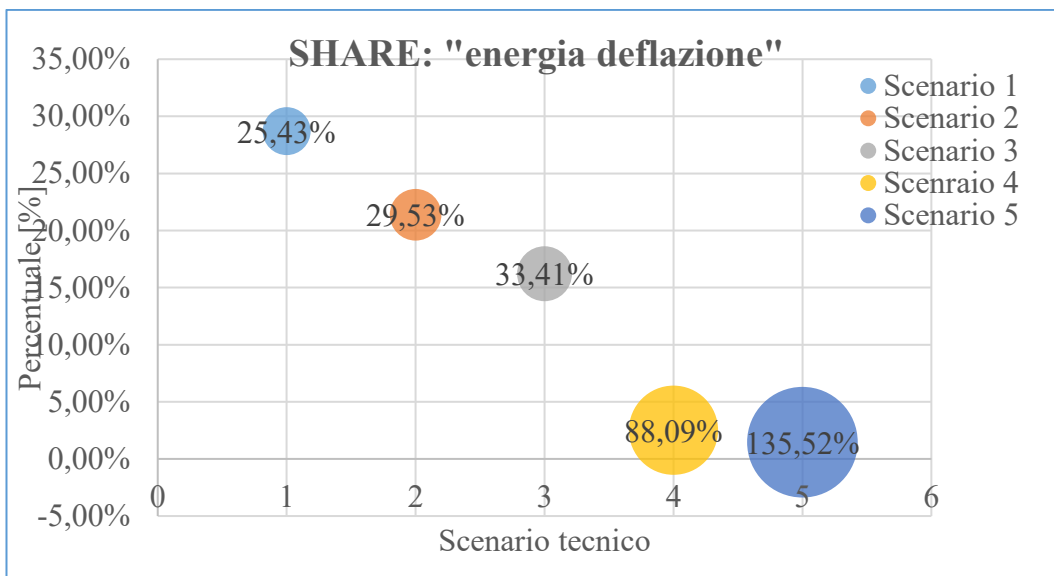


Tabella 129

Riepilogo

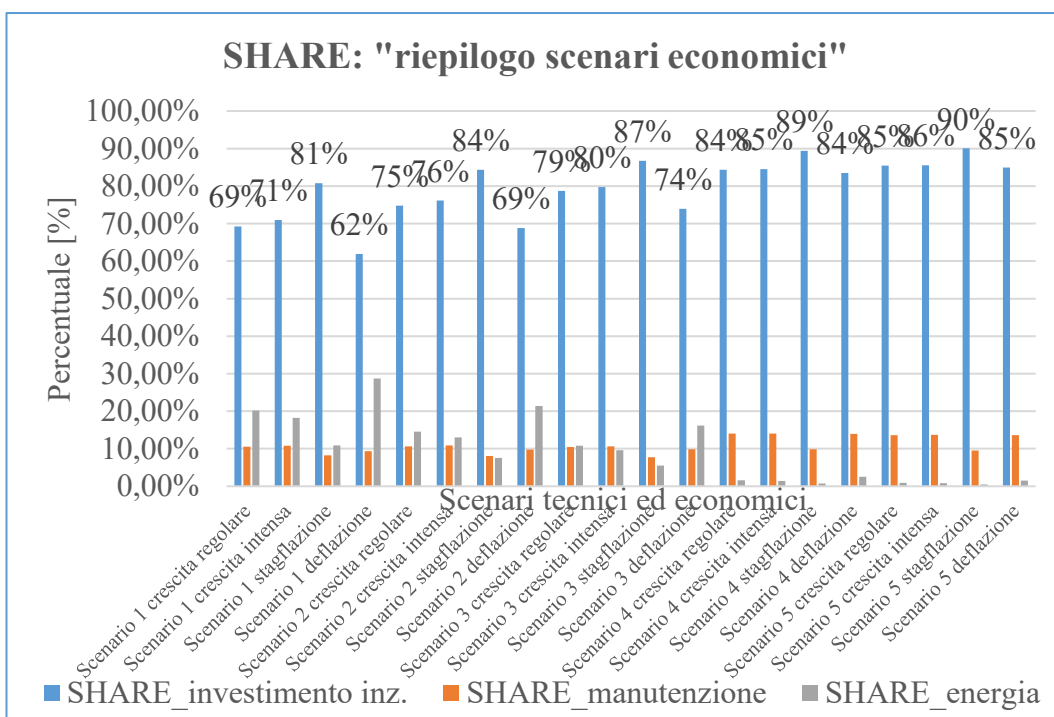


Tabella 130

Come analizzato nei relativi grafici soprastanti, lo scenario “stagflazione” comporta incremento degli share dei costi di investimento e una riduzione degli share dei costi manutentivi ed energetici, mentre lo scenario “deflazione” comporta una riduzione delle percentuali dei costi di investimento e un aumento degli altri

due. Questi due aspetti sono meno evidenti negli scenari 4 e 5 dove il valore assoluto degli investimenti è più alto e, inoltre, lo share dei costi energetici è quasi nullo.

#### IV.3.5 Zona Climatica "F"

##### Crescita regolare

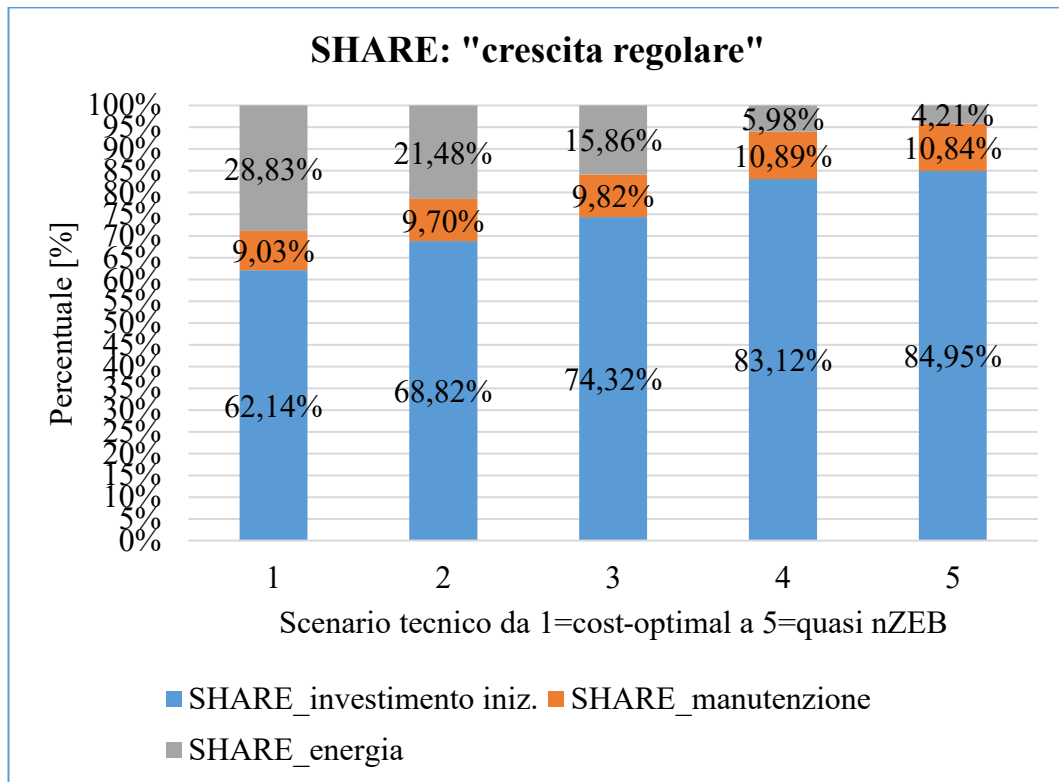


Tabella 131

Nella zona climatica F, dalla *tabella 131* relativa allo scenario "crescita regolare", si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 62% a circa l'85%. Negli scenari F1, F2 e F3, la percentuale del costo di manutenzione varia intorno al 10%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 28,83% in F1 a 15,86% in F3. Negli scenari F4 e F5, invece, il costo energetico si avvicina allo zero; il relativo "spazio" viene ricoperto dall'incremento dei costi di investimento (circa 85%) e di manutenzione (circa 11%).

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.

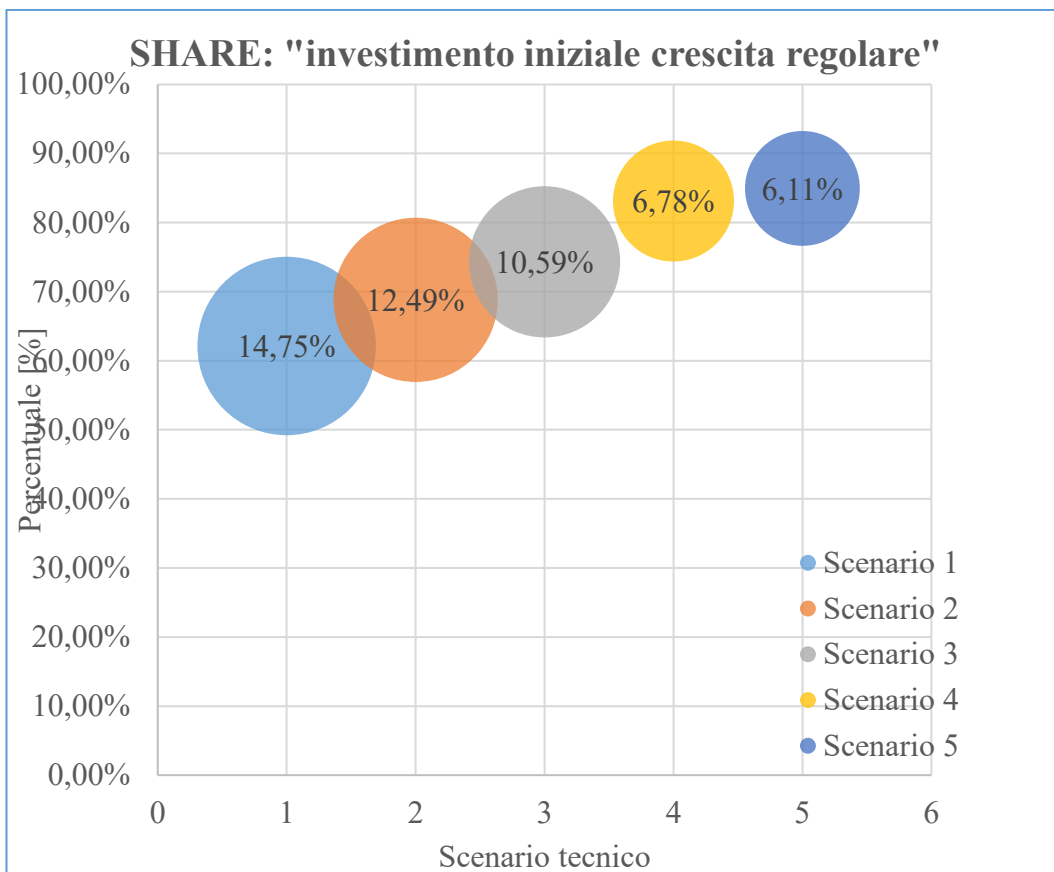


Tabella 132

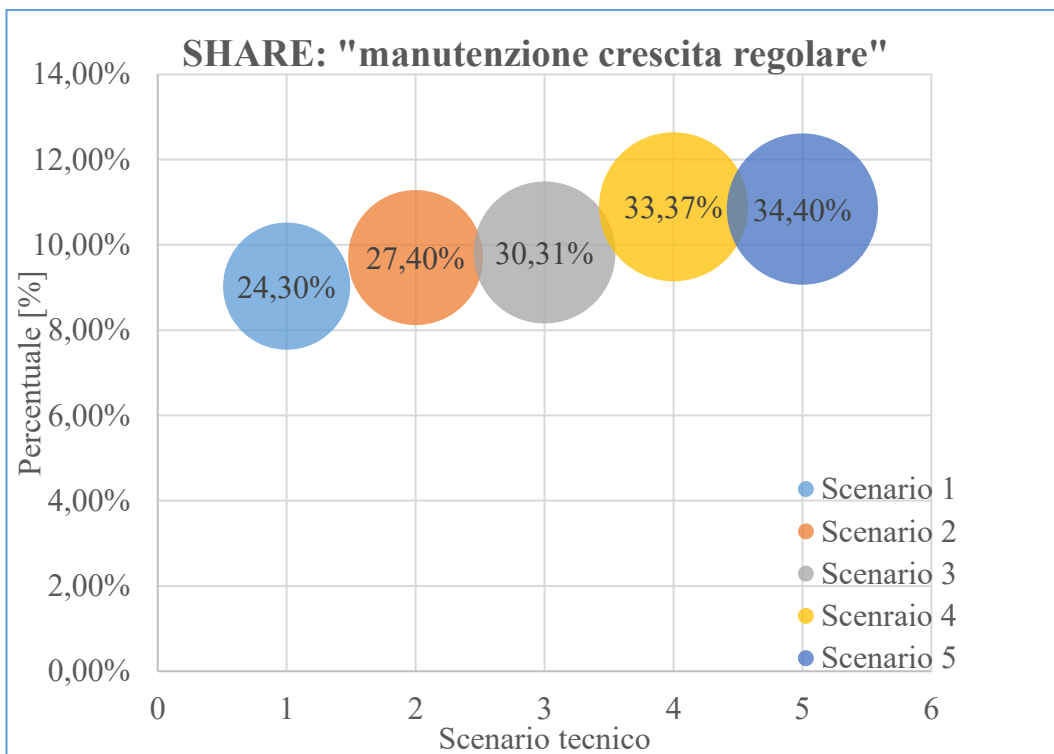


Tabella 133

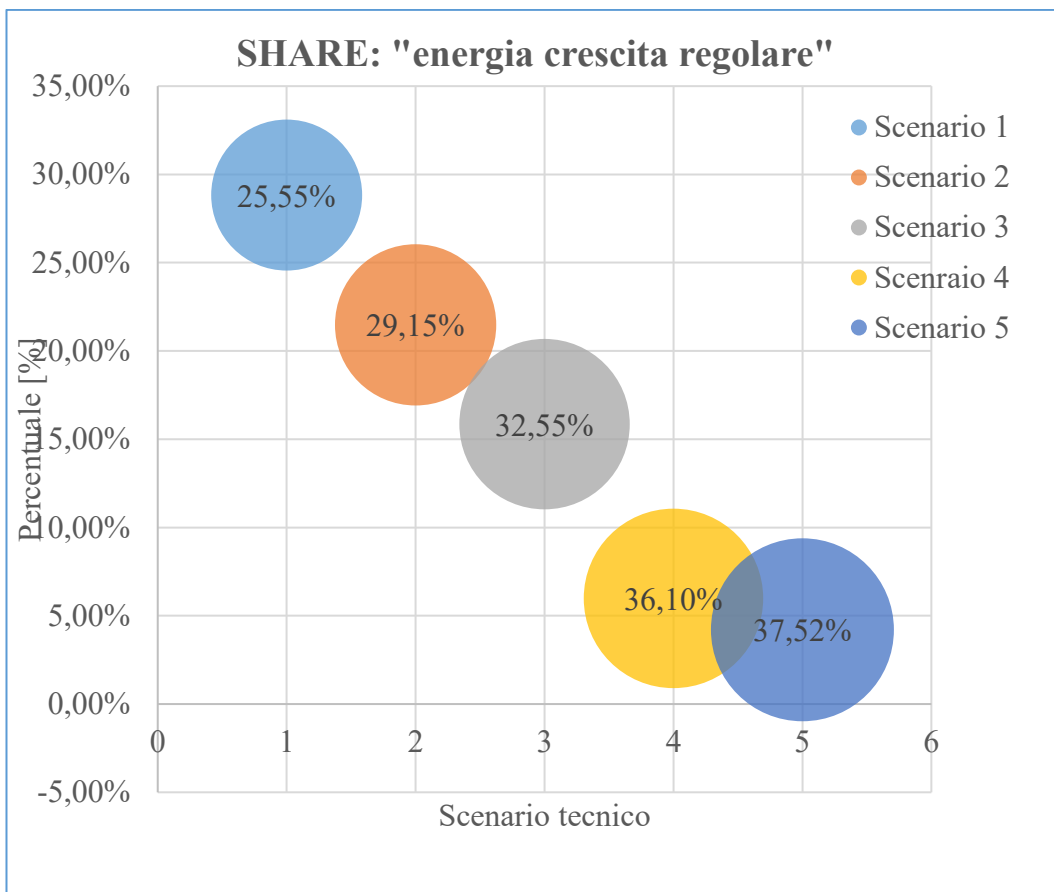


Tabella 134

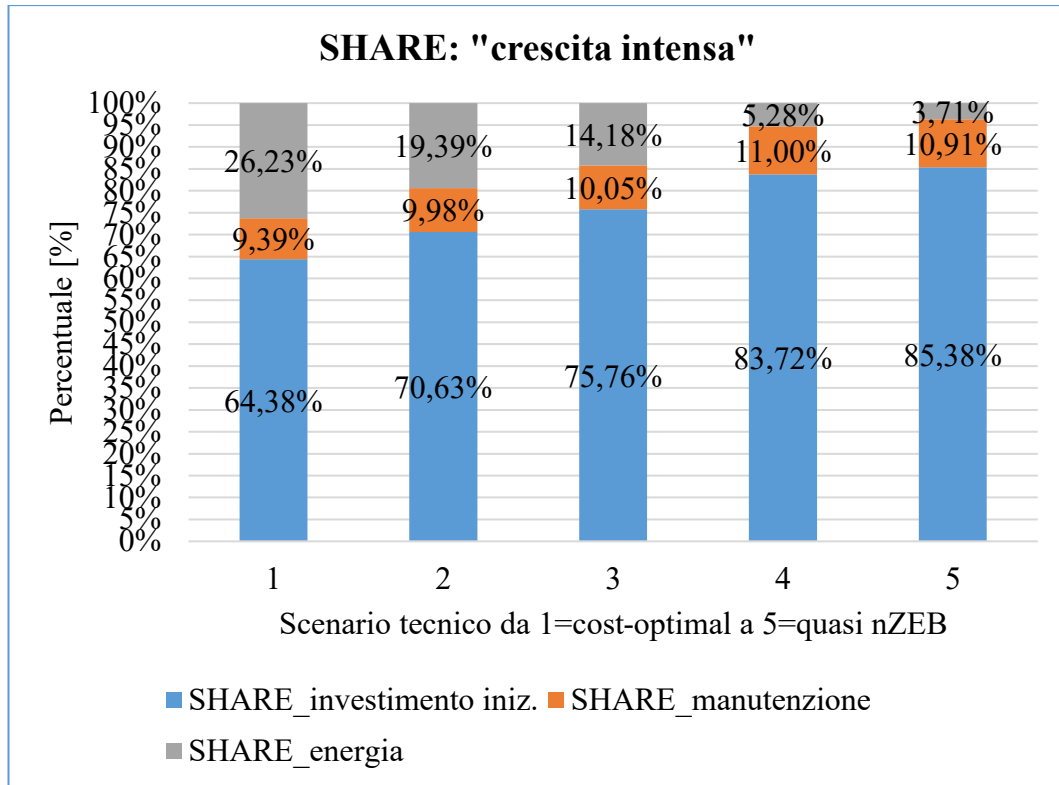


Tabella 135

Nella zona climatica F, dalla *tabella 135* relativa allo scenario “crescita intensa”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 64% a circa l’85%. Negli scenari F1, F2 e F3, la percentuale del costo di manutenzione varia intorno all’10%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 26,23% in F1 fino al 14,18% in F3. Negli scenari F4 e F5, invece, il costo energetico si avvicina a zero; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 85%) e di manutenzione (circa 11%).

Confrontando lo scenario “crescita intensa” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento aumenta di 2 punto percentuale;
- lo share dei costi energetici diminuisce di circa 2 punto percentuale nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.

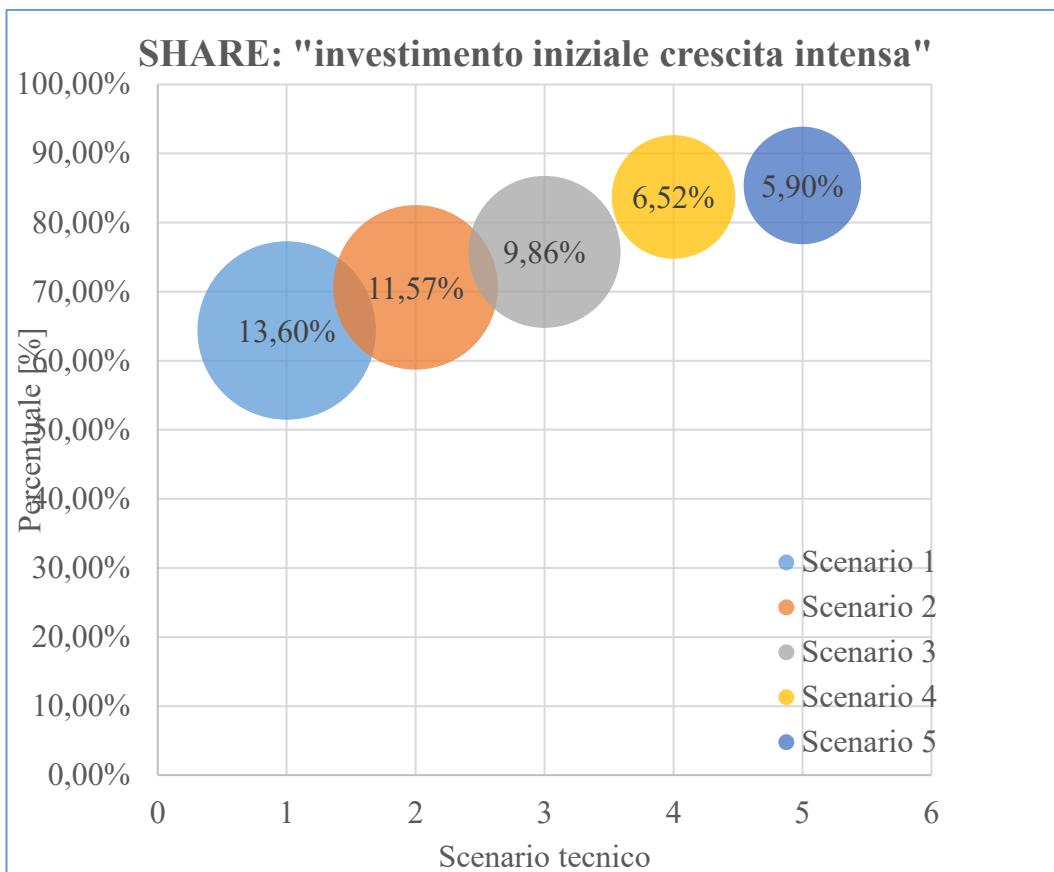


Tabella 136

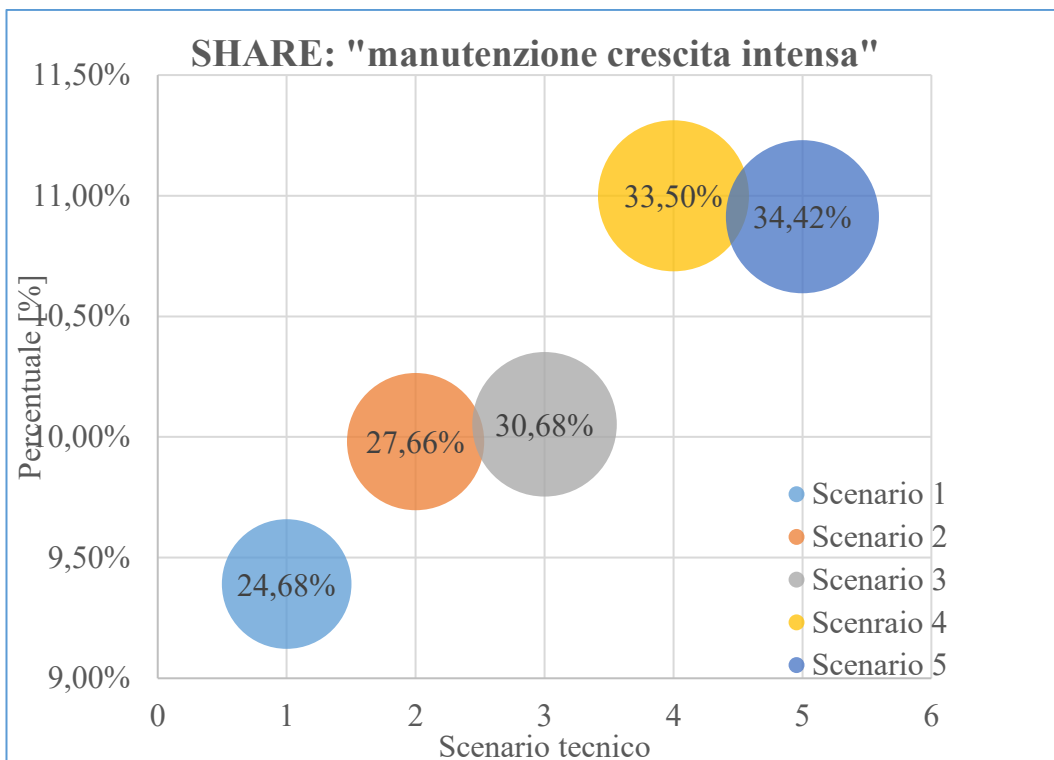


Tabella 137

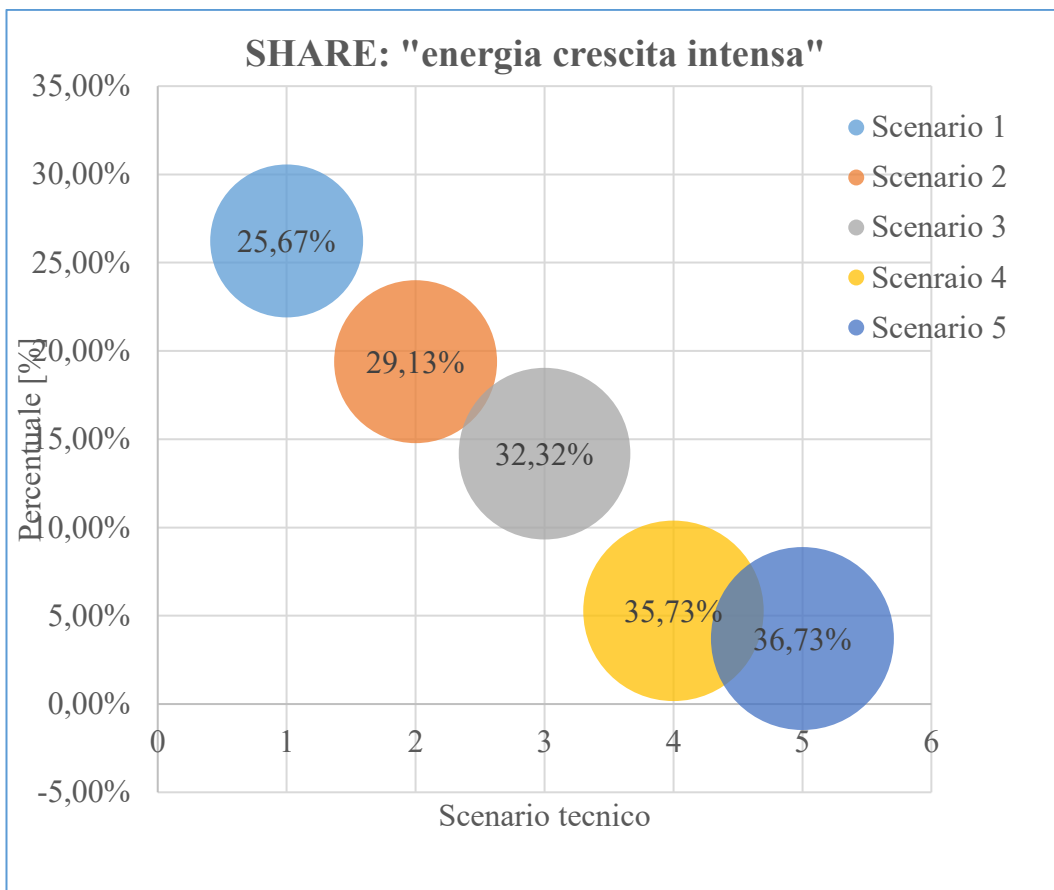


Tabella 138

## Stagflazione

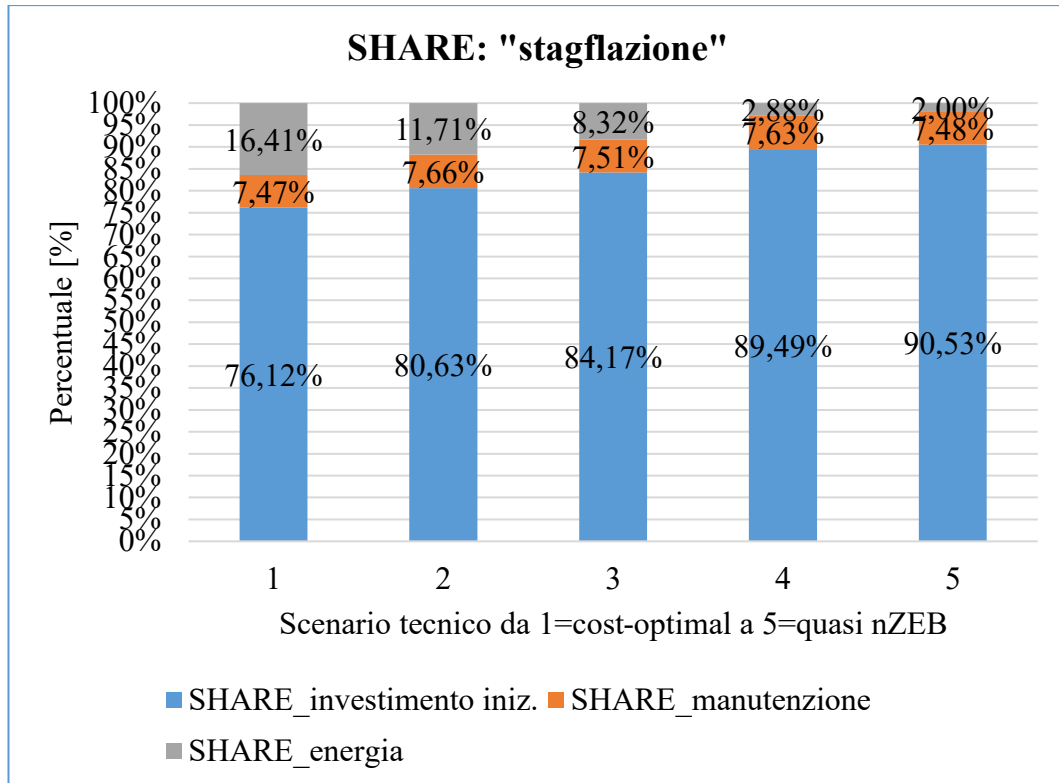


Tabella 139

Nella zona climatica F, dalla *tabella 139* relativa allo scenario “stagflazione”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa l’76% a circa il 91%. Negli scenari F1, F2 e F3, la percentuale del costo di manutenzione varia intorno all’8%, mentre la percentuale del costo energetico varia da 16,41% in F1 a 8,31% in F3. Negli scenari F4 e F5, invece, il costo energetico quasi si azzerava; il relativo “spazio” viene ricoperto dall’incremento dei costi di investimento (circa 90%) e di manutenzione (circa 8%).

Confrontando lo scenario “stagflazione” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento aumenta di quasi 12 punti percentuali nei primi scenari tecnici e di circa 6 punti negli ultimi due;
- lo share dei costi energetici diminuisce di circa 10 punti percentuali nei primi 3 scenari.



Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.

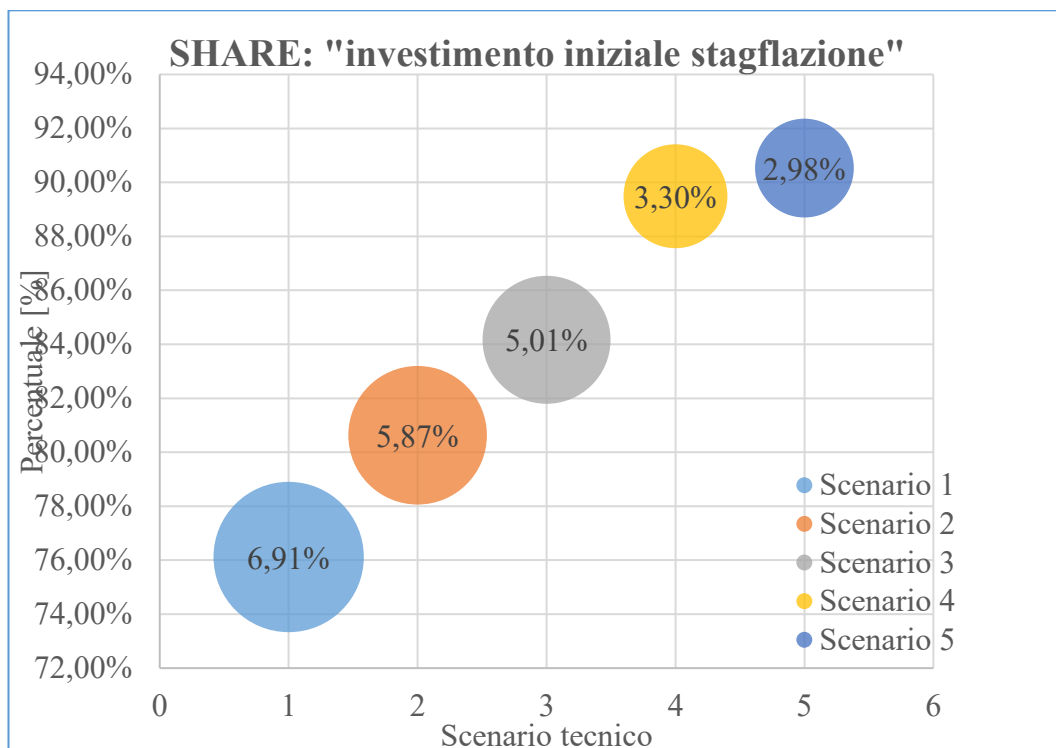


Tabella 140

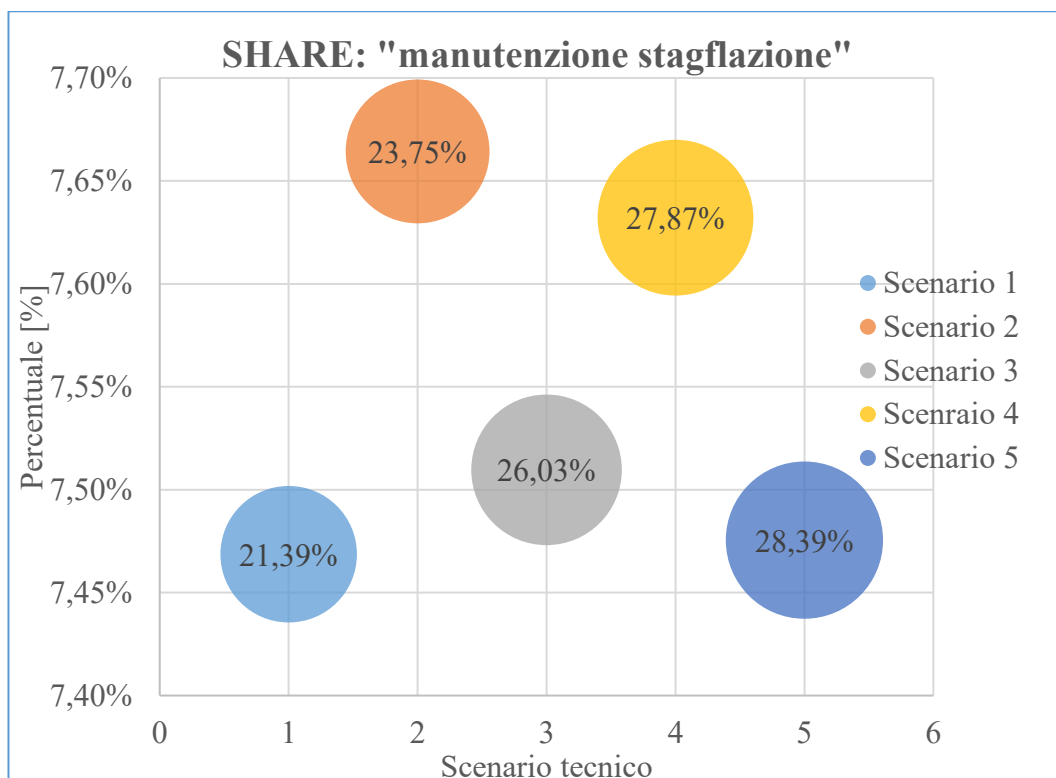


Tabella 141

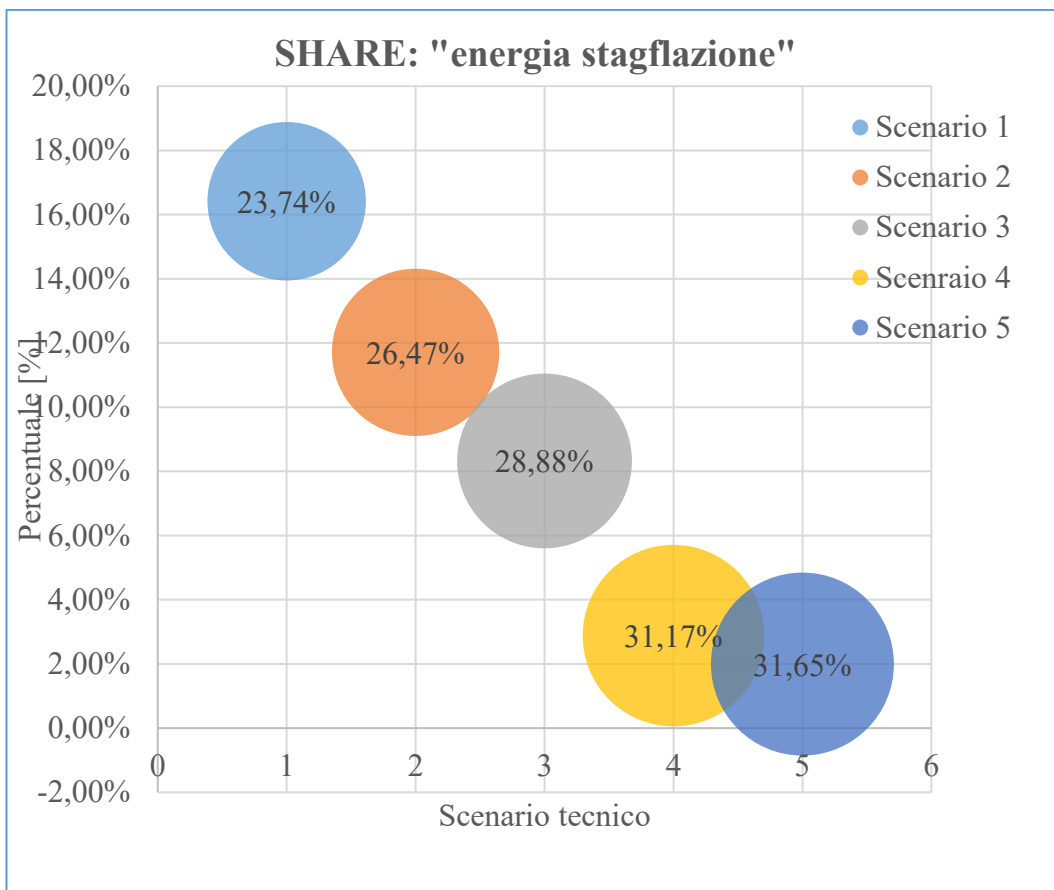


Tabella 142

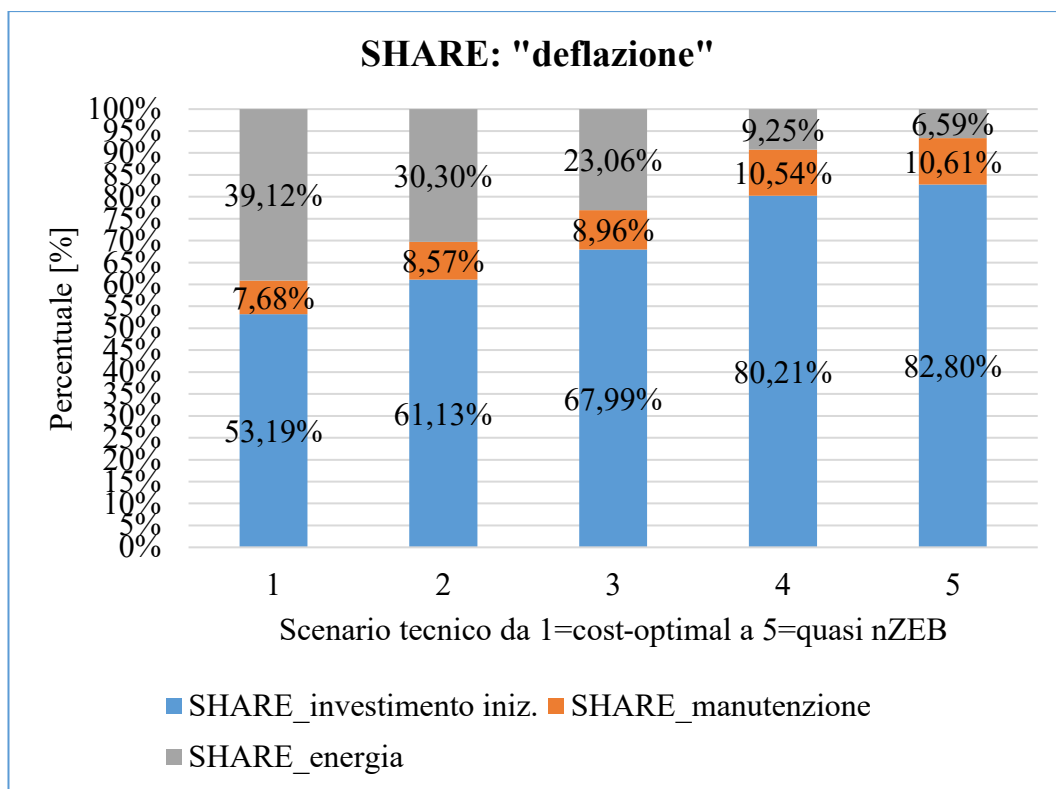


Tabella 143

Nella zona climatica F, dalla *tabella 143* relativa allo scenario “deflazione”, si può osservare che la voce di investimento iniziale rappresenta su tutti gli scenari tecnici la parte più consistente, spaziando da circa il 53% a circa l’83%. Negli scenari F1, F2 e F3, la percentuale del costo di manutenzione varia intorno al 8%, mentre la percentuale del costo energetico varia dal 39,12% in F1 a 23,062% in F3. Negli scenari F4 e F5, invece, il costo energetico si attesta rispettivamente a 9,25% e 6,59%.

Confrontando lo scenario “deflazione” con quello “baseline”, si osserva che:

- lo share dei costi di investimento diminuiscono di 8 punti percentuali nei primi 3 scenari, mentre rimangono inalterati negli altri;
- lo share dei costi energetici aumentano di circa 9 punti percentuali nei primi 3 scenari.

Le tabelle sottostanti mostrano il coefficiente di variazione per ogni voce di costo (investimento, manutenzione, energia), per i relativi scenari tecnici.

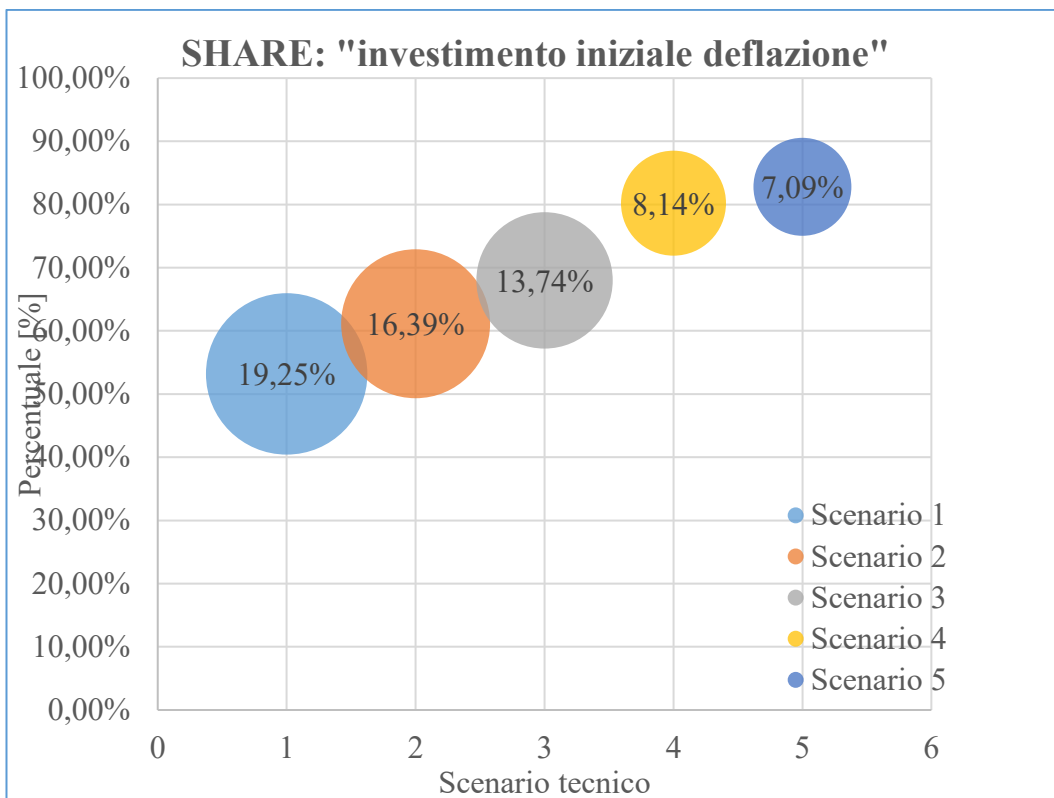


Tabella 144

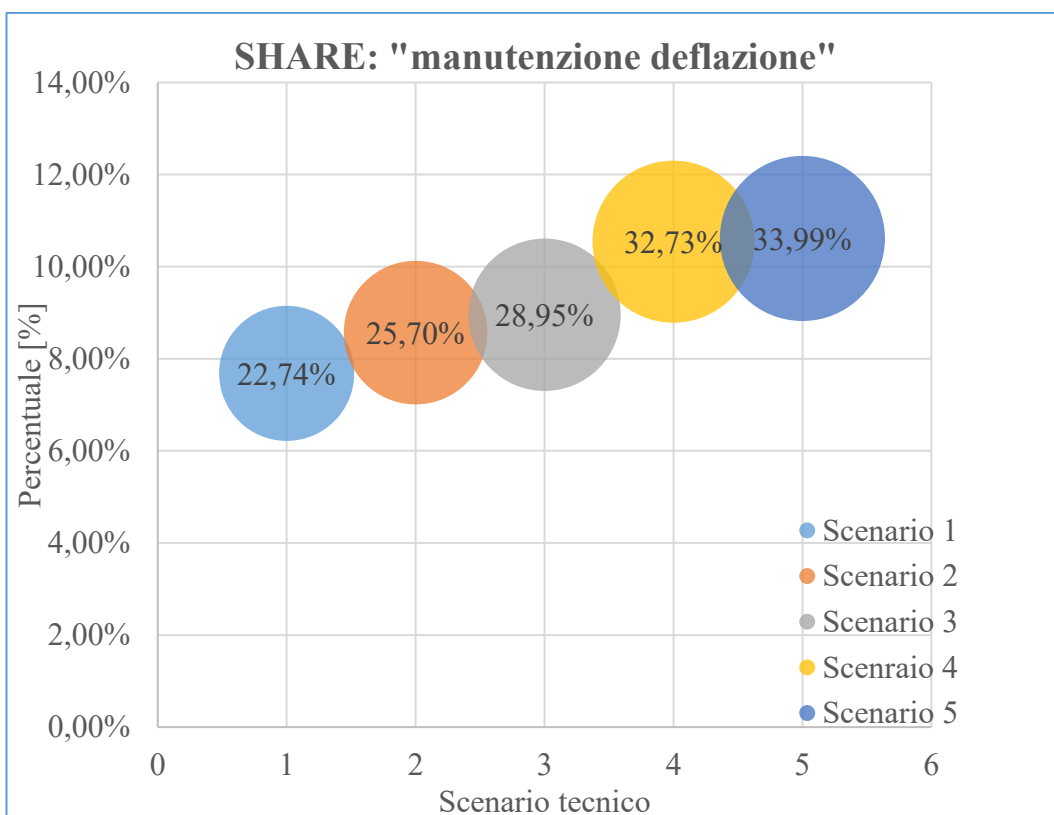


Tabella 145

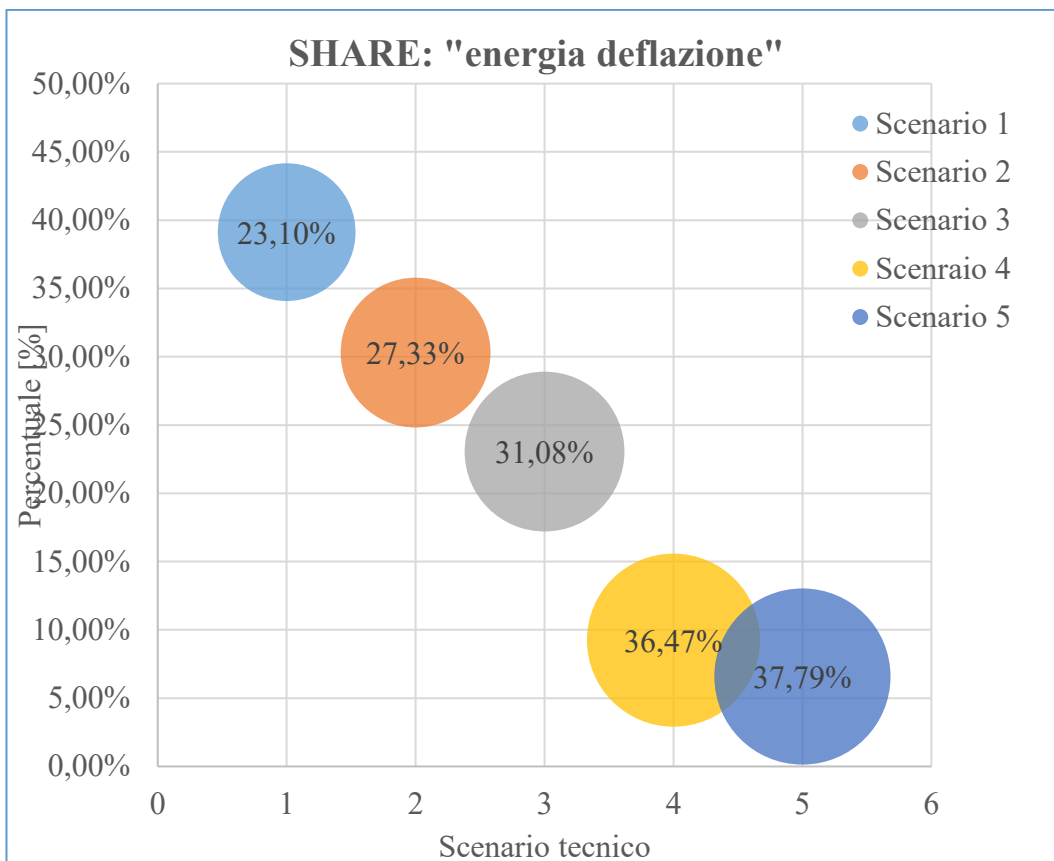


Tabella 146

Riepilogo

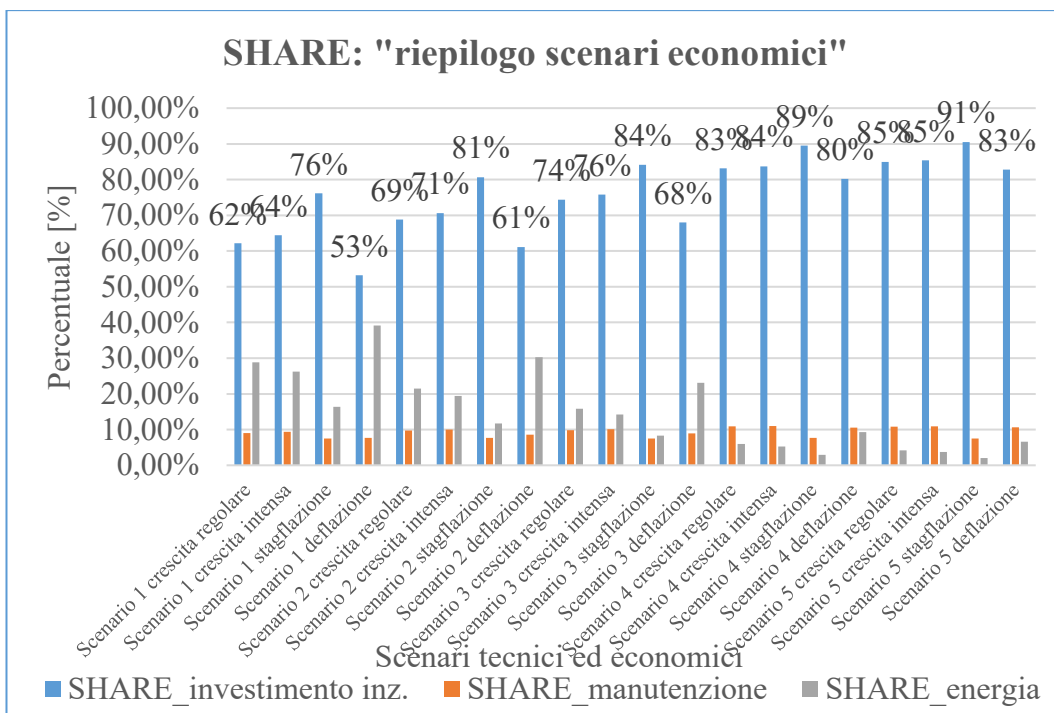
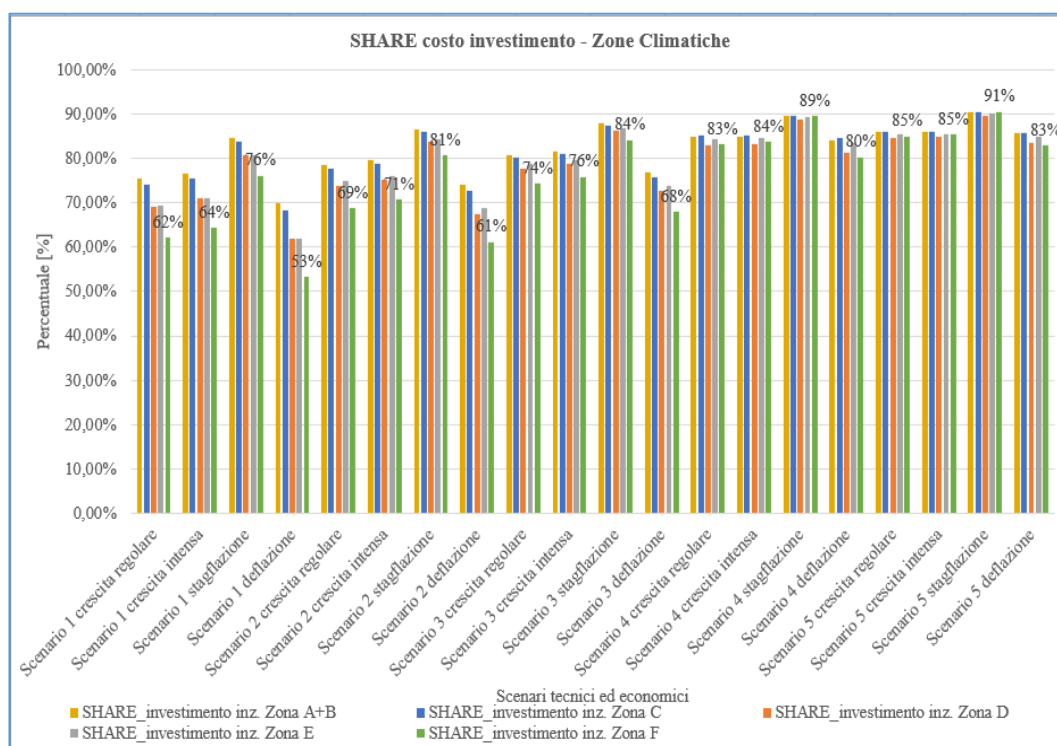


Tabella 147

Come analizzato nei relativi grafici soprastanti, lo scenario “stagflazione” comporta incremento degli share dei costi di investimento e una riduzione degli share dei costi manutentivi ed energetici, mentre lo scenario “deflazione” comporta una riduzione delle percentuali dei costi di investimento e un aumento degli altri due. Questi due aspetti sono meno evidenti negli scenari 4 e 5 dove il valore assoluto degli investimenti è più alto.

### Riepilogo



Si può osservare come lo share diminuisce passando dalla zona A+B alla zona F nei primi 3 scenari tecnici e su tutti quelli economici. Negli scenari 4 e 5, gli share rimangono pressoché identici in tutte le zone climatiche.

#### IV.4 VALUTAZIONE DELL'INCIDENZA DEGLI INCENTIVI SUI COSTI GLOBALI ("SCONTO")

Questa valutazione è utile perché serve per capire se eventuali sconti possano cambiare le condizioni di investimento, nei vari scenari tecnici ed economici, cioè se si raggiungono deduzioni importanti tali da poter scegliere di investire in soluzioni più o meno prestazionali rispetto alla situazione senza.

Qui di seguito si riportano i seguenti grafici:

- "curva sconto PV", dove si mostra lo sconto sul periodo di calcolo considerato raggiunto dalla vendita dell'energia elettrica "eccedente", su tutti gli scenari economici e tecnici;
- "curva cost-optimal", in cui è già stata eseguita la sottrazione tra i costi globali individuati nei paragrafi soprastanti e lo "sconto PV" appena analizzato.

##### IV.4.1 Zona Climatica "A+B"

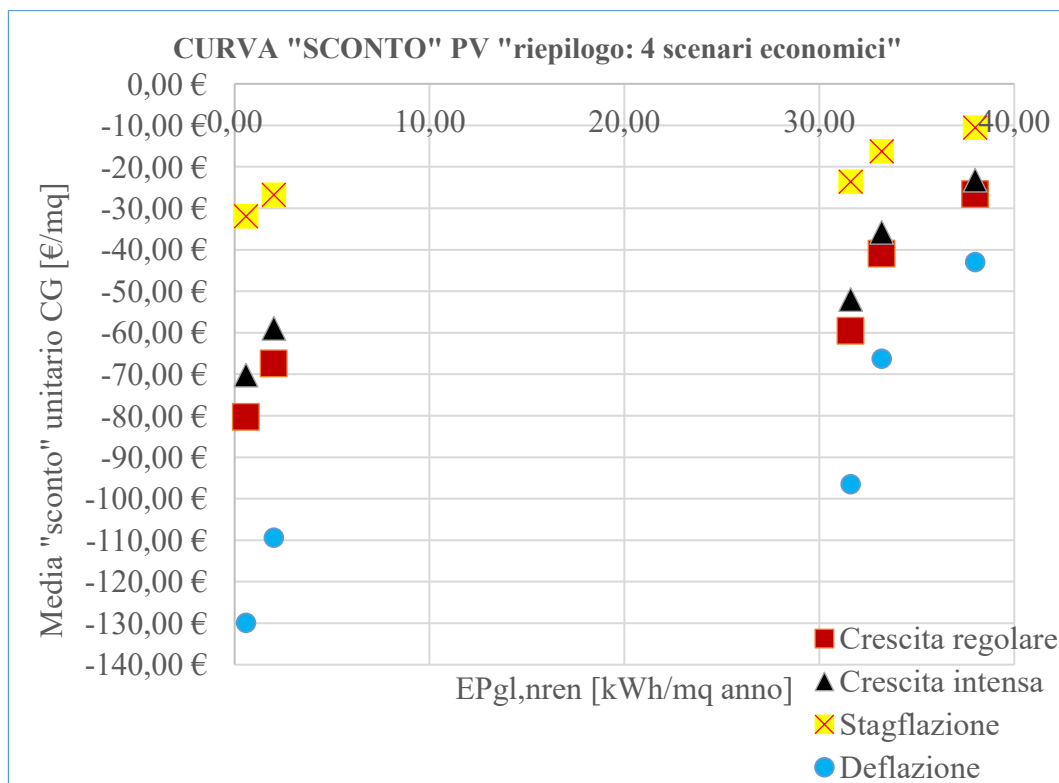


Tabella 148

Nella zona climatica A+B, dalla *tabella 148* è possibile veder come gli scenari meno prestazionali, in cui si installa una superficie minore di pannelli

fotovoltaici, raggiungono un basso sconto, mentre gli scenari 4 e 5 permettono di ottenere riduzioni maggiori. Confrontando gli scenari economici, si può veder come nella “stagflazione” il valore sia moderatamente più basso rispetto gli altri casi. Nello scenario “deflazione”, invece, si ha un notevole incremento dello “sconto” dovuto alla vendita delle “eccedenze” energetiche.

Riepilogando gli scenari tecnici rappresentativi della zona, quali AB1=cost-optimal e AB4=nZEB, si hanno:

- AB1 → sconto = -26,61€/m<sup>2</sup> (crescita regolare);
- AB4 → sconto = -65,45€/m<sup>2</sup> (crescita regolare);
- $\Delta_{4-1}$  = 145,96% (crescita regolare);
  
- AB1 → sconto = -23,21€/m<sup>2</sup> (crescita intensa)  $\Delta_{reg.}$  = -12,78%;
- AB4 → sconto = -58,95€/m<sup>2</sup> (crescita intensa)  $\Delta_{reg.}$  = -9,93%;
- $\Delta_{4-1}$  = 153,99% (crescita intensa);
  
- AB1 → sconto = -10,53€/m<sup>2</sup> (stagflazione)  $\Delta_{reg.}$  = -60,40%;
- AB4 → sconto = -26,76€/m<sup>2</sup> (stagflazione)  $\Delta_{reg.}$  = -59,11%;
- $\Delta_{4-1}$  = 154,13% (stagflazione);
  
- AB1 → sconto = -42,94€/m<sup>2</sup> (deflazione)  $\Delta_{reg.}$  = +61,37%;
- AB4 → sconto = -109,42€/m<sup>2</sup> (deflazione)  $\Delta_{reg.}$  = +67,18%;
- $\Delta_{4-1}$  = 154,94% (deflazione)



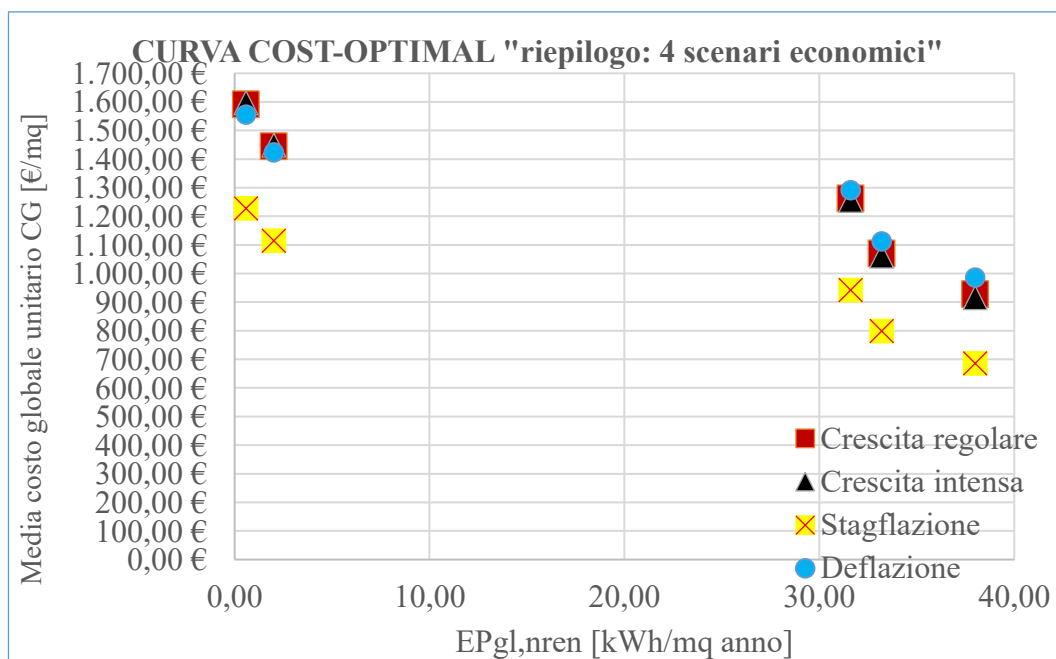


Tabella 149

Dalla tabella soprastante, si osserva che le curve cost-optimal rimangono inalterate per forma rispetto a quelle analizzate in precedenza.

Riepilogando, si calcola la sottrazione tra i costi globali unitari medi precedenti ridotti dei rispettivi "sconti". Per AB1=cost-optimal e AB4=nZEB, si hanno:

- AB1 →  $953,57 - 26,61 = 931,96 \text{ €/m}^2$  (crescita regolare);
- AB4 →  $1511,94 - 65,45 = 1446,49 \text{ €/m}^2$  (crescita regolare);
- $\Delta_{4-1} = 55,21\%$  (crescita regolare);
  
- AB1 →  $938,77 - 23,21 = 915,56 \text{ €/m}^2$  (crescita intensa)  $\Delta_{\text{reg.}} = -1,76\%$ ;
- AB4 →  $1507,85 - 58,95 = 1448,90 \text{ €/m}^2$  (crescita intensa)  $\Delta_{\text{reg.}} = +0,17\%$ ;
- $\Delta_{4-1} = 58,25\%$  (crescita intensa);
  
- AB1 →  $695,73 - 10,53 = 685,20 \text{ €/m}^2$  (stagflazione)  $\Delta_{\text{reg.}} = -26,48\%$ ;
- AB4 →  $1140,85 - 26,76 = 1114,08 \text{ €/m}^2$  (stagflazione)  $\Delta_{\text{reg.}} = -22,98\%$ ;
- $\Delta_{4-1} = 62,59\%$  (stagflazione);
  
- AB1 →  $1028,30 - 42,94 = 985,36 \text{ €/m}^2$  (deflazione)  $\Delta_{\text{reg.}} = +5,73\%$ ;

- AB4 → 1533,03-109,42= 1423,61€/m<sup>2</sup> (deflazione) Δ<sub>reg.</sub>=-1,58%;
- Δ<sub>4-1</sub>= 44,48% (deflazione)

Si può osservare come, negli scenari 4 e 5 della “deflazione” si ha una riduzione del costo globale complessivo rispetto alla “crescita regolare”, diversamente da quanto visto nei grafici iniziali. Questo è dovuto al fatto che in “deflazione” aumentano gli share energetici, come visto in precedenza, ma non abbastanza per intaccare la parte di investimento iniziale negli scenari meno prestazionali; si nota comunque un avvicinamento di questi ultimi ai valori dello scenario “baseline”.

#### IV.4.2 Zona Climatica “C”

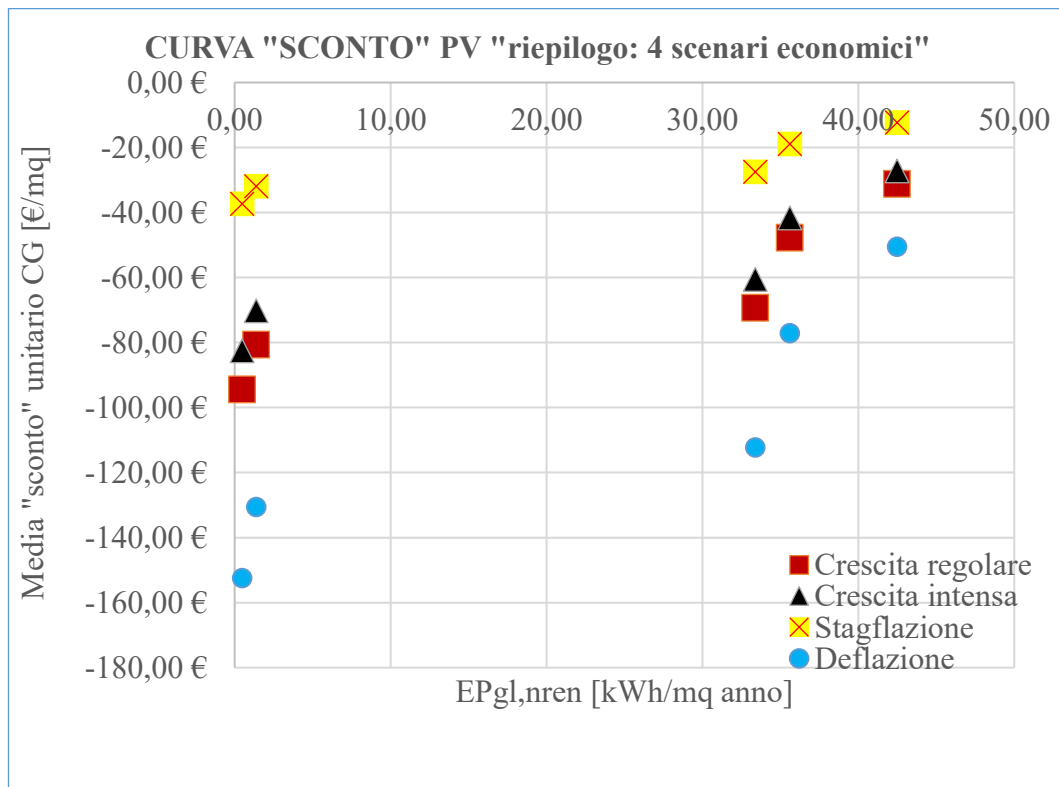


Tabella 150

Nella zona climatica C, dalla *tabella 150* è possibile condurre le stesse considerazioni fatte in precedenza. Confrontando gli scenari economici, si può veder come nella “stagflazione” il valore sia moderatamente più basso rispetto gli altri casi. Nello scenario “deflazione”, invece, si ha un notevole incremento dello “sconto” dovuto alla vendita delle “eccedenze” energetiche.

Riepilogando gli scenari tecnici rappresentativi della zona, quali C1=cost-optimal e C4=nZEB, si hanno:

- C1 → sconto = -31,18€/m<sup>2</sup> (crescita regolare);
- C4 → sconto = -80,70€/m<sup>2</sup> (crescita regolare);
- Δ<sub>4-1</sub> = 158,82% (crescita regolare);
  
- C1 → sconto = -27,18€/m<sup>2</sup> (crescita intensa) Δ<sub>reg.</sub> = -12,83%;
- C4 → sconto = -70,26€/m<sup>2</sup> (crescita intensa) Δ<sub>reg.</sub> = -12,94%;
- Δ<sub>4-1</sub> = 158,50% (crescita intensa);
  
- C1 → sconto = -12,33€/m<sup>2</sup> (stagflazione) Δ<sub>reg.</sub> = -60,46%;
- C4 → sconto = -31,89€/m<sup>2</sup> (stagflazione) Δ<sub>reg.</sub> = -60,48%;
- Δ<sub>4-1</sub> = 158,64% (stagflazione);
  
- C1 → sconto = -50,49€/m<sup>2</sup> (deflazione) Δ<sub>reg.</sub> = +61,93%;
- C4 → sconto = -130,63€/m<sup>2</sup> (deflazione) Δ<sub>reg.</sub> = +61,87%;
- Δ<sub>4-1</sub> = 158,72% (deflazione)

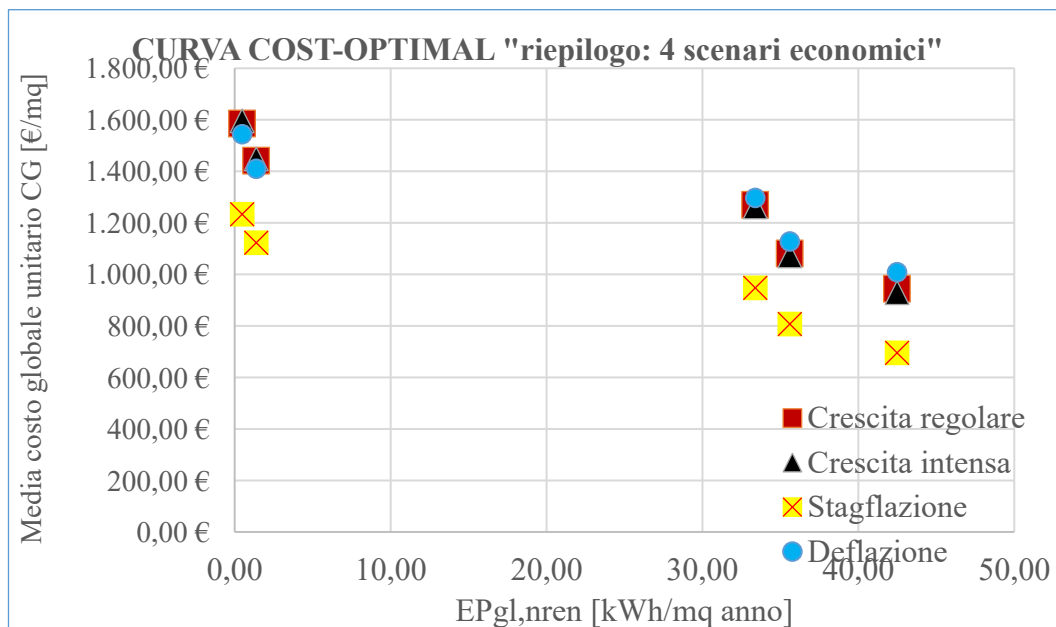


Tabella 151

Dalla tabella soprastante, si osserva che le curve cost-optimal rimangono inalterate per forma rispetto a quelle analizzate in precedenza.

Riepilogando, in modo analogo a quanto fatto prima si riportano i valori delle differenze tra i costi globali unitari medi ridotti dei rispettivi “sconti”. Per C1=cost-optimal e C4=nZEB, si hanno:

- C1  $\rightarrow 974,73-31,18= 943,55\text{€}/\text{m}^2$  (crescita regolare);
- C4  $\rightarrow 1521,94-80,70= 1441,24\text{€}/\text{m}^2$  (crescita regolare);
- $\Delta_{4-1}= 52,75\%$  (crescita regolare);
  
- C1  $\rightarrow 956,32-27,18= 929,14\text{€}/\text{m}^2$  (crescita intensa)  $\Delta_{\text{reg.}}=-1,53\%$ ;
- C4  $\rightarrow 1519,01-70,26= 1448,75\text{€}/\text{m}^2$  (crescita intensa)  $\Delta_{\text{reg.}}=+0,52\%$ ;
- $\Delta_{4-1}= 55,92\%$  (crescita intensa);
  
- C1  $\rightarrow 707,79-12,33= 695,46\text{€}/\text{m}^2$  (stagflazione)  $\Delta_{\text{reg.}}=-26,29\%$ ;
- C4  $\rightarrow 1155,22-31,89= 1123,33\text{€}/\text{m}^2$  (stagflazione)  $\Delta_{\text{reg.}}=-22,06\%$ ;
- $\Delta_{4-1}= 61,52\%$  (stagflazione);
  
- C1  $\rightarrow 1059,52-50,49= 1009,03\text{€}/\text{m}^2$  (deflazione)  $\Delta_{\text{reg.}}=+6,94\%$ ;
- C4  $\rightarrow 1540,89-130,63= 1410,26\text{€}/\text{m}^2$  (deflazione)  $\Delta_{\text{reg.}}=-2,15\%$ ;
- $\Delta_{4-1}= 39,76\%$  (deflazione)

Anche in questo caso valgono le considerazioni finali fatte in precedenza sulla “deflazione”.

#### IV.4.3 Zona Climatica "D"

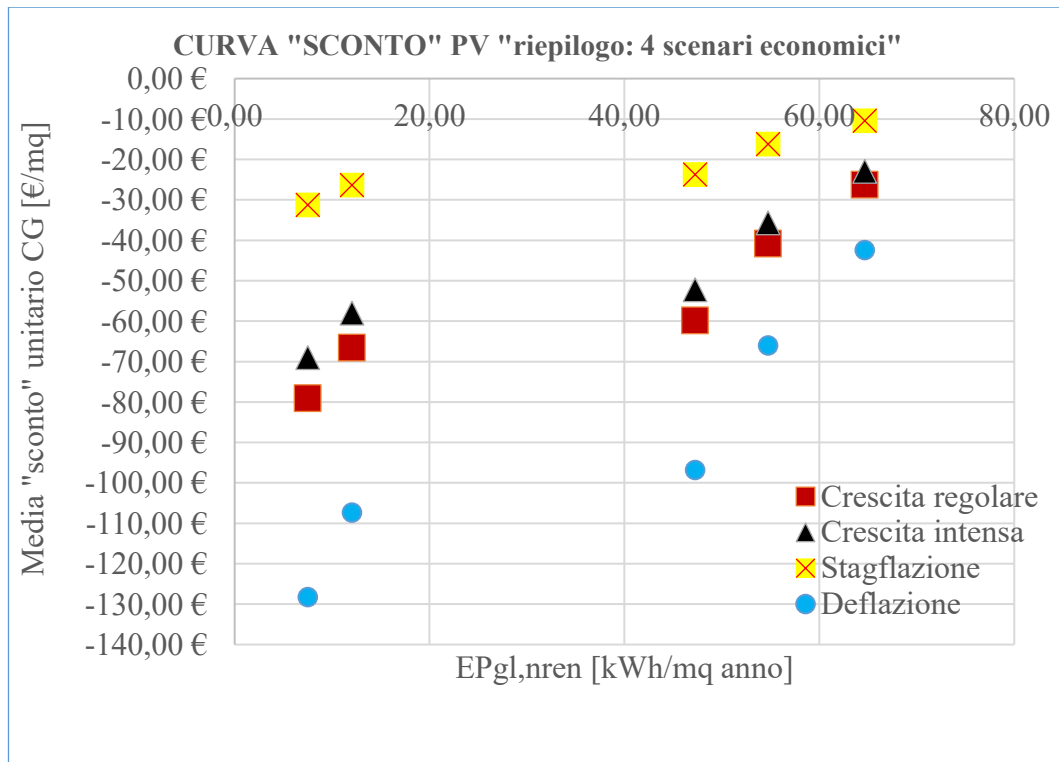


Tabella 152

Nella zona climatica D, dalla *tabella 152* è possibile condurre le stesse considerazioni fatte in precedenza. Confrontando gli scenari economici, si può veder come nella “stagflazione” il valore sia moderatamente più basso rispetto gli altri casi. Nello scenario “deflazione”, invece, si ha un notevole incremento dello “sconto” dovuto alla vendita delle “eccedenze” energetiche.

Riepilogando gli scenari tecnici rappresentativi della zona, quali D1=cost-optimal e D5=nZEB, si hanno:

- D1 → sconto = -26,21€/m<sup>2</sup> (crescita regolare);
- D5 → sconto = -79,06€/m<sup>2</sup> (crescita regolare);
- $\Delta_{5-1}$  = 201,64% (crescita regolare);
  
- D1 → sconto = -22,89€/m<sup>2</sup> (crescita intensa)  $\Delta_{reg.}$  = -12,67%;
- D5 → sconto = -69,04€/m<sup>2</sup> (crescita intensa)  $\Delta_{reg.}$  = -12,67%;
- $\Delta_{5-1}$  = 201,62% (crescita intensa);
  
- D1 → sconto = -10,40€/m<sup>2</sup> (stagflazione)  $\Delta_{reg.}$  = -60,32%;

- D5 → sconto = -31,25€/m<sup>2</sup> (stagflazione)  $\Delta_{reg.} = -60,47\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 200,48\%$  (stagflazione);
- D1 → sconto = -42,41€/m<sup>2</sup> (deflazione)  $\Delta_{reg.} = +61,81\%$ ;
- D5 → sconto = -128,26€/m<sup>2</sup> (deflazione)  $\Delta_{reg.} = +62,23\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 202,43\%$  (deflazione)

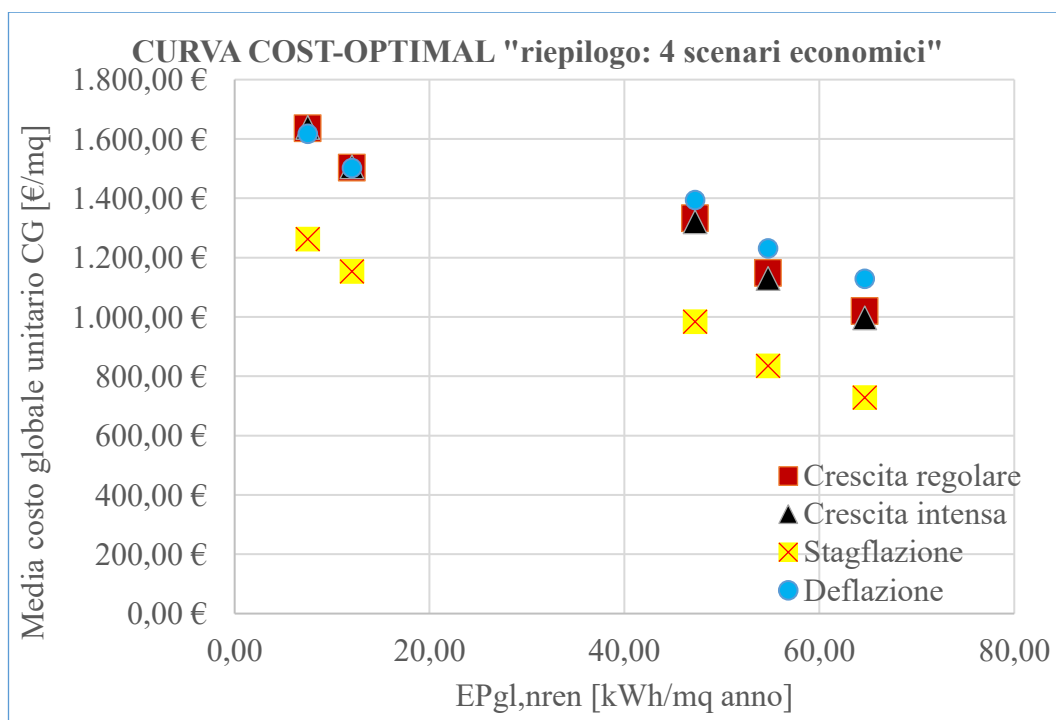


Tabella 153

Dalla tabella soprastante, si osserva che le curve cost-optimal rimangono inalterate per forma rispetto a quelle analizzate in precedenza.

Riepilogando, in modo analogo a quanto fatto prima si riportano i valori delle differenze tra i costi globali unitari medi ridotti dei rispettivi “sconti”. Per D1=cost-optimal e D5=nZEB, si hanno:

- D1 →  $1045,82 - 26,21 = 1019,61 \text{ €/m}^2$  (crescita regolare);
- D5 →  $1714,89 - 79,06 = 1635,83 \text{ €/m}^2$  (crescita regolare);
- $\Delta_{5-1} = 60,44\%$  (crescita regolare);
- D1 →  $1019,44 - 22,89 = 996,55 \text{ €/m}^2$  (crescita intensa)  $\Delta_{reg.} = -2,26\%$ ;
- D5 →  $1707,76 - 69,04 = 1638,72 \text{ €/m}^2$  (crescita intensa)  $\Delta_{reg.} = +0,18\%$ ;

- $\Delta_{5-1} = 64,44\%$  (crescita intensa);
- D1  $\rightarrow 737,98-10,40= 727,59\text{€}/\text{m}^2$  (stagflazione)  $\Delta_{\text{reg.}}=-28,64\%$ ;
- D5  $\rightarrow 1293,47-31,25= 1262,21\text{€}/\text{m}^2$  (stagflazione)  $\Delta_{\text{reg.}}=-22,84\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 73,48\%$  (stagflazione);
- D1  $\rightarrow 1171,03-42,41= 1128,62\text{€}/\text{m}^2$  (deflazione)  $\Delta_{\text{reg.}}=+10,69\%$ ;
- D5  $\rightarrow 1745,16-128,26= 1616,90\text{€}/\text{m}^2$  (deflazione)  $\Delta_{\text{reg.}}=-1,16\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 43,26\%$  (deflazione)

Anche in questo caso valgono le considerazioni finali fatte in precedenza sulla “deflazione”.

#### IV.4.4 Zona Climatica “E”

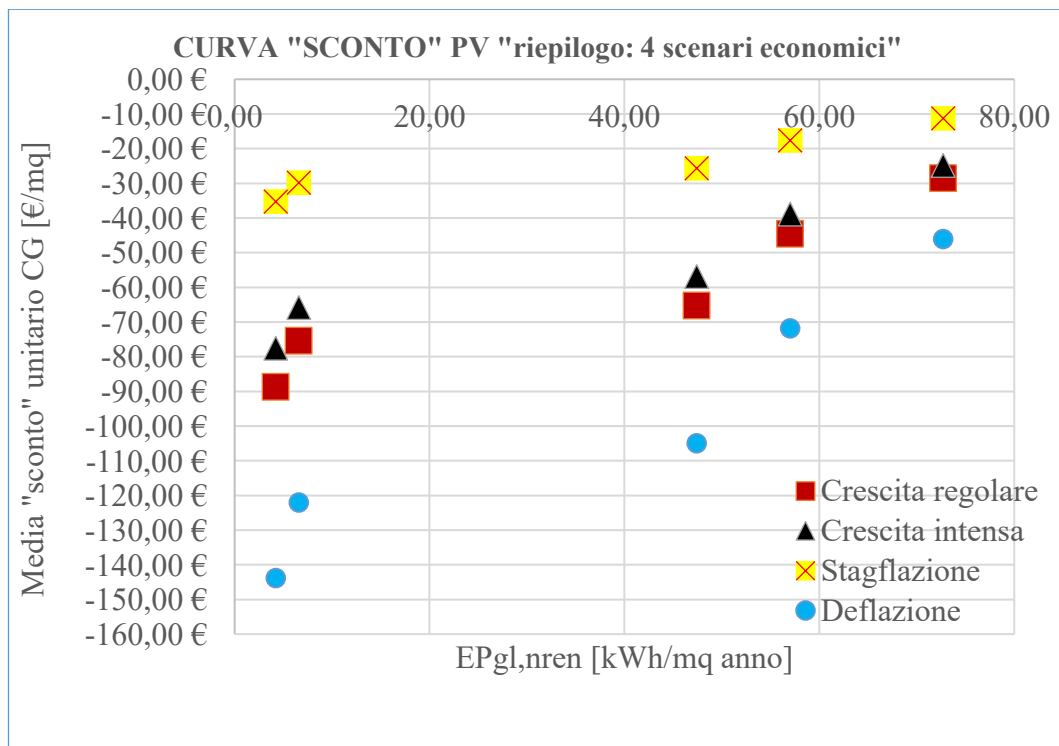


Tabella 154

Nella zona climatica E, dalla *tabella 154* è possibile condurre le stesse considerazioni fatte in precedenza. Confrontando gli scenari economici, si può veder come nella “stagflazione” il valore sia moderatamente più basso rispetto gli

altri casi. Nello scenario “deflazione”, invece, si ha un notevole incremento dello “sconto” dovuto alla vendita delle “eccedenze” energetiche.

Riepilogando gli scenari tecnici rappresentativi della zona, quali E1=cost-optimal e E5=nZEB, si hanno:

- E1 → sconto = -28,51€/m<sup>2</sup> (crescita regolare);
- E5 → sconto = -88,72€/m<sup>2</sup> (crescita regolare);
- $\Delta_{5-1} = 211,19\%$  (crescita regolare);
  
- E1 → sconto = -24,90€/m<sup>2</sup> (crescita intensa)  $\Delta_{reg.} = -12,66\%$ ;
- E5 → sconto = -77,55€/m<sup>2</sup> (crescita intensa)  $\Delta_{reg.} = -12,59\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 211,45\%$  (crescita intensa);
  
- E1 → sconto = -11,31€/m<sup>2</sup> (stagflazione)  $\Delta_{reg.} = -60,33\%$ ;
- E5 → sconto = -35,25€/m<sup>2</sup> (stagflazione)  $\Delta_{reg.} = -60,27\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 211,67\%$  (stagflazione);
  
- E1 → sconto = -46,13€/m<sup>2</sup> (deflazione)  $\Delta_{reg.} = +61,80\%$ ;
- E5 → sconto = -143,87€/m<sup>2</sup> (deflazione)  $\Delta_{reg.} = +62,16\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 211,88\%$  (deflazione)



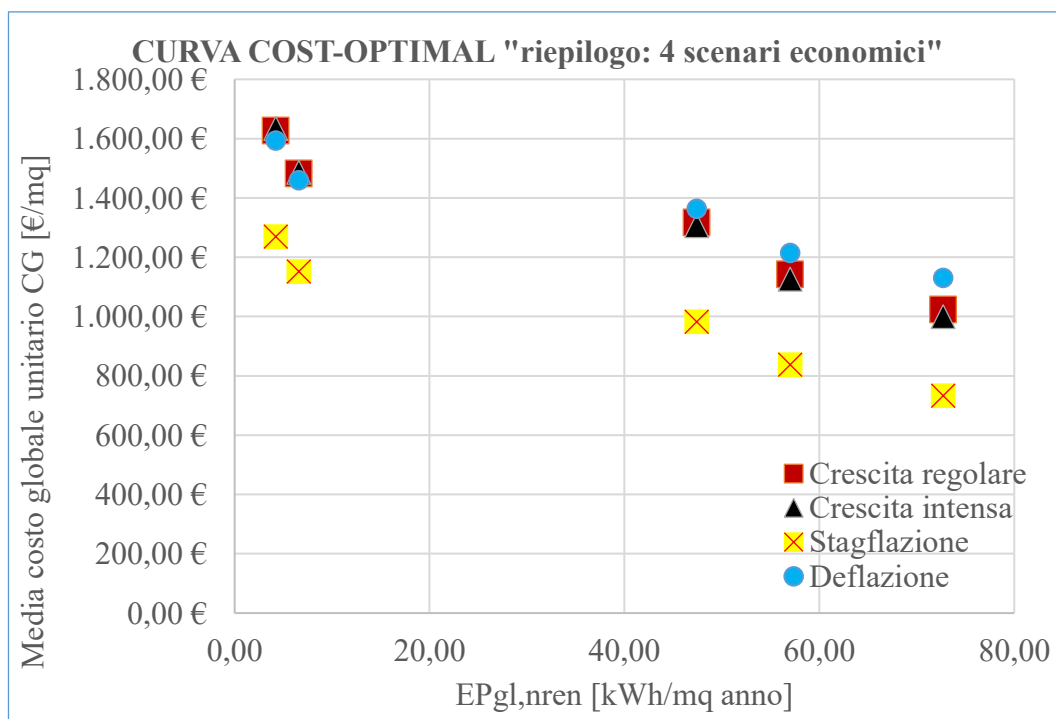


Tabella 155

Dalla tabella soprastante, si osserva che le curve cost-optimal rimangono inalterate per forma rispetto a quelle analizzate in precedenza.

Riepilogando, in modo analogo a quanto fatto prima si riportano i valori delle differenze tra i costi globali unitari medi ridotti dei rispettivi “sconti”. Per  $E1 = \text{cost-optimal}$  e  $E5 = \text{nZEB}$ , si hanno:

- $E1 \rightarrow 1051,41 - 28,51 = 1022,90 \text{ €/m}^2$  (crescita regolare);
- $E5 \rightarrow 1715,20 - 88,72 = 1626,48 \text{ €/m}^2$  (crescita regolare);
- $\Delta_{5-1} = 59,01\%$  (crescita regolare);
  
- $E1 \rightarrow 1024,68 - 24,90 = 999,78 \text{ €/m}^2$  (crescita intensa)  $\Delta_{\text{reg.}} = -2,26\%$ ;
- $E5 \rightarrow 1711,25 - 77,55 = 1634,00 \text{ €/m}^2$  (crescita intensa)  $\Delta_{\text{reg.}} = +0,46\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 63,44\%$  (crescita intensa);
  
- $E1 \rightarrow 744,14 - 11,31 = 732,83 \text{ €/m}^2$  (stagflazione)  $\Delta_{\text{reg.}} = -28,36\%$ ;
- $E5 \rightarrow 1304,96 - 35,25 = 1269,71 \text{ €/m}^2$  (stagflazione)  $\Delta_{\text{reg.}} = -21,94\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 73,26\%$  (stagflazione);

- E1 → 1176,06-46,13= 1129,92€/m<sup>2</sup> (deflazione) Δ<sub>reg.</sub> =+10,46%;
- E5 → 1736,57-143,87= 1592,70€/m<sup>2</sup> (deflazione) Δ<sub>reg.</sub> =-2,08%;
- Δ<sub>5-1</sub> = 40,96% (deflazione)

Anche in questo caso valgono le considerazioni finali fatte in precedenza sulla “deflazione”.

#### IV.4.5 Zona Climatica “F”

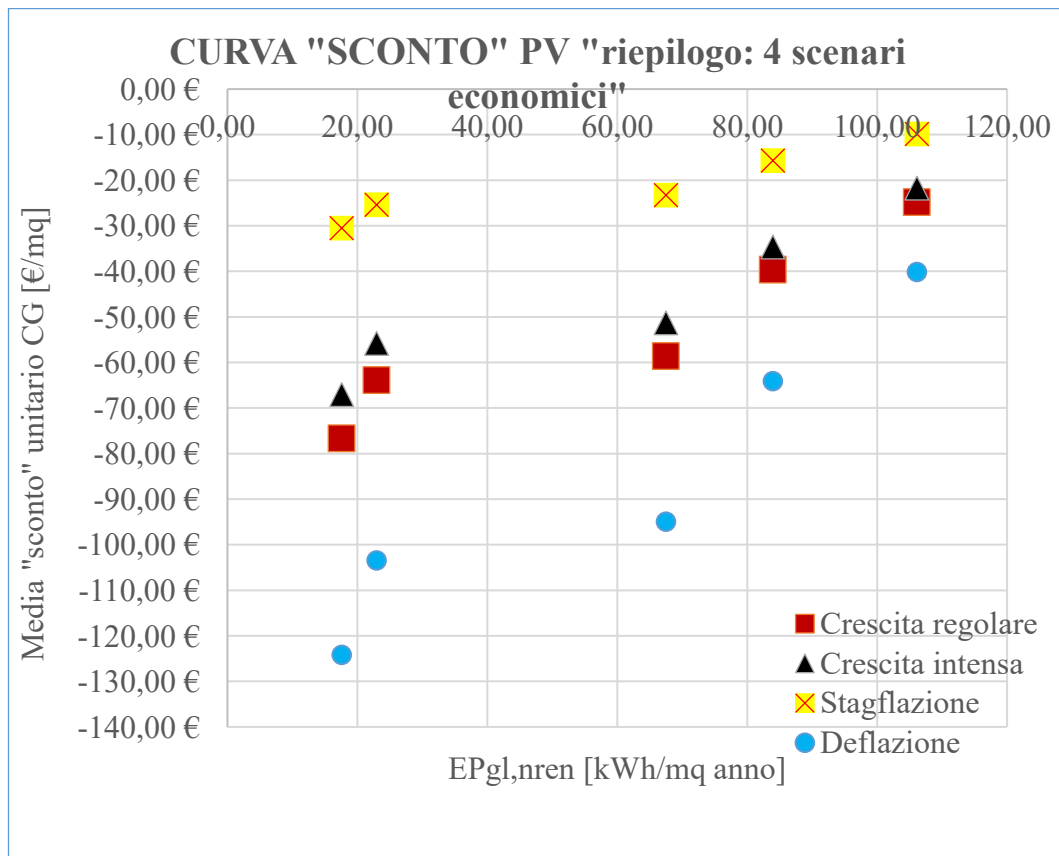


Tabella 156

Nella zona climatica F, dalla *tabella 156* è possibile condurre le stesse considerazioni fatte in precedenza. Confrontando gli scenari economici, si può veder come nella “stagflazione” il valore sia moderatamente più basso rispetto gli altri casi. Nello scenario “deflazione”, invece, si ha un notevole incremento dello “sconto” dovuto alla vendita delle “eccedenze” energetiche.

Riepilogando gli scenari tecnici rappresentativi della zona, quali F1=cost-optimal e F5=nZEB, si hanno:

- F1 → sconto = -24,83€/m<sup>2</sup> (crescita regolare);

- F5 → sconto = -76,67€/m<sup>2</sup> (crescita regolare);
- $\Delta_{5-1} = 208,78\%$  (crescita regolare);
- F1 → sconto = -21,71€/m<sup>2</sup> (crescita intensa)  $\Delta_{reg.} = -12,57\%$ ;
- F5 → sconto = -67,02€/m<sup>2</sup> (crescita intensa)  $\Delta_{reg.} = -12,59\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 208,71\%$  (crescita intensa);
- F1 → sconto = -9,81€/m<sup>2</sup> (stagflazione)  $\Delta_{reg.} = -60,49\%$ ;
- F5 → sconto = -30,46€/m<sup>2</sup> (stagflazione)  $\Delta_{reg.} = -60,27\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 210,50\%$  (stagflazione);
- F1 → sconto = -40,11€/m<sup>2</sup> (deflazione)  $\Delta_{reg.} = +61,54\%$ ;
- F5 → sconto = -124,16€/m<sup>2</sup> (deflazione)  $\Delta_{reg.} = +61,94\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 209,55\%$  (deflazione)

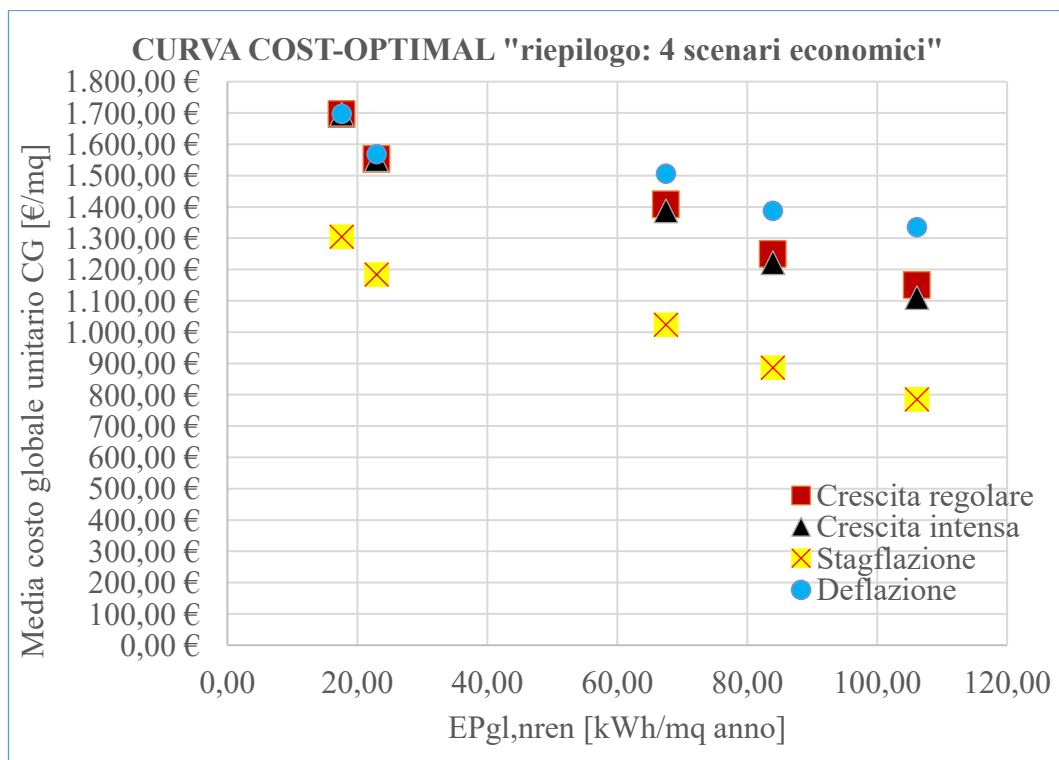


Tabella 157

Dalla tabella soprastante, si osserva che le curve cost-optimal rimangono inalterate per forma rispetto a quelle analizzate in precedenza.

Riepilogando, in modo analogo a quanto fatto prima si riportano i valori delle differenze tra i costi globali unitari medi ridotti dei rispettivi “sconti”. Per  $F1 = \text{cost-optimal}$  e  $F5 = \text{nZEB}$ , si hanno:

- $F1 \rightarrow 1174,71 - 24,83 = 1149,89 \text{€}/\text{m}^2$  (crescita regolare);
- $F5 \rightarrow 1772,46 - 76,67 = 1695,79 \text{€}/\text{m}^2$  (crescita regolare);
- $\Delta_{5-1} = 47,47\%$  (crescita regolare);
  
- $F1 \rightarrow 1132,03 - 21,71 = 1110,32 \text{€}/\text{m}^2$  (crescita intensa)  $\Delta_{\text{reg.}} = -3,44\%$ ;
- $F5 \rightarrow 1763,42 - 67,02 = 1696,40 \text{€}/\text{m}^2$  (crescita intensa)  $\Delta_{\text{reg.}} = +0,36\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 52,78\%$  (crescita intensa);
  
- $F1 \rightarrow 794,74 - 9,81 = 784,93 \text{€}/\text{m}^2$  (stagflazione)  $\Delta_{\text{reg.}} = -31,74\%$ ;
- $F5 \rightarrow 1334,70 - 30,46 = 1304,24 \text{€}/\text{m}^2$  (stagflazione)  $\Delta_{\text{reg.}} = -23,09\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 66,16\%$  (stagflazione);
  
- $F1 \rightarrow 1375,24 - 40,11 = 1335,13 \text{€}/\text{m}^2$  (deflazione)  $\Delta_{\text{reg.}} = +16,11\%$ ;
- $F5 \rightarrow 1821,27 - 124,16 = 1697,11 \text{€}/\text{m}^2$  (deflazione)  $\Delta_{\text{reg.}} = +0,08\%$ ;
- $\Delta_{5-1} = 27,11\%$  (deflazione)

Anche in questo caso valgono le considerazioni finali fatte in precedenza sulla “deflazione”.

### *Riepilogo*

Si è osservato che il valore massimo di sconto si ottiene in “deflazione”, ciò permette di avvicinare molto questo scenario economico a quello di riferimento “crescita regolare”. Dall’altra parte, in “stagflazione” si ha lo sconto minore, nonostante ciò questo scenario rimane quello da privilegiare perché mantiene i costi globali più bassi. Qualunque siano gli scenari economici, gli “sconti” derivanti dalla vendita delle “eccedenze” elettriche sono molto bassi e non permettono agli scenari prestazionali di raggiungere costi convenienti e ottimali.

# CONCLUSIONI

## RIEPILOGO E ASPETTI RILEVANTI

La presente tesi ha dimostrato principalmente che:

- 1) gli scenari “1” sono cost-optimal e gli scenari “4” e “5” sono nZEB;
- 2) il gap tra cost-optimal e nZEB è elevato e tale da frenare gli investimenti verso soluzioni più prestazionali (nZEB economicamente svantaggioso);
- 3) gli scenari nZEB hanno dispersioni (dev.std.relativa) maggiori rispetto agli altri;
- 4) gli “sconti” dovuti alla vendita di elettricità “eccedente” sono molto bassi e tali da non incentivare l’adozione di soluzioni nZEB.

Questi concetti ed altri aspetti di dettaglio sono riepilogati di seguito.

Indagando le prestazioni energetiche su tutte le zone climatiche studiate (A+B, C, D, E, F), tra lo scenario tecnico 1 e quello 5 c’è una differenza percentuale variabile dal 44% al 48% dell’ $EP_{gl,tot}$ . Inoltre, il fabbisogno di energia utile per il riscaldamento per gli scenari 1 è di circa  $2,08 \div 3,75$  volte superiore il fabbisogno dello scenario 5. Si osserva una riduzione graduale dell’ $EP_{gl,tot}$  su tutte le zone climatiche, con conseguente riduzione dell’ $EP_{gl,nren}$  e incremento dell’ $EP_{gl,ren}$ . L’energia rinnovabile, negli scenari 5, ricopre fino al 98% l’energia globale totale; nella zona “F” questo valore si attesta sul 75%. Questi aspetti sono legati al fatto che, appunto, si è adottato un processo graduale di incremento dei livelli di prestazione delle misure di efficientamento; infatti negli scenari 4 e 5 si adottano pompe di calore, elevati spessori di isolamento (fino a 20cm) e superfici captanti dei pannelli solari molto grandi (fino a  $70m^2$ ). Nel grafico seguente si possono osservare gli andamenti e i gap, di cui si è appena accennato, tra le soluzioni cost-optimal di ogni zona climatica e i rispettivi altri scenari tecnici. Negli altri due grafici, si possono notare gli andamenti delle prestazioni e dei costi degli scenari tecnici nelle rispettive zone climatiche.

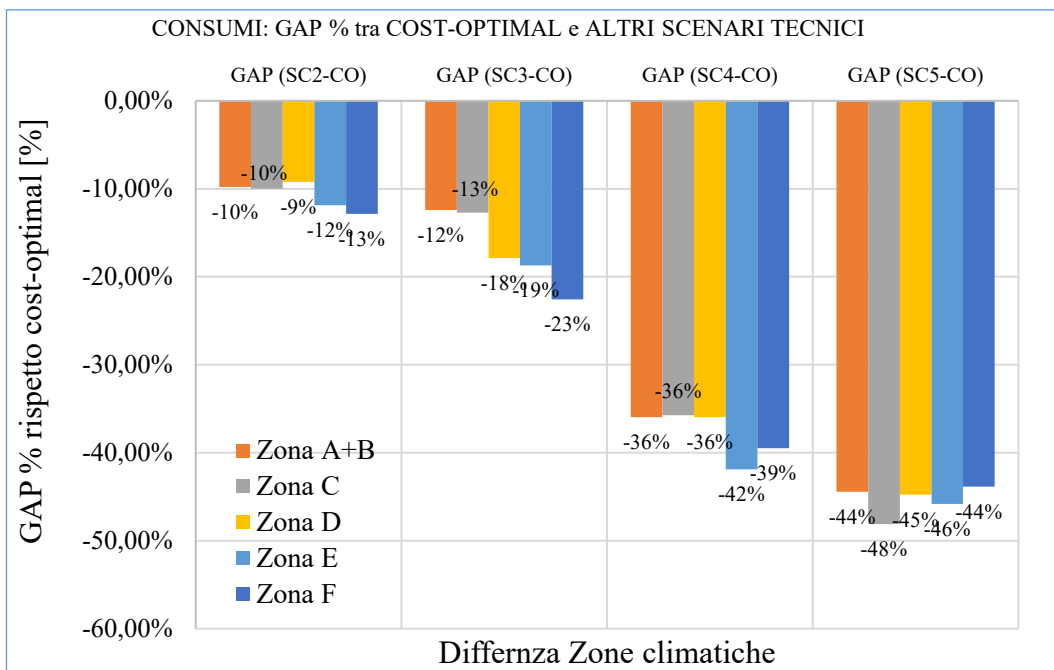


Tabella 158

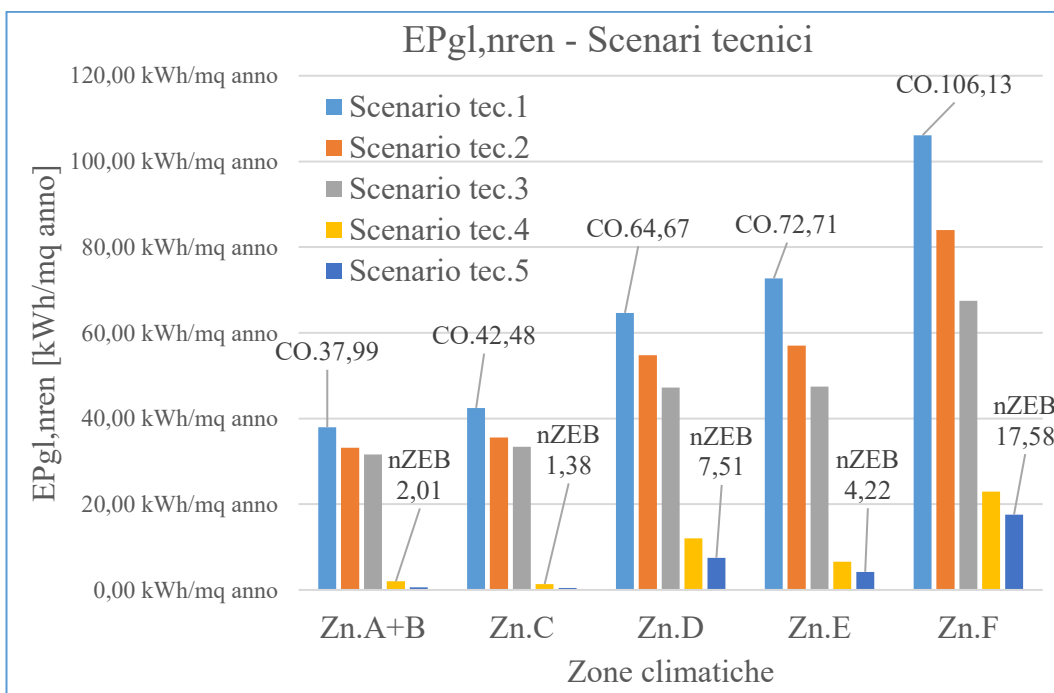


Tabella 159

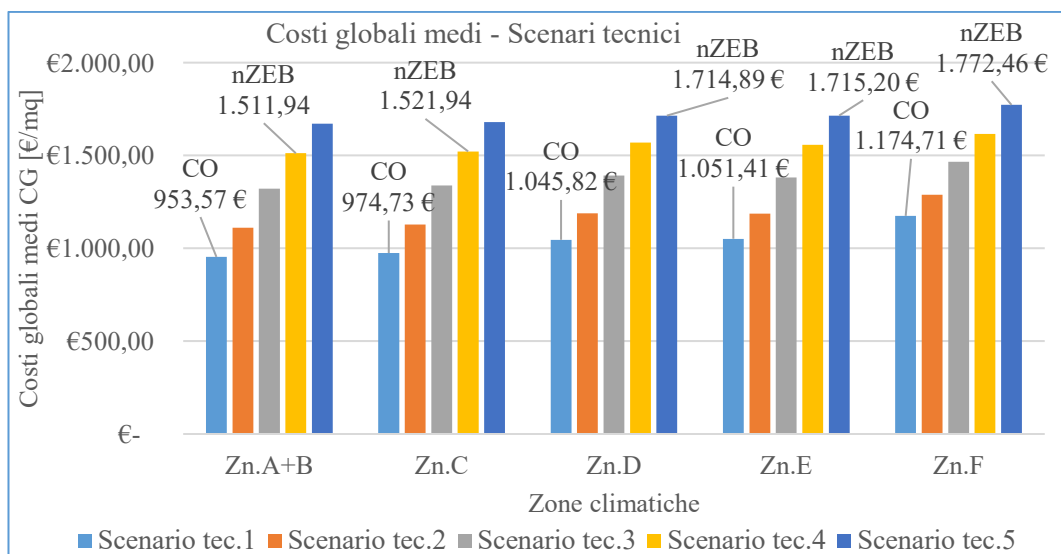


Tabella 160

I livelli prestazionali elevati conducono a un basso consumo energetico con alto utilizzo di energia rinnovabile, da un lato, ed a investimenti iniziali più alti, dall'altro lato. Limitandosi alla valutazione economica, i costi di investimento maggiore non sono compensati da vantaggi energetici nel periodo considerato. Gli "sconti" sono molto bassi e non permettono agli scenari prestazionali di ridurre i costi ed essere ottimali. Indagando le curve cost-optimal in tutte le zone climatiche analizzate e in tutti gli scenari economici, si vede che lo scenario tecnico 1 è quello con il costo più basso rispetto gli altri; mentre gli scenari 4 (AB4, C4) e 5 (D5, E5, F5) sono quelli nZEB con valori di costo più grande. Negli scenari di riferimento "crescita regolare" o baseline", si ha che lo scenario nZEB ha un costo superiore a quello cost-optimal variabile da 1,51 (in zona "F") a 1,64 volte (in zona "D"). Di particolare interesse risultano essere gli scenari economici "stagflazione" e "deflazione", perché in "stagflazione" si ha un incremento del gap tra i due scenari tecnici considerati (con costo superiore a 1,63 volte in "C" e 1,75 in "E"), mentre in "deflazione" il gap tra cost-optimal e nZEB si riduce (con costo superiore a 1,32 volte in "F" e 1,49 in "A+B"). Si può osservare ciò dai grafici successivi.

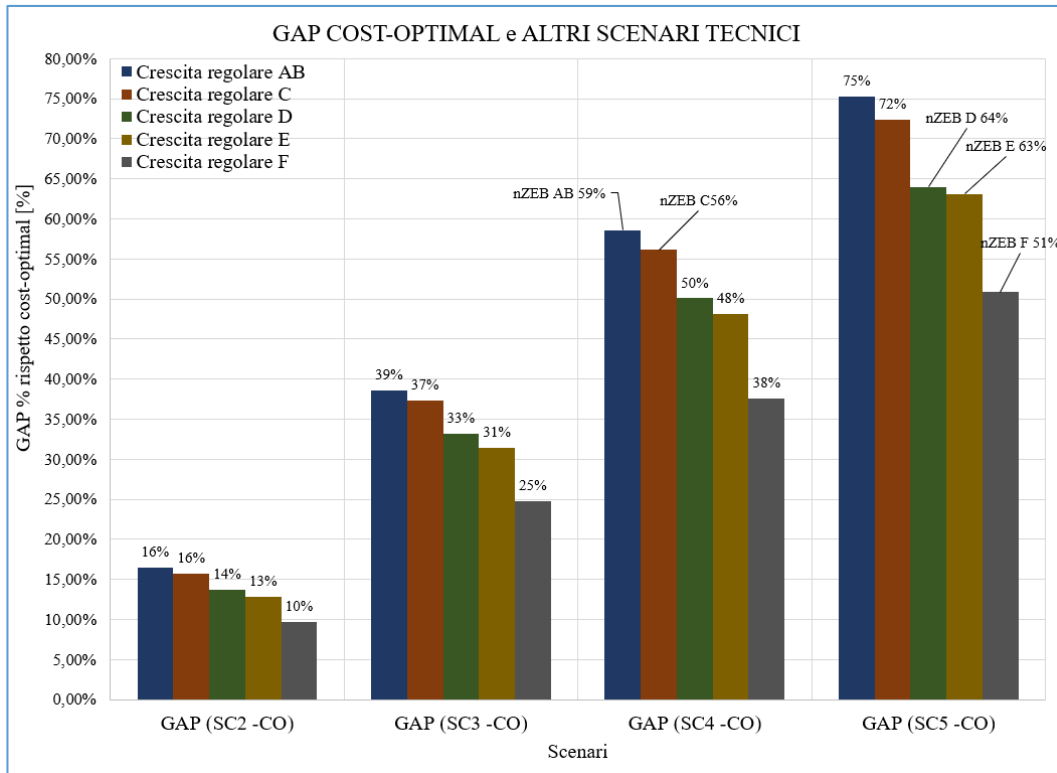


Tabella 161

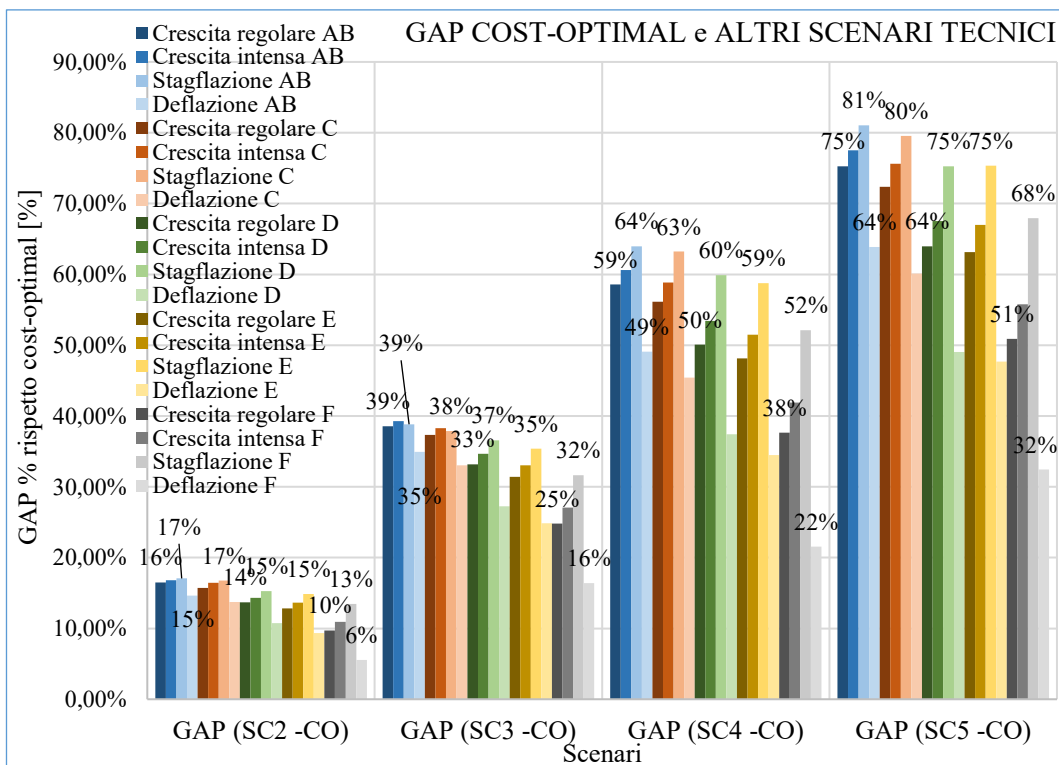


Tabella 162



In tutte le zone climatiche e nello scenario “baseline”, il cost-optimal ha un valore variabile da 953,57€/m<sup>2</sup> con dev.std.relattiva di 43,97% (zona “A+B”) fino a 1174,71€/m<sup>2</sup> con dev.std.relattiva di 36,25% (zona “F”), mentre lo scenario nZEB ha valore di costo globale medio unitario variabile da 1511,94€/m<sup>2</sup> con dev.std.relattiva di 65,95% (zona “A+B”) fino a 1772,46€/m<sup>2</sup> con dev.std.relattiva di 66,06% (zona “F”).

Nello scenario “stagflazione”, il cost-optimal ha un valore variabile da 695,73€/m<sup>2</sup> con dev.std.relattiva di 34,63% (zona “A+B”) fino a 794,74€/m<sup>2</sup> con dev.std.relattiva di 30,79% (zona “F”), mentre lo scenario nZEB ha valore di costo globale medio unitario variabile da 1140,85€/m<sup>2</sup> con dev.std.relattiva di 50,57% (zona “A+B”) fino a 1772,46€/m<sup>2</sup> con dev.std.relattiva di 50,73% (zona “F”); quindi si ha una diminuzione dei costi globali medi e della dispersione data dalla dev.std.relattiva.

Nello scenario “deflazione”, il cost-optimal ha un valore variabile da 1028,30€/m<sup>2</sup> con dev.std.relattiva di 41,32% (zona “A+B”) fino a 1375,24€/m<sup>2</sup> con dev.std.relattiva di 31,43% (zona “F”), mentre lo scenario nZEB ha valore di costo globale medio unitario variabile da 1533,03€/m<sup>2</sup> con dev.std.relattiva di 65,88% (zona “A+B”) fino a 1821,27€/m<sup>2</sup> con dev.std.relattiva di 65,41% (zona “F”); quindi si ha un incremento dei costi globali medi e della dispersione data dalla dev.std.relattiva.

Si può osservare come la dispersione sia minore in corrispondenza di costi globali medi più bassi e, in particolar modo, si riduce per tutti i cost-optimal passando dalla zona “A+B” alla “F”. In merito al primo concetto, l’incertezza diminuisce con investimenti iniziali più bassi; mentre il riferimento allo scostamento rispetto alle zone climatiche, è imputabile al fatto che le tariffe energetiche sono più alte (0,82-0,85€/Smc) in A+B rispetto alla zona “F” (0,70-0,83€/Smc). Invece, negli scenari nZEB, la dispersione rimane sempre molto simile, perché si fa largo uso di energia rinnovabile, la cui tariffa è bassa e simile su tutti i casi, quindi di per sé meno incerta.

Si nota anche che in “stagflazione” i costi globali sono i più bassi, questo è dovuto al fatto che il PIL, usato per l’escalation dei prezzi, è molto basso. Si può osservare come nel grafico seguente tutti gli scenari di “stagflazione” (simbolo=quadrato) sono inferiori ai corrispondenti altri scenari economici.

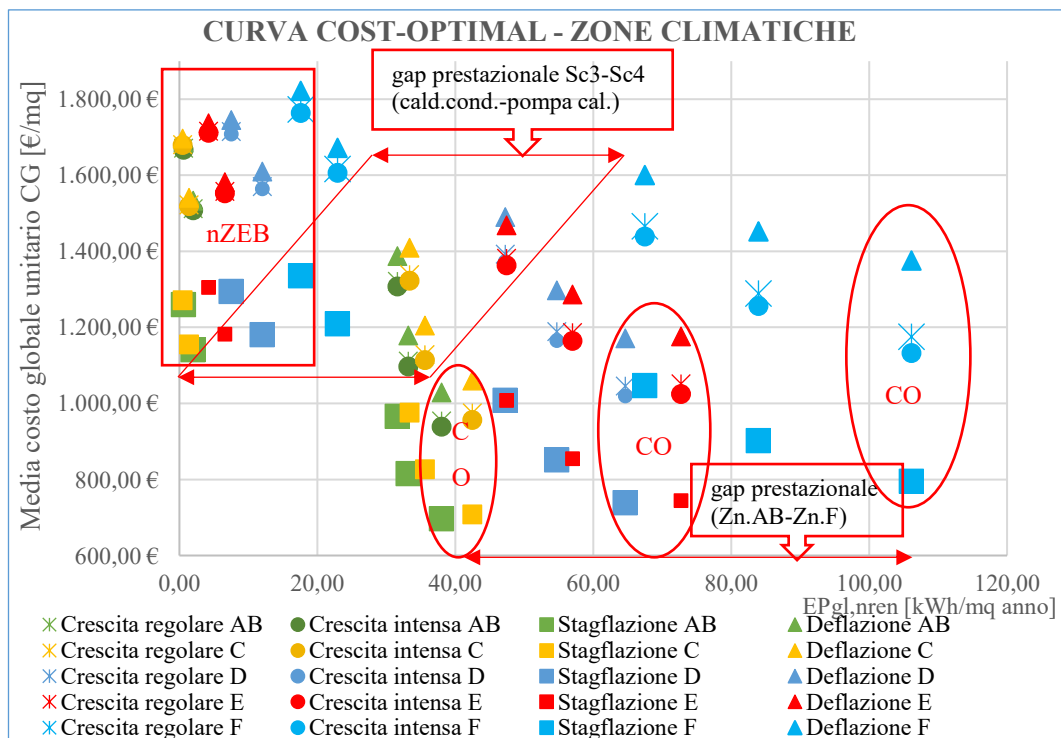


Tabella 163

Dal grafico si nota come vi siano due gap prestazionali: tra i cost-optimal, imputabile alla variazione di zona climatica; tra gli scenari 3 e 4, imputabile al passaggio dall'uso della caldaia a condensazione (gas → non rinnovabile) nello scenario 3 alla pompa di calore (elettricità → rinnovabile) nello scenario 4, con conseguente “salto” nell'uso delle fonti non rinnovabili.

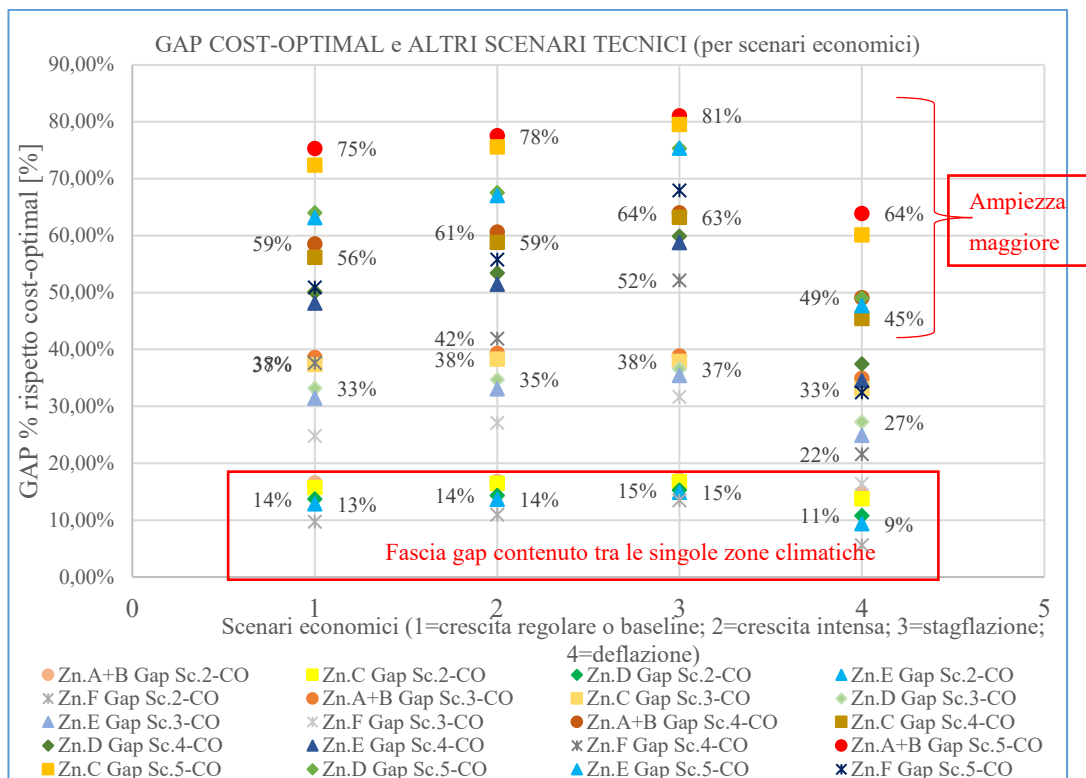


Tabella 164

Dal grafico sopra si nota che tutti gli scenari economici hanno una ampiezza di valori consistente, un po' più contenuta in "deflazione". Si vede anche che negli scenari meno costosi (fino al 3), il gap rimane circoscritto a fasce contenute di valori; mentre su quelli superiori sono più "dispersi".

La deflazione mostra i gap minori e la stagflazione quelli maggiori.

Nel grafico sottostante si può riscontrare un andamento simile a sopra per quanto riguarda le zone climatiche. Nello specifico, si ha un andamento decrescente dei gap andando dalla zona A+B verso la F, con la F che ha i gap tra cost-optimal e altri scenari tecnici più piccoli; si nota una relazione decrescente aumentando i gradi-giorno.

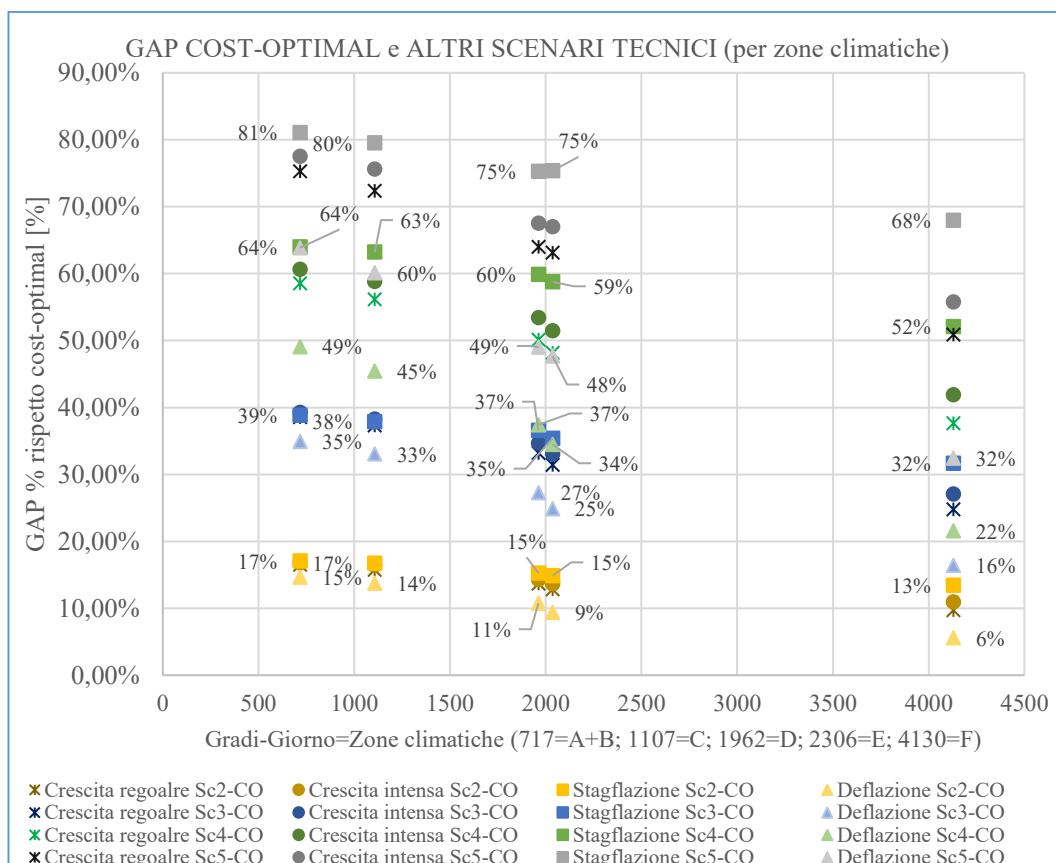


Tabella 165

In tutte le zone climatiche e scenari economici, lo share dei costi di investimento rappresenta la voce più corposa dei costi, con una variabilità che va dal 61% al 95%. Lo share dei costi energetici è molto basso negli scenari 4 e 5, perché si fa uso di energia rinnovabile e isolamento importante. Inoltre, su tutte le situazioni possibili, la percentuale dei costi di investimento si incrementa passando dallo scenario 1 al 5, perché le soluzioni tecniche sono via via sempre più costose; viceversa si riducono gli share energetici. In particolare modo, in “stagflazione” si incrementano i costi di investimento, viceversa in “deflazione” si riducono e si incrementano gli share energetici. Queste considerazioni nascono dal fatto che in “deflazione” entrambi i tassi diminuiscono e, di conseguenza, anche la percentuale di costo di investimento, la cui diminuzione viene colmata o dai costi manutentivi o energetici. Invece in “stagflazione”, i tassi aumentano. Nei grafici seguenti si mostra l’andamento degli share di investimento, per zone climatiche e scenari economici (il primo grafico è riassuntivo della sola “crescita regolare” perché corrisponde al riferimento).

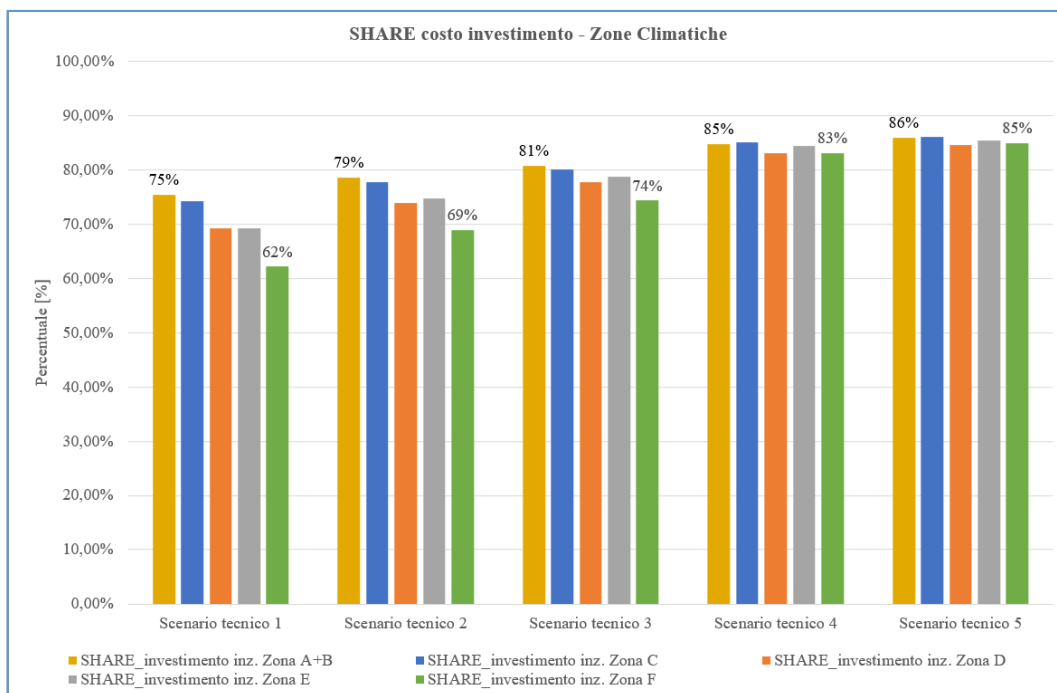


Tabella 166

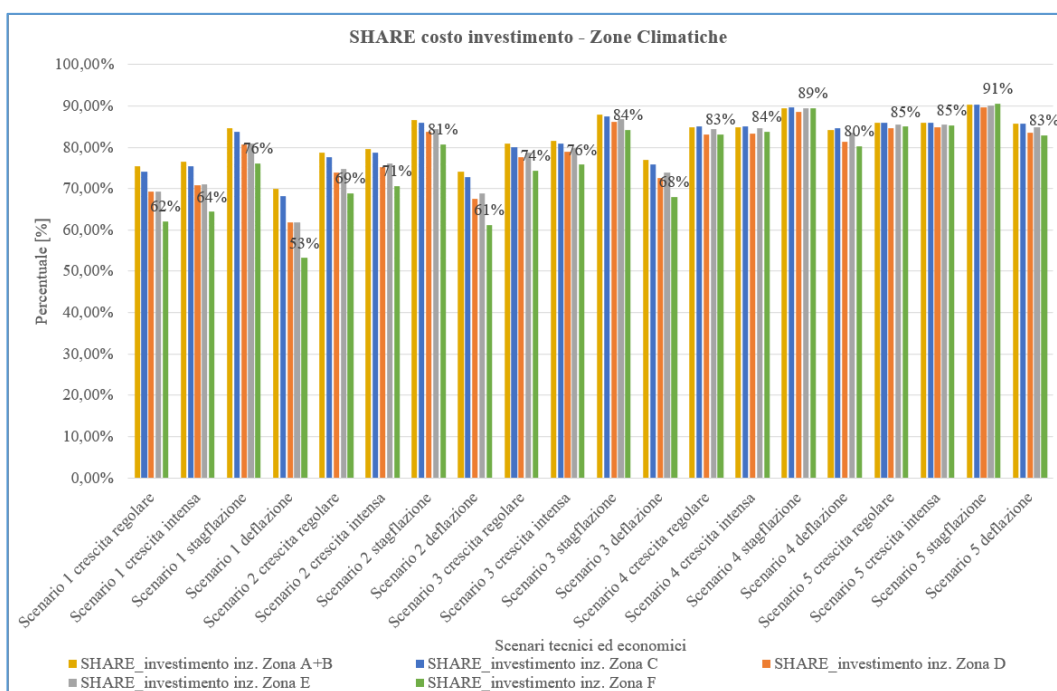


Tabella 167

Si sono analizzati anche gli “sconti” sul periodo di calcolo considerato dovuti dalla vendita dell’energia elettrica prodotta dai pannelli fotovoltaici. Si vede che, aumentando le superfici captanti e quindi la produzione/vendita, lo sconto aumenta andando verso gli scenari più prestazionali. In “stagflazione” si ha la

minore deduzione dai costi (intorno ai 10-40€/m<sup>2</sup>), ma ciò non cambia la situazione tra i vari scenari, in quanto questo scenario rimane sempre quello con i costi più bassi. In “deflazione”, lo “sconto” ottenuto è molto più alto (intorno ai 40-140€/m<sup>2</sup>), ciò permette di far avvicinare questo scenario a quello “baseline”. Da ciò, si deduce che le riduzioni sul periodo di calcolo considerato dovute alla vendita delle “eccedenze” hanno bassi impatti sui costi globali. Dai grafici seguenti si può capire che gli sconti sono insufficienti, perché i gap economici rimangono comunque molto alti, infatti, si riducono solo del 2-5% rispetto alla *tabella 161 e 162* precedente.

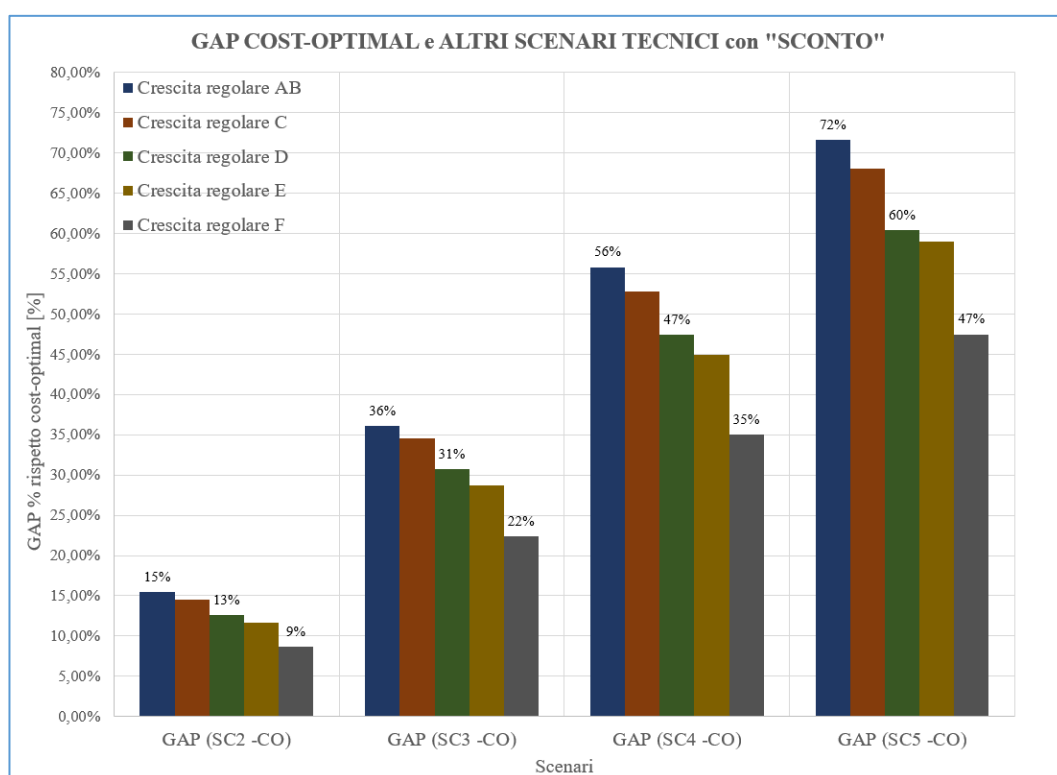


Tabella 168

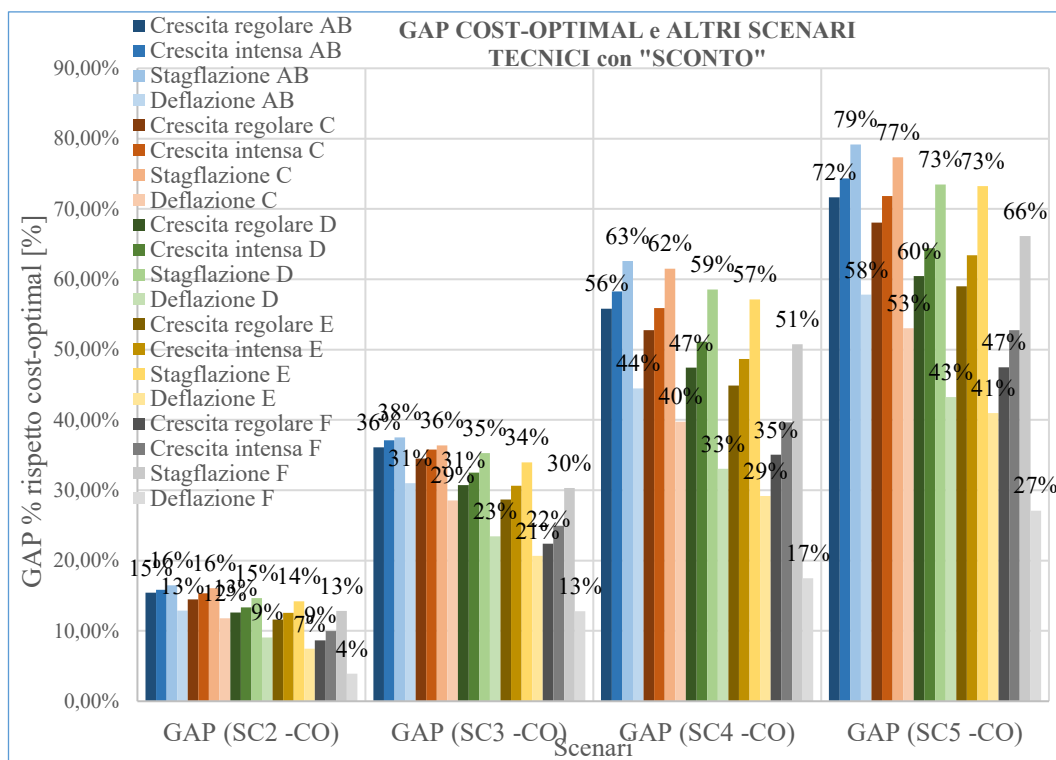


Tabella 169

Si conclude, quindi, affermando che l'uso di approcci stocastici per la determinazione del cost-optimal in metodologie di analisi LCC è molto importante, soprattutto, per la variabilità degli input e delle condizioni al contorno, quali condizioni climatiche, tecniche ed economiche.

#### IPOTESI FUTURE RICERCHE

Vista la variabilità dei dati di input, si propone comunque di indagare nel dettaglio questi aspetti in futuro. In particolar modo, si possono analizzare o ci si può indirizzare tecnologicamente verso i seguenti aspetti:

- si potrebbe incrementare la raccolta dati riguardo le condizioni climatiche/metereologiche, sia per frequenza di campionamento che per discretizzazione spaziale del territorio (es.: come fatto per la zonizzazione sismica con discretizzazione in maglie ridotte);
- si potrebbe creare un archivio delle tariffe energetiche per i capoluoghi di provincia, comprendendo la variabilità temporale e spaziale;
- si potrebbe indagare più nel dettaglio la vita utile dei componenti tecnici e i relativi costi di manutenzione;

- i dati sopra possono essere inseriti in software open-source che hanno un alto grado di interoperabilità, facilitandone lo scambio, la raccolta e l'elaborazione;
- si potrebbe indagare ulteriormente l'incidenza dell'aspetto climatico con altri scenari economici e/o con alternative soluzioni tecniche;
- si auspica l'utilizzo di software più completi, che permettano di eseguire indagini in regime dinamico, così da valutare anche gli aspetti estivi;
- si auspica, infine, la realizzazione di software "commerciali" che abbiano all'interno tutta la metodologia stocastica applicata, partendo dalla modellazione fino alla elaborazione dei dati nei vari scenari tecnici ed economici.



## ALLEGATI

### RIEPILOGO MISURE DI EFFICIENTAMENTO

CODICE IDENTIFICATIVO ID ↓		EEM ↓			
		ID ↓	Ordine ↓	Descrizione ↓	
INVOLUCRO	INVOLUCRO OPACO	PARETI	I.IO.PE.1.EPS →	1)	Pareti esterne: Cappotto EPS
			I.IO.PI.2.RCK →	2)	Pareti vs. ambienti non climatizzati (scala): Controparete isolante con lana di roccia
			I.IO.PI.3.RCK →	3)	Pareti vs. ambienti climatizzati (altre U.I.): Controparete isolante con lana di roccia
		SOLAI	I.IO.ST.1.EPS →	4)	Solaio controterra/basamento: Isolamento pavimento interno con EPS
			I.IO.SE.2.EPS →	5)	Solaio copertura piana: Isolamento estradosso con EPS
			I.IO.SI.3.EPS →	6)	Solaio vs. ambienti climatizzati (altre U.I.): Isolamento pavimento interno con EPS
		SERRAMENTI	I.IT.F.1.PVC →	7)	Serramenti (finestre esterne): Sostituzione serramenti PVC
			I.IT.F.2.AL →	7)	Serramenti (finestre esterne): Sostituzione serramenti alluminio (AL)
			SCHERMATURE INFISSI	I.IT.SH.1.TBI →	8)
	I.IT.SH.2.VE →	8)		Schermature solari ai serramenti (E-S-O): Installazione veneziane esterne (VE)	
	SISTEMA IMPIANTISTICO	PRODUZIONE, DISTRIBUZIONE E ACCUMULO ACQUA CALDA SANITARIA	SI.P.ACS.1.CC →	10)	Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione caldaia conden. centr. gas
			SI.P.ACS.2.PP →	10)	Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione pompa di calore (PP)
			SI.A.ACS.1.B →	11)	Impianto accumulo acq.c. san. (ACS): Installazione boyler 1000 litri (B)
		RISCALDAMENTO	SI.P.GRI.1.CC →	12)	Impianto generatore riscaldamento (GRI): Installazione caldaia conden. centr. gas
			SI.P.DRI.1.RAD →	13)	Impianto distribuzione riscaldam. (DRI): Installazione circuito e radiatori alluminio
IMP. SOLARI		SI.IS.ST →	14)	Impianto solare termico (ST): Installazione pannelli solari termici	
FOTOVOLTAICO		SI.IS.PV →	15)	Impianto solare fotovoltaico (PV): Installazione pannelli solari fotovoltaici	

**RIEPILOGO SOLUZIONI (EEO) e SCENARI: ZONA A+B**

ZONA CLIMATICA A ↓	CODICE IDENTIFICATIVO ID ↓		EEM ↓		LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi, lettura orizzontale) INDIVIDUAZIONE SCENARIO (lettura verticale)					
	ID ↓	Or din e ↓:	Descrizione ↓		SCENA	SCNEN	SCENA	SCENA	SCENA	
					RIO 1 ↓	ARIO 2 ↓	RIO 3 ↓	RIO 4 ↓	RIO 5 ↓	
ZONA CLIMATICA: A e B	INVOLUCRO INVOLUCRO OPACO SOLAI SERRAMENTI	I.IO.PE.1. EPS →	1)	Pareti esterne: Cappotto EPS	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,612 W/mq* K	0,469 W/mq*K	0,420 W/mq* K	0,420 W/mq* K	0,296 W/mq* K
					Spessor e isol. [cm] →	3 cm	5 cm	6 cm	6 cm	10 cm
		I.IO.PI.2. RCK →	2)	Pareti vs. ambienti non climatizzati (scala): Controparete isolante con lana di roccia	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,584 W/mq* K	0,452 W/mq*K	0,406 W/mq* K	0,406 W/mq* K	0,289 W/mq* K
					Spessor e isol. [cm] →	4 cm	6 cm	7 cm	7 cm	11 cm
		I.IO.PI.3. RCK →	3)	Pareti vs. ambienti climatizzati (altre U.I.): Controparete isolante con lana di roccia	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,441 W/mq* K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq* K	0,441 W/mq* K	0,441 W/mq* K
					Spessor e isol. [cm] →	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm
		I.IO.ST.1. EPS →	4)	Solaio controterra/basamento: Isolamento pavimento interno con EPS	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,626 W/mq* K	0,477 W/mq*K	0,426 W/mq* K	0,426 W/mq* K	0,299 W/mq* K
					Spessor e isol. [cm] →	3 cm	5 cm	6 cm	6 cm	10 cm
		I.IO.SE.2. EPS →	5)	Solaio copertura piana: Isolamento estradosso con EPS	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,483 W/mq* K	0,389 W/mq*K	0,354 W/mq* K	0,325 W/mq* K	0,280 W/mq* K
					Spessor e isol. [cm] →	6 cm	8 cm	9 cm	10 cm	12 cm
		I.IO.SI.3. EPS →	6)	Solaio vs. ambienti climatizzati (altre U.I.): Isolamento pavimento interno con EPS	Trasmittanza U [W/m²K] →	1,042 W/mq* K	0,826 W/mq*K	0,685 W/mq* K	0,685 W/mq* K	0,452 W/mq* K
					Spessor e isol. [cm] →	1 cm	2 cm	3 cm	3 cm	6 cm
		I.IT.F.1.P VC →	7)	Serramenti (finestre esterne): Sostituzione	Trasmittanza finestra U <sub>w</sub>	2,200 W/mq* K	2,200 W/mq*K	2,200 W/mq* K	x	x

SISTEMA IMPIANTISTICO	SCHERMATURE INFISSI		serramenti PVC	[W/m <sup>2</sup> K] →						
		I.IT.F.2.A L →	7)	Serramenti (finestre esterne): Sostituzione serramenti alluminio (AL)	Trasmittanza finestra U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K] →	x	x	x	2,200 W/mq* K	1,600 W/mq* K
		I.IT.SH.1. TBI →	8)	Schermature solari ai serramenti (E-S-O): Installazione tendaggi bianchi interni (TBI)	Applicazione (n° tot.) →	Si (12)	Si (12)	Si (12)	x	x
					Fattore ombreggiamento [-] →	0,65	0,65	0,65	x	x
		I.IT.SH.2. VE →	8)	Schermature solari ai serramenti (E-S-O): Installazione veneziane esterne (VE)	Applicazione (n° tot.) →	x	x	x	Si (12)	Si (12)
					Fattore ombreggiamento [-] →	x	x	x	0,15	0,15
	PRODUZIONE, DISTRIBUZIONE E ACCUMULO ACQUA CALDA SANITARIA	S.I.P.ACS. 1.CC →	10)	Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione caldaia conden. centr. gas	Pot.Util e nomin. [kW] →	120 kW	120 kW	120 kW	x	x
					Rendimento [%] →	93,0%	93,0%	93,0%	x	x
		S.I.P.ACS. 2.PP →	10)	Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione pompa di calore (PP)	Pot.Util e nomin. [kW] →	x	x	x	46 kW	46 kW
					Rendimento [%] →				da dati scheda	da dati scheda
		S.I.A.ACS .1.B →	11)	Impianto accumulo acq.c. san. (ACS): Installazione boiler 1000 litri (B)	Accumulo [volume l] →	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri
					Temp. media accumulazione [°C] →	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C
RISCALDA	S.I.P.GRI. 1.CC →	12)	Impianto generatore riscaldamento (GRI): Installazione	Pot.Util e nomin. [kW] →	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	

IMP. SOLARI	TERMICO			caldaia conden. centr. gas						
				Rendim ento [%] →	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%	
		SI.P.DRI. I.RAD → 13)		Impianto distribuzione riscaldam. (DRI): Installazione circuito e radiatori alluminio	Comple ssivo [c.a.d.] →	6	6	6	6	6
					Rendim ento [%] →	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%
	FOTOVOLTAICO	SI.IS.ST → 14)		Impianto solare termico (ST): Installazione pannelli solari termici	Sup. installat a [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq
					SI.IS.PV → 15)		Impianto solare fotovoltaico (PV): Installazione pannelli solari fotovoltaici	Potenza install. picco [kWp] →	3,525 kWp	5,250 kWp
		Sup. installat a [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq				50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq

**RIEPILOGO SOLUZIONI (EEO) e SCENARI: ZONA C**

ZONA CLIMATICA ↓	CODICE IDENTIFICATIVO ID ↓		EEM ↓ Ordine e Descrizione ↓: ne ↓:			LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi, lettura orizzontale) INDIVIDUAZIONE SCENARIO (lettura verticale)				
						SCE NAR IO 1 ↓	SCNE NARIO 2 ↓	SCE NAR IO 3 ↓	SCE NAR IO 4 ↓	SCE NAR IO 5 ↓
<b>ZONA CLIMATICA: C</b>	INVOLUCRO OPACO	PARETI	I.IO.P E.1.EPS →	1) Pareti esterne: Cappotto EPS	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,531 W/mq*K	0,420 W/mq*K	0,380 W/mq*K	0,319 W/mq*K	0,258 W/mq*K
					Spessore isol. [cm] →	4 cm	6 cm	7 cm	9 cm	12 cm
			I.IO.PI .2.RC K →	2) Pareti vs. ambienti non climatizzati (scala): Controparete isolante con lana di roccia	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,509 W/mq*K	0,406 W/mq*K	0,368 W/mq*K	0,337 W/mq*K	0,252 W/mq*K
					Spessore isol. [cm] →	5 cm	7 cm	8 cm	11 cm	13 cm
			I.IO.PI .3.RC K →	3) Pareti vs. ambienti climatizzati (altre U.I.): Controparete isolante con lana di roccia	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K	0,441 W/mq*K
					Spessore isol. [cm] →	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm
			I.IO.S T.1.EPS →	4) Solaio controterra/basamento: Isolamento pavimento interno con EPS	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,542 W/mq*K	0,385 W/mq*K	0,385 W/mq*K	0,351 W/mq*K	0,260 W/mq*K
					Spessore isol. [cm] →	4 cm	7 cm	7 cm	8 cm	12 cm

	INVOLUCRO TRASPARENTE	SERRAMENTI	I.IO.S E.2.EP S →	5)	Solaio copertura piana: Isolamento estradosso o con EPS	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,483 W/m q*K	0,389 W/mq *K	0,354 W/m q*K	0,325 W/m q*K	0,246 W/m q*K		
					Spessore isol. [cm] →	6 cm	8 cm	9 cm	10 cm	14 cm			
			I.IO.SI .3.EPS →	6)	Solaio vs. ambient climatizza ti (altre U.I.): Isolamento paviment o interno con EPS	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	1,042 W/m q*K	0,826 W/mq *K	0,685 W/m q*K	0,685 W/m q*K	0,452 W/m q*K		
					Spessore isol. [cm] →	1 cm	2 cm	3 cm	3 cm	6 cm			
			I.IT.F. 1.PVC →	7)	Serrament i (finestre esterne): Sostituzio ne serrament i PVC	Trasmittanza U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K] →	2,200 W/m q*K	2,200 W/mq *K	2,200 W/m q*K	x	x		
					Serrament i (finestre esterne): Sostituzio ne serrament i alluminio (AL)	Trasmittanza U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K] →	x	x	x	2,200 W/m q*K	1,200 W/m q*K		
			I.IT.S H.1.T BI →	8)	Schermat ure solari ai serrament i (E-S-O): Installazi one tendaggi bianchi interni (TBI)	Applicazi one (n° tot.) →	Si (12)	Si (12)	Si (12)	x	x		
						Fattore ombreggi amento [-] →	0,65	0,65	0,65	x	x		
					SCHERMATURE INFISSI								

	SISTEMA IMPIANTISTICO	PRODUZIONE, DISTRIBUZIONE E ACCUMULO	ACQUA CALDA SANITARIA	I.IT.S H.2.V E →	8)	Schermature solari ai serramenti (E-S-O): Installazione veneziane esterne (VE)	Applicazione (n° tot.) →	x	x	x	Si (12)	Si (12)	
						Fattore ombreggiamento [-] →	x	x	x	0,15	0,15		
				SI.P.A CS.1. CC →	10)	Impianto produzione e acq.c. san. (ACS): Installazione caldaia conden. centr. gas	Pot.Utile nomin. [kW] →	120 kW	120 kW	120 kW	x	x	
							Rendimento [%] →	93,0 %	93,0%	93,0 %	x	x	
				SI.P.A CS.2.P P →	10)	Impianto produzione e acq.c. san. (ACS): Installazione pompa di calore (PP)	Pot.Utile nomin. [kW] →	x	x	x	46 kW	46 kW	
							Rendimento [%] →				da dati scheda	da dati scheda	
				SI.A.A CS.1. B →	11)	Impianto accumulo acq.c. san. (ACS): Installazione boiler 1000 litri (B)	Accumulo [volume l] →	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	
							Temp. media accumulo [°C] →	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	
				RISCA	SI.P.G RI.1.C C →	12)	Impianto generatore	Pot.Utile nomin. [kW] →	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW

	IMP. SOLARI	TERMICO			riscaldam etno (GRI): Installazi one caldaia conden. centr. gas						
					Rendimen to [%] →	92,4 %	92,4%	92,4 %	92,4 %	92,4 %	
			SI.P.D RI.1.R AD →	13)	Impianto distribuzi one riscaldam. (DRI): Installazi one circuito e radiator i alluminio	Complessi vo [c.a.d.] →	6	6	6	6	6
						Rendimen to [%] →	96,0 %	96,0%	96,0 %	96,0 %	96,0 %
		SI.IS.S T →	14)	Impianto solare termico (ST): Installazi one pannelli solari termici	Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq	
					SI.IS.P V →	15)	Impianto solare fotovoltaico (PV): Installazi one pannelli solari fotovoltaici	Potenza install. picco [kWp] →	3,525 kWp	5,250 kWp	7,500 kWp
		Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq				50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq	
		FOTOVOLTAICO									



**RIEPILOGO SOLUZIONI (EEO) e SCENARI: ZONA D**

ZONA CLIMATICA ↓	CODICE IDENTIFICATIVO ID ↓		EEM ↓			LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi, lettura orizzontale) INDIVIDUAZIONE SCENARIO (lettura verticale)					
	ID ↓	Ordine ↓	Descrizione ↓		SCE NARIO 1 ↓	SCNE NARIO 2 ↓	SCE NARIO 3 ↓	SCE NARIO 4 ↓	SCE NARIO 5 ↓		
					O 1 ↓	O 2 ↓	O 3 ↓	O 4 ↓	O 5 ↓		
<b>ZONA CLIMATICA: D</b>	INVOLUCRO OPACO	PARETI	I.IO.PE .1.EPS →	1)	Pareti esterne: Cappotto EPS	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,469 W/mq *K	0,380 W/mq *K	0,319 W/mq *K	0,275 W/mq *K	0,228 W/mq *K
					Spessore isol. [cm] →	5 cm	7 cm	9 cm	11 cm	14 cm	
			I.IO.PI. 2.RCK →	2)	Pareti vs. ambienti non climatizzati (scala): Controparete isolante con lana di roccia	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,509 W/mq *K	0,368 W/mq *K	0,337 W/mq *K	0,289 W/mq *K	0,224 W/mq *K
					Spessore isol. [cm] →	5 cm	8 cm	9 cm	11 cm	15 cm	
			I.IO.PI. 3.RCK →	3)	Pareti vs. ambienti climatizzati (altre U.I.): Controparete isolante con lana di roccia	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,441 W/mq *K	0,441 W/mq *K	0,441 W/mq *K	0,441 W/mq *K	0,441 W/mq *K
					Spessore isol. [cm] →	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	
			I.IO.ST .1.EPS →	4)	Solaio controterra/basamento: Isolamento pavimento interno con EPS	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,426 W/mq *K	0,351 W/mq *K	0,299 W/mq *K	0,278 W/mq *K	0,230 W/mq *K
					Spessore isol. [cm] →	6 cm	8 cm	10 cm	11 cm	14 cm	
					I.IO.SE .2.EPS →	5)	Solaio copertura piana: Isolamento estradosso con EPS	Trasmittanza U [W/m²K] →	0,431 W/mq *K	0,325 W/mq *K	0,280 W/mq *K
					SOLAI						



				Installazione caldaia condens. centr. gas							
					Rendimento [%] →	93,0%	93,0%	93,0%	x	x	
			SI.P.A CS.2.P P →	10) Impianto produzione e acq.c. san. (ACS): Installazione pompa di calore (PP)	Pot.Utile nomin. [kW] →	x	x	x	46 kW	46 kW	
					Rendimento [%] →				da dati scheda	da dati scheda	
			SI.A.A CS.1.B →	11) Impianto accumulo acq.c. san. (ACS): Installazione boiler 1000 litri (B)	Accumulo [volume l] →	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	
					Temp. media accumulo [°C] →	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	
			SI.P.G RI.1.C C →	12) Impianto generatore riscaldamento (GRI): Installazione caldaia condens. centr. gas	Pot.Utile nomin. [kW] →	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	
					Rendimento [%] →	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%	
			SI.P.D RI.1.R AD →	13) Impianto distribuzione riscaldamento (DRI): Installazione circuito e radiatori alluminio	Complessivo [c.a.d.] →	6	6	6	6	6	
					Rendimento [%] →	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	
			SI.IS.S T →	14) Impianto solare termico (ST): Installazione pannelli solari termici	Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq	
			SI.IS.P V →	15) Impianto solare fotovoltaico	Potenza install. kWp	3,525 kWp	5,250 kWp	7,500 kWp	9,000 kWp	10,500 kWp	

					o (PV): Installazione pannelli solari fotovoltaici	picco [kWp] →					
						Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq

## RIEPILOGO SOLUZIONI (EEO) e SCENARI: ZONA E

ZONA CLIMATICA ↓	CODICE IDENTIFICATIVO ID ↓		EEM ↓ Ordine ↓: Descrizione ↓:			LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi, lettura orizzontale) INDIVIDUAZIONE SCENARIO (lettura verticale)					
						SCENARIO 1 ↓	SCENARIO 2 ↓	SCENARIO 3 ↓	SCENARIO 4 ↓	SCENARIO 5 ↓	
						Trasmissione [W/m <sup>2</sup> K] →	Spessore isol. [cm] →	Trasmissione [W/m <sup>2</sup> K] →	Spessore isol. [cm] →	Trasmissione [W/m <sup>2</sup> K] →	Spessore isol. [cm] →
<b>ZONA CLIMATICA: E</b>	INVOLUCRO OPACO	PARETI	I.IO.PE 1.EPS →	1)	Pareti esterne: Cappotto EPS	Trasmissione za U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,420 W/mq *K	0,319 W/mq *K	0,296 W/mq *K	0,258 W/mq *K	0,195 W/mq *K
			Spessore isol. [cm] →	6 cm	9 cm	10 cm	12 cm	17 cm			
	INVOLUCRO OPACO	PARETI	I.IO.PI. 2.RCK →	2)	Pareti vs. ambienti non climatizzati (scala): Controparete isolante con lana di roccia	Trasmissione za U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,406 W/mq *K	0,337 W/mq *K	0,289 W/mq *K	0,252 W/mq *K	0,192 W/mq *K
			Spessore isol. [cm] →	7 cm	9 cm	11 cm	13 cm	18 cm			
INVOLUCRO OPACO	PARETI	I.IO.PI. 3.RCK →	3)	Pareti vs. ambienti climatizzati (altre U.I.): Controparete isolante con lana di roccia	Trasmissione za U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,441 W/mq *K	0,441 W/mq *K	0,441 W/mq *K	0,441 W/mq *K	0,441 W/mq *K	
		Spessore isol. [cm] →	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm				
	SOLAI	I.IO.ST 1.EPS →	4)	Solaio controterra/basamento: Isolamento pavimento interno con EPS	Trasmissione za U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,426 W/mq *K	0,323 W/mq *K	0,299 W/mq *K	0,260 W/mq *K	0,196 W/mq *K	

				Spessore isol. [cm]					
				→	6 cm	9 cm	10 cm	12 cm	17 cm
I.IO.SE .2.EPS →	5)	Solaio copertura piana: Isolamento estradosso con EPS	Trasmittan za U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,389 W/mq *K	0,280 W/mq *K	0,246 W/mq *K	0,219 W/mq *K	0,197 W/mq *K	
			Spessore isol. [cm] →	8 cm	12 cm	14 cm	16 cm	18 cm	
I.IO.SI. .3.EPS →	6)	Solaio vs. ambient i climatizzat i (altre U.I.): Isolamento pavimento interno con EPS	Trasmittan za U [W/m <sup>2</sup> K] →	1,042 W/mq *K	0,826 W/mq *K	0,685 W/mq *K	0,685 W/mq *K	0,452 W/mq *K	
			Spessore isol. [cm] →	1 cm	2 cm	3 cm	3 cm	6 cm	
I.IT.F.1 .PVC →	7)	Serramenti (finestre esterne): Sostituzion e serramenti PVC	Trasmittan za U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K] →	2,200 W/mq *K	2,200 W/mq *K	1,600 W/mq *K	x	x	
I.IT.F.2 .AL →	7)	Serramenti (finestre esterne): Sostituzion e serramenti alluminio (AL)	Trasmittan za U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K] →	x	x	x	1,200 W/mq *K	1,200 W/mq *K	
I.IT.SH .1.TBI →	8)	Schermatu re solari ai serramenti (E-S-O): Installazio ne tendaggi bianchi interni (TBI)	Applicazio ne (n° tot.) →	Si (12)	Si (12)	Si (12)	x	x	
			Fattore ombreggia mento [-] →	0,65	0,65	0,65	x	x	
I.IT.SH .2.VE →	8)	Schermatu re solari ai serramenti (E-S-O): Installazio ne veneziane esterne (VE)	Applicazio ne (n° tot.) →	x	x	x	Si (12)	Si (12)	

SISTEMA IMPIANTISTICO		PRODUZIONE, DISTRIBUZIONE E ACCUMULO		ACQUA CALDA SANITARIA		RISCALDAMENTO		IMP. TERMICO							
										Fattore ombreggiamento [-] →	x	x	x	0,15	0,15
				SI.P.A CS.1.C C →	10)	Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione caldaia condens. centr. gas	Pot.Utile nomin. [kW] →	120 kW	120 kW	120 kW	x	x	x	x	x
							Rendimento [%] →	93,0%	93,0%	93,0%	x	x	x	x	x
				SI.P.A CS.2.P P →	10)	Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione pompa di calore (PP)	Pot.Utile nomin. [kW] →	x	x	x	x	x	x	46 kW	46 kW
							Rendimento [%] →							da dati scheda	da dati scheda
				SI.A.A CS.1.B →	11)	Impianto accumulo acq.c. san. (ACS): Installazione boiler 1000 litri (B)	Accumulo [volume l] →	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri
							Temp. media accumulo [°C] →	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C
				SI.P.G RI.1.C C →	12)	Impianto generatore riscaldamento (GRI): Installazione caldaia condens. centr. gas	Pot.Utile nomin. [kW] →	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW
							Rendimento [%] →	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%
				SI.P.D RI.1.R AD →	13)	Impianto distribuzione riscaldamento (DRI): Installazione circuito e radiatori alluminio	Complessivo [c.a.d.] →	6	6	6	6	6	6	6	6
							Rendimento [%] →	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%
				SI.IS.S T →	14)	Impianto solare termico (ST):	Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	60,0 mq	70,0 mq	70,0 mq	70,0 mq

					Installazione pannelli solari termici						
						FOTVOLTAICO	SI.IS.PV →	15)	Impianto solare fotovoltaico (PV): Installazione pannelli solari fotovoltaici	Potenza install. picco [kWp] →	3,525 kWp
						Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq

### RIEPILOGO SOLUZIONI (EEO) e SCENARI: ZONA F

ZONA CLIMATICA ↓	CODICE IDENTIFICATIVO ID ↓			EEM ↓	Or din Descrizione ↓	LIVELLO SOLUZIONI (5 livelli migliorativi, lettura orizzontale) INDIVIDUAZIONE SCENARIO (lettura verticale)				
						SCE NARI ↓	SCNE NARI ↓	SCE NARI ↓	SCE NARI ↓	SCE NARI ↓
						O 1 ↓	O 2 ↓	O 3 ↓	O 4 ↓	O 5 ↓
ZONA CLIMATICA: F	INVOLUCRO OPACO PARETI	I.IO.PE .1.EPS →	1)	Pareti esterne: Cappotto EPS	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,380 W/mq *K	0,319 W/mq *K	0,275 W/mq *K	0,228 W/mq *K	0,170 W/mq *K
				Spessore isol. [cm] →	7 cm	9 cm	11 cm	14 cm	20 cm	
		I.IO.PI. 2.RCK →	2)	Pareti vs. ambienti non climatizzati (scala): Controparete isolante con lana di roccia	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,368 W/mq *K	0,311 W/mq *K	0,269 W/mq *K	0,237 W/mq *K	0,175 W/mq *K
				Spessore isol. [cm] →	8 cm	10 cm	12 cm	16 cm	20 cm	
		I.IO.PI. 3.RCK →	3)	Pareti vs. ambienti climatizzati (altre U.I.): Controparete isolante con lana di roccia	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,441 W/mq *K	0,441 W/mq *K	0,441 W/mq *K	0,441 W/mq *K	0,441 W/mq *K
				Spessore isol. [cm] →	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	6 cm	
	SOLAI	I.IO.ST .1.EPS →	4)	Solaio controterra /basament	Trasmittanza U	0,426 W/mq *K	0,323 W/mq *K	0,278 W/mq *K	0,230 W/mq *K	0,171 W/mq *K

INVOLUCRO TRASPARENTE	SERRAMENTI		o: Isolamento pavimento interno con EPS	[W/m <sup>2</sup> K] →						
			Spessore isol. [cm] →	6 cm	9 cm	11 cm	14 cm	20 cm		
		I.IO.SE .2.EPS →	5)	Solaio copertura piana: Isolamento estradosso con EPS	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	0,325 W/mq *K	0,246 W/mq *K	0,219 W/mq *K	0,197 W/mq *K	0,179 W/mq *K
					Spessore isol. [cm] →	10 cm	14 cm	16 cm	18 cm	20 cm
		I.IO.SI. .3.EPS →	6)	Solaio vs. ambienti climatizzati (altre U.I.): Isolamento pavimento interno con EPS	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K] →	1,042 W/mq *K	0,826 W/mq *K	0,685 W/mq *K	0,685 W/mq *K	0,452 W/mq *K
					Spessore isol. [cm] →	1 cm	2 cm	3 cm	3 cm	6 cm
		I.IT.F.1 .PVC →	7)	Serramenti (finestre esterne): Sostituzione e serramenti PVC	Trasmittanza U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K] →	2,200 W/mq *K	1,600 W/mq *K	1,200 W/mq *K	x	x
					Trasmittanza U <sub>w</sub> [W/m <sup>2</sup> K] →	x	x	x	1,200 W/mq *K	1,200 W/mq *K
		I.IT.SH .1.TBI →	8)	Schermature solari ai serramenti (E-S-O): Installazione tendaggi bianchi interni (TBI)	Applicazione (n° tot.) →	Si (12)	Si (12)	Si (12)	x	x
					Fattore ombreggiamento [-] →	0,65	0,65	0,65	x	x
	SCHERMATURE INFISSI									



SISTEMA IMPIANTISTICO	PRODUZIONE, DISTRIBUZIONE E ACCUMULO	ACQUA CALDA SANITARIA	I.IT.SH .2.VE →	8)	Schermature solari ai serramenti (E-S-O): Installazione veneziane esterne (VE)	Applicazione (n° tot.) →	x	x	x	Sì (12)	Sì (12)
					Fattore ombreggiamento [-] →	x	x	x	0,15	0,15	
			SI.P.A CS.1.C C →	10)	Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione caldaia conden. centr. gas	Pot.Utile nomin. [kW] →	120 kW	120 kW	120 kW	x	x
						Rendimento [%] →	93,0%	93,0%	93,0%	x	x
			SI.P.A CS.2.P P →	10)	Impianto produzione acq.c. san. (ACS): Installazione pompa di calore (PP)	Pot.Utile nomin. [kW] →	x	x	x	46 kW	46 kW
						Rendimento [%] →				da dati scheda	da dati scheda
			SI.A.A CS.1.B →	11)	Impianto accumulo acq.c. san. (ACS): Installazione boiler 1000 litri (B)	Accumulo [volume l] →	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri	1.000 litri
						Temp. media accumulo [°C] →	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C	50 °C
			SI.P.G RI.1.C C →	12)	Impianto generatore riscaldamento (GRI): Installazione caldaia conden. centr. gas	Pot.Utile nomin. [kW] →	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW	24 kW
						Rendimento [%] →	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%	92,4%
			SI.P.D RI.1.R AD →	13)	Impianto distribuzione riscaldamento (DRI): Installazione	Complessivo [c.a.d.] →	6	6	6	6	6

	IMP. SOLARI	TERMICO	SI.IS.S T →	14)	ne circuito e radiatori alluminio						
					Rendimento [%] →	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	96,0%	
		FOTOVOLTAICO	SI.IS.P V →	15)	Impianto solare fotovoltaico (PV): Installazio ne pannelli solari fotovoltaic i	Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq
						Potenza install. picco [kWp] →	3,525 kWp	5,250 kWp	7,500 kWp	9,000 kWp	10,50 0 kWp
			Sup. installata [m <sup>2</sup> ] →	23,5 mq	35,0 mq	50,0 mq	60,0 mq	70,0 mq			

## BIBLIOGRAFIA

[1] RIBuild – “Robust Internal Thermal Insulation of Historic Buildings, Grant Agreement number”; Horizon 2020.

<https://www.ribuild.eu/about>.

[2] Direttiva 93/6/CEE del Consiglio, del 13 settembre 1993, intesa a limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l'efficienza energetica (SAVE).

[3] Legge ordinaria del Parlamento n° 373/76, Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici; del 07/06/1976.

[4] Legge n°10/1991, Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia; del 09 gennaio 1991.

[5] Decreto del Presidente della Repubblica n°412, Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10; del 26 agosto 1993.

[6] Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizi.

[7] Decreto Legislativo n°192; Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico; del 19 agosto 2005.

[8] Direttiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio.

[9] Decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 115 Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE.

[10] UNI/TS 11300-1:2014 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale.

[11] UNI/TS 11300-2:2019 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali.

[12] UNI/TS 11300-3:2010 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva.

[13] UNI/TS 11300-4:2016 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

[14] UNI/TS 11300-5:2016 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili.

[15] UNI/TS 11300-6:2016 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 6: Determinazione del fabbisogno di energia per ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili.

[16] Direttiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.

[17] Decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28; Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.

[18] Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione).

[19] Direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2012 sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.

[20] Regolamento Delegato (UE) n. 244/2012 della Commissione del 16 gennaio 2012 che integra la Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi.

[21] UNI EN 15459:2008 Prestazione energetica degli edifici - Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici.

[22] 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, Modulo M1-14.

[23] UNI CEN/TR 15459-2:2018 Prestazione energetica degli edifici - Procedura di valutazione economica per i sistemi energetici negli edifici - Parte 2: Spiegazione e motivazione della EN 15459-1, Modulo M1-14.

[24] Legge 3 agosto 2013, n. 90; Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63. Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale.

[25] Decreto Interministeriale 26 giugno 2015; Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.

[26] Regolamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'11 dicembre 2018 sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima che modifica le direttive (CE) n. 663/2009 e (CE) n. 715/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, le direttive 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE e 2013/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, le direttive del Consiglio 2009/119/CE e (UE) 2015/652 e che abroga il regolamento (UE) n. 525/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio.

[27] Stefano Paolo Corgnati, Enrico Fabrizio, Marco Filippi, Valentina Monetti; *“Livelli di prestazione energetica ottimali per edifici a energia quasi zero: creazione degli edifici di riferimento”*; ResearchGate; 2012.

[28] Vincenzo Corrado, Ilaria Ballarini, Stefano Paolo Corgnati; *“Building Typology Brochure – Italy Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana”*; 2014.

<https://areeweb.polito.it/ricerca/episcopo/tabula/>

[29] Graziano Salvalai, Marta Maria Sesana, Giuliana Iannaccone; “*Deep renovation of multi-storey-ownwer exting residential buildings: A pilot case study in Italy*”; *Energy and Buildings*; 148 (2017) 23-36.

[30] Enrico De Angelis, Giovanni Dotelli, Francesco Pittau, Antonio La Torre, Caterina Porcino, Giorgio Pansa, Nadia Villa; “*LCA and LCC based Energy Optimization of Building Renovation Strategies*”; SB13 Graz – Sustainable Building Conference 2013, 25-28 settembre 2013.

[31] Ala Hasan, Ayman Mohamed, Mohamed Hamdy; “*Net- and Nearly-Zero Energy Buildings: A Review of the Definitions and Case Studies*”; ResearchGate; 2015.

[32] L. Aelenei, H. Petran, J. Tarrès, G. Riva, A. Ferreira, A. Camelo, V. Corrado, M Sijanec-Zavrl, G. Stegnar, H. Goncalves, Z. Magyar, J. Salom, E. Polychroni, K. Sfakianaki; “*New Challenge of the Pubblic Buildings: nZEB Findings from IEE RePublic\_ZEB Project*”; *Energy Procedia*; 78 (2015) 2016-2021.

[33] L. Aelenei, S. Paduos, H. Petran, J. Tarrès, V. Corrado, S. Camelo, E. Polychroni, K. Sfakianaki, H. Goncalves, J. Salom, G. Riva, G. Murano; “*Implementating Cost-optimal Methodology in Existing Public Buildings*”; *Energy Procedia*; 78 (2015) 2022-2027.

[34] C. Bechhio, M.C. Bottero, S.P. Corgnati, C. Ghiglione; “*nZEB design: challenging betwen energy and economic targets*”; *Energy Procedia*; 78 (2015) 2070-2075.

[35] Vincenzo Corrado, Ilaria Ballarini, Simona Paduos, Elisa Primo; “*Refurbishment of the residential building stock toward the nearly-zero energy target through the application of the building typology*”; *Energy Procedia*, 101 (2016) 201-215.

[36] Stig-Inge Gustafsson, Bjorn G. Karlsson; “*Energy conservation and optimal retrofits in multifamily buildings*”.

[37] Vincenzo Corrado, Giovanni Murano, Simona Paduos, Giovanni Riva; “*On the refurbishment of the public buildin stock toward the nearly zero-energy target: two Italian case studies*”; *Energy Procedia*, 101 (2016) 105-112.

[38] Simona Paduos, Vincenzo Corrado; “*Cost-optimal approach to transform the public buildings into nZEBs: an European cross-country comparison*”; Energy Procedia, 140 (2017) 314-324.

[39] Bjorn Berggren, Maria Wall, Tobias Weiss, Federico Garzia; “*LCC analysis of a Swedish NetZero Energy Building – Including co-benefits*”; ResearchGate ISEC2018, gennaio 2018.

[40] M. Ferreira, M. Almeida, A. Rodrigues; “*Cost-optimal energy efficiency levels are the first step in achieving cost effective renovation in residential buildings with a nearly-zero energy target*”; Energy and Buildings, 133 (2016) 724-737.

[41] Shady Attia, Polyvios Eleftheriou, Flouris Xeni, Rodolphe Morlot, Christophe Ménézo, Vasilis Kostopoulos, Maria Betsi, Iakovos Kalaitzoglou, Lorenzo Pagliano, Maurizio Cellura, Manuela Almeida, Marco Ferreira, Tudor Baracau, Viorel Badescu, Ruxandra Crutescu, Juan Maria Hidalgo-Betanzos; “*Overview and future challenges of nearly zero energy buildings (nZEB) design in Southern Europe*”; Energy and Buildings, 155 (2017) 439-458.

[42] Elisa Di Giuseppe, Monica Iannaccone, Martina Telloni, Enrico Quagliarini, Marco D’Orazio; “*Sviluppo di una metodologia probabilistica per valutazioni LCC di interventi di retrofit di edifici*”; Colloqui.AT.e 2016 Convegno Ar.Tec. - Matera.

[43] Elisa Di Giuseppe, Andrea Massi, Marco D’Orazio; “*Impacts of uncertainties in Life Cycle Cost analysis of buildings energy efficiency measures: application to a case study*”; Energy Procedia, 111 (2017) 442-451.

[44] Elisa Di Giuseppe, Monica Iannaccone, Martina Telloni, Marco D’Orazio, Costanzo Di Perna; “*Probabilistic life cycle costing of existing buildings retrofit interventions towards nZE target: Methodology and application example*”; Energy and Buildings, 144 (2017) 416-432.

[45] Mohamed Hamdy, Kai Sirén, Shady Attia; “*Impact of financial assumptions on the cost optimality towards nearly zero energy buildings – A case study*”; Energy and Buildings, 153 (2017) 421-438.

[46] Giovanni Semprini, Riccardo Gulli, Annarita Ferrante; “*Deep regeneration vs shallow renovation to achieve nearly Zero Energy in existing*

*buildings. Energy saving and economic impact of design solutions in the housing stock of Bologna*"; Energy and Buildings, 156 (2017) 327-342.

[47] Xiaonuan Sun, Zhonghua Gou, Stephen Siu-Yu Lau; "*Cost-effectiveness of active and passive design strategies for existing building retrofits in tropical climate: Case study of a zero energy building*"; Journal of Cleaner Production, 183 (2018) 35-45.

[48] Maria Ferrara, Valentina Monetti, Enrico Fabrizio; "*Cost-Optimal Analysis for Nearly Zero Energy Buildings Design and Optimization: A Critical Review*"; Energies 2018, 11, 1478.

[49] Edoardo Baldoni, Silvia Coderoni, Marco D'Orazio, Elisa Di Giuseppe, Roberto Esposti; "*The role of economic and policy variables in energy-efficient retrofitting assessment. A stochastic Life Cycle Costing methodology*"; Energy Policy, 129 (2019) 1207-1219.

[50] Michele Zinzi, Benedetta Mattoni; "*Assessment of construction cost reduction of nearly zero energy dwellings in a life cycle perspective*"; Applied Energy, 251 (2019) 113326.

[51] Giacomo Chiesa, Elena Fregonara; "*Chapter 5. Energy and Economic Analyses for Supporting Early Design Stages: Introducing Uncertainty in Simulations*".

[52] Dati ISTAT

<http://dati.istat.it/iacomo>

[53] Censimento ISTAT

[\[censimentopopolazione.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DICA\\\_EDIFICIRES\]\(http://censimentopopolazione.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DICA\_EDIFICIRES\)](http://dati-</a></p></div><div data-bbox=)

[54] EUROSTAT, dati statistici su edifici

[https://ec.europa.eu/info/departments/eurostat-european-statistics\\_it](https://ec.europa.eu/info/departments/eurostat-european-statistics_it)

[55] Progetto EPISCOPE Politecnico Torino

<https://areeweb.polito.it/ricerca/episcope/>

[56] Sito GEONUE, mappa Comuni italiani e zone climatiche

<https://geonue.com/le-zone-climatiche-nei-comuni-italiani/>

[57] UNI 10351:2015 "*Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà termoigrometriche - Procedura per la scelta dei valori di progetto*"



- [58] Sito ENEA, diagramma e azimuth solare  
<http://www.solaritaly.enea.it/StrDiagrammiSolari/X12Mesi2.php>
- [59] Sito ASHRAE, “Service Life Database”  
[http://weblegacy.ashrae.org/publicdatabase/service\\_life.asp](http://weblegacy.ashrae.org/publicdatabase/service_life.asp)
- [60] Sito INES, Database dei componenti edilizi  
<https://www.base-inies.fr/iniesV4/dist/consultation.html>
- [61] Elisa Di Giuseppe, Andrea Massi, Marco D’Orazio; “*Probabilistic Life Cycle Cost analysis of building energy efficiency measures: selection and characterization of the stochastic inputs through a case study*”; *Procedia Engineering*, 180 (2017) 419-501.
- [62] Sito ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente), Dati statistici sulle tariffe energetiche  
[https://www.arera.it/it/dati/elenco\\_dati.htm](https://www.arera.it/it/dati/elenco_dati.htm)
- [63] Sito [segugio.it](http://segugio.it), confronto tariffe energetiche  
<https://tariffe.segugio.it/costo-gas-metano/confronto-tariffe-gas-metano.aspx>
- [64] Tool Cullen and Frey graph  
[https://www.wessa.net/rwasp\\_skewness\\_kurtosis\\_plot.wasp#output](https://www.wessa.net/rwasp_skewness_kurtosis_plot.wasp#output)
- [65] Tool Shapiro-Wilk test  
<http://www.statskingdom.com/320ShapiroWilk.html>
- [66] Sito GSE – Gestore Servizi Energetici  
<https://www.gse.it/servizi-per-te/fotovoltaico>
- [67] Sito GME – Gestore Servizi Energetici  
<https://www.mercatoelettrico.org/It/Statistiche/ME/DatiSintesi.aspx>

## RINGRAZIAMENTI

Ringrazio tutte le persone che mi hanno aiutato e sostenuto durante lo svolgimento di questa sperimentazione e durante la stesura di questa tesi, un progetto che mi ha permesso di conoscere e apprendere alcuni aspetti specifici del Life Cycle Cost, con annessi problemi “probabilistici” e “statistici”, e degli interventi di miglioramento energetico. Inoltre, mi ha permesso di migliorare le mie qualità, anche in momenti in cui ero sotto forte pressione, quali l’organizzazione e, soprattutto, la determinazione nel voler raggiungere l’obiettivo nei tempi da me fissati.

Vorrei ringraziare il prof. Ing. Arch. Marco D’Orazio, quale relatore, che mi ha indirizzato nell’analisi degli aspetti trattati in questo studio e mi ha seguito durante tutta la durata dell’attività.

Ringrazio la prof.ssa Ing. Elisa Di Giuseppe, quale correlatore della tesi, che mi ha aiutato nell’analisi di alcuni quesiti durante lo svolgimento.

Vorrei ringraziare anche il dott. Ing. Arch. Gianluca Maracchini che mi ha aiutato nel capire e nell’usare il software “RIBuild”, per me del tutto nuovo.

Infine, ringrazio i miei genitori, Maria Grazia e Salvatore, e mio fratello, Manuele. Tutti mi hanno assistito, aiutato nei momenti difficili e nelle piccole cose quotidiane.

Grazie anche ai miei amici, che mi hanno regalato momenti di svago e divertimento durante tutto il percorso di studi, sia triennale che magistrale.

Ringrazio anche tutti coloro che non ho citato, ma che mi hanno aiutato e supportato in qualsiasi modo, sia nel lavoro, sia nella stesura finale di questo elaborato, come pure durante tutto il percorso di studi.

Ancona, 23/06/2020

Difalco Daniele