



**Politecnico  
di Torino**

**Politecnico di Torino**

Corso di Laurea in Ingegneria Energetica e Nucleare  
A.a. 2021/2022  
Sessione di Laurea dicembre 2022

**INTERVENTO DI EFFICIENTAMENTO  
ENERGETICO  
SUPPORTATO DA DETRAZIONI FISCALI SU  
FABBRICATO RESIDENZIALE E CREAZIONE  
DI UN GRUPPO DI AUTOCONSUMATORI  
COLLETTIVI**

Relatore:

Prof. Marco Carlo Masoero

Candidato:

Alessandro Servidio



**Politecnico  
di Torino**

## **Abstract**

In questo elaborato verrà utilizzato un edificio reale come caso studio per la realizzazione di un intervento basato sull'utilizzo del Superbonus 110%. In seguito, sullo stesso edificio, verrà valutata la possibilità di sfruttare gli interventi di installazione di pannelli fotovoltaici e relative batterie di accumulo per creare un Gruppo di Autoconsumatori Collettivi (GAC).

La prima parte di questo elaborato verrà sviluppata in tre capitoli; nei primi due verranno descritti brevemente il meccanismo del Superbonus 110% e il caso studio in esame, nel terzo l'analisi entrerà nel merito dello sviluppo di una commessa tipo. L'intervento di efficientamento descritto consiste nell'isolamento termico dell'involucro (sia parti opache che trasparenti), nell'installazione di tre pompe di calore per la climatizzazione e la produzione di acqua calda sanitaria e nell'installazione di un impianto fotovoltaico con relative batterie di accumulo. Inoltre, viene prevista anche l'installazione di colonnine per la ricarica degli autoveicoli.

Questa prima parte è stata sviluppata principalmente utilizzando conoscenze acquisite durante il mio tirocinio e lo sviluppo della tesi presso l'azienda CVA S.p.A. mentre per la parte di calcoli è stato usato il software TERMOLOG 13.

Nel quarto ed ultimo capitolo, invece, verrà sviluppata la seconda parte dell'elaborato dove sarà effettuata l'analisi sulla creazione di un GAC sfruttando gli interventi realizzati sul caso studio. L'analisi si svilupperà sia sotto il punto di vista energetico che economico e possiede un breve accenno sulla normativa vigente in Italia.

Per quanto riguarda la parte economica, lo scenario di riferimento, in cui si crea un Gruppo di Autoconsumatori Collettivi a seguito dello sfruttamento del superbonus 110%, viene confrontato con altri tre scenari che l'edificio potrebbe percorrere una volta terminato l'efficientamento energetico descritto nella prima parte.



**Politecnico  
di Torino**

Lo sviluppo di questo ultimo capitolo è stato possibile principalmente grazie alla collaborazione del personale ed ai software interni presenti presso la funzione efficientamento energetico ed Open Innovation dell'azienda CVA S.p.A.



**Politecnico  
di Torino**

## **Ringraziamenti**

In questa sezione, vorrei ringraziare coloro che, direttamente o indirettamente, mi hanno supportato nel corso della mia carriera scolastica e universitaria e che, fin a questo momento, sono stati pezzi importanti della mia vita.

Innanzitutto, vorrei ringraziare i miei genitori dai quali ho ricevuto, costantemente, incoraggiamenti per la prosecuzione dei miei studi e dai quali ho imparato l'importanza del saper coniugare impegni scolastici e passioni extra scolastiche.

Un ringraziamento speciale, poi, vorrei farlo a Nicole, la mia ragazza. Con il tuo amore e il tuo sostegno sono riuscito ad affrontare i momenti di maggior crisi nel corso degli studi e a superare lo scoglio immenso della tesi. Spero di saperti dare altrettanto nella prosecuzione dei tuoi studi e nello svolgimento della tua tesi.

Un doveroso ringraziamento va anche a mia sorella, Sara. Come sorella maggiore sei stata un esempio da seguire e ringrazio te che, seppur per gioco, sei stata la mia prima insegnante. In bocca al lupo per la tua nuova avventura.

Ringrazio anche tutti i nonni che ho avuto e che ho poiché, dimostrandomi un grandissimo affetto e grazie ai loro insegnamenti e consigli, mi hanno reso la persona che sono. In particolare, ringrazio mio nonno Saverio per avermi trasmesso una grande curiosità. Ringrazio anche tutti gli altri componenti della mia numerosa famiglia, di cui sarebbe lungo fare l'elenco, per il sostegno e l'apprezzamento ricevuto nel corso di tutti i miei studi.

Un ringraziamento particolare anche ai miei amici del gruppo degli Eredi. Grazie a voi ho vissuto momenti importanti e serate piacevoli che spero possano continuare a lungo.

Infine, un ringraziamento a tutti i miei colleghi del team Superbonus e Open Innovation di CVA. In particolare, vorrei ringraziare Salvatore ed Eleonora per il paziente aiuto e gli insegnamenti ricevuti durante la redazione della mia tesi e durante lo svolgimento del mio tirocinio.



## **Sommario**

<b>Capitolo 1. Introduzione</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1 Inquadramento</b> .....	9
<b>1.2 Cronistoria di norme ed incentivi per gli edifici residenziali in Italia</b> .....	11
<b>1.3 Il superbonus 110%</b> .....	15
<b>1.3.1 Il super Ecobonus 110%</b> .....	15
<b>1.3.2 Il sisma bonus 110%</b> .....	17
<b>1.3.3 Possibili usi del credito di imposta maturato.</b> .....	18
<b>Capitolo 2. Presentazione caso studio</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1 La figura del General Contractor</b> .....	19
<b>2.2 Il caso studio</b> .....	22
<b>Capitolo 3. Realizzazione interventi</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1 Verifica di conformità urbanistica</b> .....	34
<b>3.2 Progetto energetico</b> .....	37
<b>3.2.1 Situazione ante</b> .....	38
<b>3.2.2 Situazione post</b> .....	46
<b>3.3 Progetto appaltabile</b> .....	67
<b>3.3.1 Un esempio di progettazione: l'impianto idraulico.</b> .....	67
<b>3.3.2 Calcoli economici</b> .....	74
<b>Capitolo 4: Fattibilità di creazione di un GAC/CER</b> .....	<b>78</b>
<b>4.1 Definizione ed utilità di un GAC/CER</b> .....	78
<b>4.2 Normativa UE e normativa italiana</b> .....	79
<b>4.3 Analisi di fattibilità</b> .....	86
<b>4.3.1 Analisi energetica</b> .....	87



**Politecnico  
di Torino**

<b>4.3.2 Analisi economica .....</b>	<b>94</b>
<b>Conclusioni .....</b>	<b>103</b>
<b>Sitografia .....</b>	<b>105</b>



## **Indice delle figure**

Figura 1- Distribuzione età degli edifici residenziali italiani .....	10
Figura 2 - Evoluzione del quadro normativo .....	12
Figura 3 - Visione frontale Est .....	23
Figura 4 - Visione retro Nord.....	24
Figura 5 - Visione frontale Ovest.....	25
Figura 6 - Visione retro Est.....	26
Figura 7 - Disposizione delle diverse unità immobiliari .....	27
Figura 8 - Prospetto Est e sezione trasversale .....	29
Figura 9 - Prospetti Sud ed Ovest.....	29
Figura 10 - Prospetto Nord.....	30
Figura 11 - Pianta piano primo.....	31
Figura 12 - Pianta piani secondo e terzo.....	32
Figura 13 - Pianta piano interrato e terra .....	32
Figura 14 - Risultati APE ante .....	41
Figura 15 - Indice di riferimento dei singoli appartamenti e riferimenti ante.....	42
Figura 16 - Coefficiente globale di scambio termico ante .....	44
Figura 17 - Bilancio termico dell'involucro ante .....	45
Figura 18 - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette a riqualificazione .....	49
Figura 19 - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno soggette a riqualificazione .....	49
Figura 20 - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno soggette a riqualificazione.....	50
Figura 21 - Trasmittanza termica U massima delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati soggette a riqualificazione .....	50
Figura 22 - Esempio di stratigrafia di cappotto termico .....	51
Figura 23 - Esempio di finestra a doppio vetro .....	53
Figura 24 - Fabbisogno pdc per raffrescamento .....	56
Figura 25 - Fabbisogno pdc per riscaldamento.....	56
Figura 26 - Fabbisogno pdc per ACS.....	57
Figura 27 - Disposizione dei pannelli FV sul tetto .....	59
Figura 28 - Classe energetica post .....	61
Figura 29 - Indice di riferimento dei singoli appartamenti e riferimenti post.....	62
Figura 30 - Coefficiente globale di scambio termico post .....	64
Figura 31 - Bilancio termico dell'involucro post .....	65



**Politecnico  
di Torino**

Figura 32 - Schema funzionale centrale termica .....	69
Figura 33 - Costi totali degli interventi.....	75
Figura 34 - Credito e debito generati .....	76
Figura 35 - Modello reale e modello virtuale .....	81
Figura 36 - Valori dell'incentivo per GAC e CER .....	83
Figura 37- Formule per il calcolo degli incentivi spettanti.....	84
Figura 38 - Corrispettivi GSE legati alla taglia per GAC e CER .....	85
Figura 39 - Fabbisogni elettrici delle tre pompe di calore .....	89
Figura 40 - Autoconsumo e autosufficienza in base alla taglia.....	90
Figura 41 - Dimensionamento batterie di accumulo .....	92
Figura 42 - Indicatori energetici .....	93
Figura 43 - Input analisi economica .....	95
Figura 44 - Risultati economici.....	97
Figura 45 - Andamento VAN nello scenario 1 .....	98
Figura 46 - Andamento VAN nello scenario 2 .....	99
Figura 47 - Andamento VAN nello scenario 3 .....	100
Figura 48 - Andamento VAN nello scenario 4 .....	101



**Politecnico  
di Torino**

## **Capitolo 1. Introduzione**

### **1.1 Inquadramento**

Nel contesto globale di lotta alla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, un obiettivo fondamentale è quello della diminuzione dei consumi energetici. Infatti, nel corso del tempo l'utilizzo di energia è sempre più aumentato in valore assoluto e, nonostante il rapido sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili (FER), le fonti fossili contribuiscono ancora per oltre l'80% ai consumi energetici globali.

Questa situazione è rilevabile sia nel contesto europeo così come nel panorama italiano. Infatti, a livello nazionale i consumi di energia primaria derivanti da fonti fossili sono preponderanti nonostante il forte sviluppo delle FER tradizionali come eolico e fotovoltaico e la presenza di impianti idroelettrici. Attualmente in Italia queste fonti soddisfano circa il 30% dell'energia primaria consumata.

Al fine di ridurre i consumi, una delle strategie adottate a livello mondiale e soprattutto uno degli obiettivi identificati dall'Unione Europea consiste nell'aumentare l'efficienza energetica sia dal punto di vista attivo che passivo. In questo modo si raggiungerebbe il duplice obiettivo di ridurre gli input dei sistemi a parità di output e di diminuire gli sprechi di energia che ancora caratterizzano molti processi.

In questo contesto si inseriscono gli incentivi e le normative che, a partire dagli anni Novanta, hanno imposto vincoli sempre più stringenti per quanto concerne le prestazioni energetiche degli edifici e hanno permesso ad una fetta sempre maggiore di popolazione di avviare lavori di ristrutturazione volti all'efficientamento energetico.

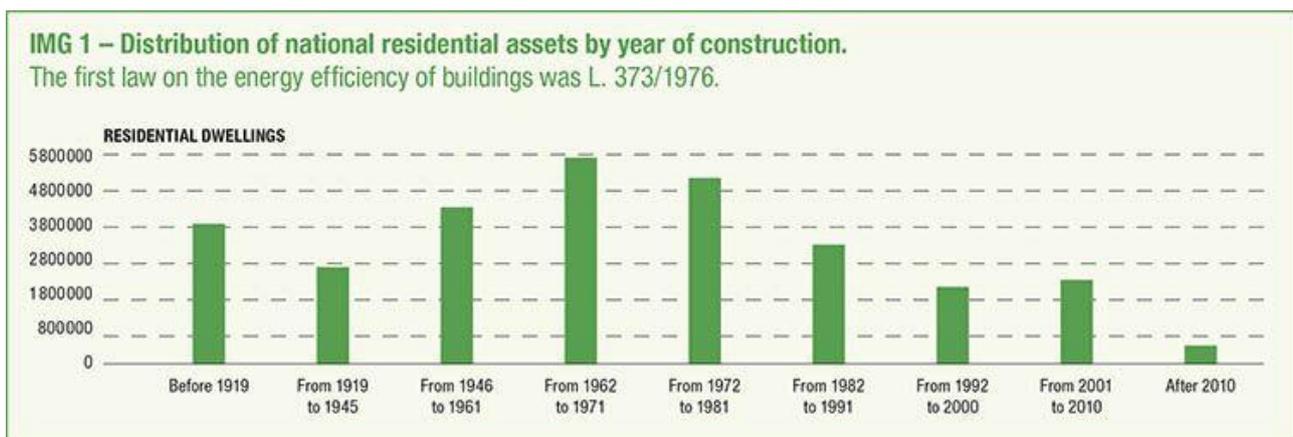
La necessità di prestare attenzione al mondo degli edifici residenziali risulta evidente osservando che, basandoci su alcuni dati forniti da ENEA (*Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile*) in riferimento al 2021, circa il 40% dei consumi energetici dei paesi UE derivano proprio dagli edifici residenziali. Considerando poi che questi consumi derivano principalmente dalla combustione di



**Politecnico  
di Torino**

fonti fossili non rinnovabili, si scopre che gli edifici residenziali a livello europeo contribuiscono per circa il 36% alle emissioni di CO<sub>2</sub> totali. Inoltre, se si considera che il 75% degli edifici residenziali europei è considerato di scarse prestazioni e che il tasso di ristrutturazione energetica è solamente pari all'1% annuo, diventa evidente la necessità di un'azione decisa sul parco edilizio europeo.

A livello italiano la situazione è molto simile. Infatti, si stima che oltre il 70% degli edifici attualmente esistenti abbia più di 45 anni e con consumi specifici medi di 160-180  $\frac{kWh}{m^2 \cdot anno}$ . I dati sono ben visibili nell'immagine seguente.



*Figura 1- Distribuzione età degli edifici residenziali italiani*

Secondo queste spinte, e in modo da rilanciare l'economia uscente dalla pandemia globale di COVID-19, in Italia nel 2020 nasce il così detto "Superbonus 110%", una misura di incentivazione introdotta dal DL rilancio (Decreto-legge 34/2020) che, tramite un incentivo sotto forma di detrazione fiscale pari al 110% della spesa sostenuta, punta a ristrutturare gli edifici residenziali esistenti in modo da aumentarne le prestazioni e la sicurezza.

Basandosi ancora una volta sui dati forniti da ENEA, si scopre che a settembre 2021 erano già stati realizzati 40000 interventi per un valore di circa 4,3 miliardi di euro. Gli edifici che hanno maggiormente usufruito di questi incentivi sono i condomini (1,7 miliardi), seguiti



**Politecnico  
di Torino**

dagli edifici unifamiliari (1,6 miliardi) e dalle unità immobiliari indipendenti (1 miliardo). Nel complessivo, tutti questi interventi hanno già portato ad un risparmio energetico annuo pari a 1300 GWh.

## **1.2 Cronistoria di norme ed incentivi per gli edifici residenziali in Italia**

A livello italiano, la prima norma fondamentale è la Legge 10/91 sviluppata in materia di uso razionale dell'energia, risparmio energetico e sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili. Questa è stata una legge fondamentale perché per prima ha vincolato le modalità progettuali e la gestione del sistema edificio-impianto.

Nel particolare, questa norma ed i successivi DPR 412/93 e DPR 551/99 sono rilevanti per:

- Creazione delle sei zone climatiche (da A a F dove la A è la più calda) in base ai gradi giorno (GG).
- Creazione della relazione energetica oggi Relazione Tecnica ex legge 10. Questa relazione aveva e tuttora ha il compito di attestare che l'intervento progettato risponde ai vincoli riguardanti i consumi energetici e che le prestazioni del sistema edificio-impianto sono migliori rispetto a dei valori limite imposti dalla norma.

Tale legge nel tempo ha subito alcune modifiche ma, come vedremo, è ancora alla base di alcuni documenti tutt'ora necessari. Pertanto, può essere definita come l'origine delle attuali norme e bonus relativi all'efficientamento energetico nell'ambito degli edifici residenziali. La situazione descritta precedentemente si può vedere chiaramente anche dall'immagine riassuntiva seguente che mostra l'evoluzione del quadro normativo italiano nell'ambito di nostro interesse. Si noti che ripercorreremo soltanto in parte questa immagine che ha comunque un ottimo valore esplicativo.

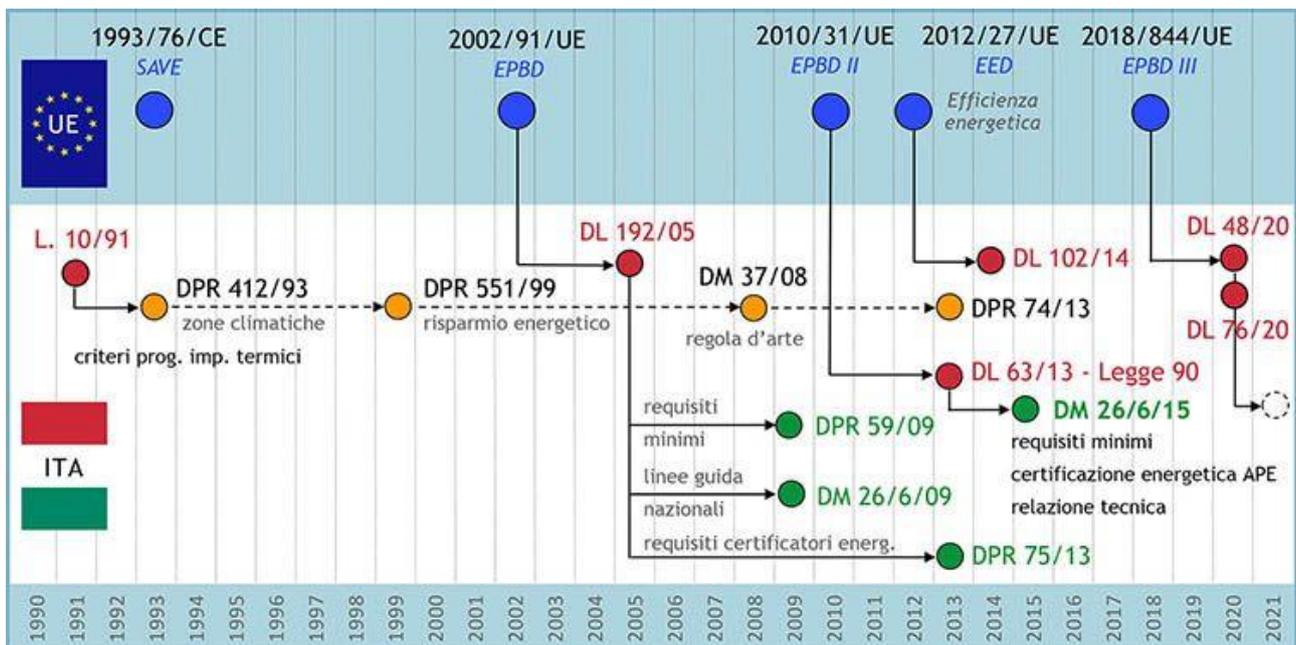


Figura 2 - Evoluzione del quadro normativo

Successivamente alla legge 10/91, viene emanato il DLgs 192/2005. Il decreto nasce come recepimento ed attuazione della direttiva europea SAVE che trattava i criteri per il miglioramento energetico sia degli edifici di nuova costruzione che per quelli esistenti. I punti salienti di questa norma sono:

- Vengono posti dei limiti al valore del fabbisogno di energia primaria misurato in  $\frac{kWh}{m^2 \cdot anno}$ .
- Viene resa più stringente la relazione tecnica della legge 10/91 che da questo momento necessita anche dei calcoli per l'individuazione del fabbisogno estivo.
- Con il DPR 50/09 vengono definiti i criteri, le modalità di calcolo ed i requisiti minimi per l'efficienza energetica degli edifici. Inoltre, questo decreto fissa i requisiti minimi che le prestazioni del sistema edificio-impianto devono rispettare.
- Viene resa obbligatoria la stesura dell'APE (Attestato di Prestazione Energetica).



**Politecnico  
di Torino**

In seguito, con la legge 296/2006, vengono create le prime detrazioni fiscali per la riqualifica del patrimonio edilizio. Questa legge nel tempo ha subito alcune modifiche in vari ambiti tra cui: interventi ammessi, numero anni di ripartizione della detrazione, aliquota della detrazione (originariamente al 55%). Inizialmente questa legge ha portato a favorire principalmente gli interventi sugli infissi e sul generatore di calore. Perciò, per dare spazio anche ad altri interventi, venne aumentata la percentuale detraibile.

Il passo successivo seguito dalla normativa nazionale è rappresentato dal D.L. 63/2013 poi diventato Legge 90/2013. Questa legge nasce come recepimento della direttiva europea EPBD II ed apporta modifiche importanti alla norma precedente (Dlgs 192/2005), rendendola più stringente sotto certi aspetti. Inoltre, con questa norma viene fornita una definizione di NZEB (Nearly Zero Energy Building) ovvero edifici dal consumo energetico pari o prossimo a zero e in cui il consumo energetico, in gran parte, deriva da fonti energetiche rinnovabili.

Un'altra novità importante introdotta dalla Legge 90 riguarda l'APE (Attestato di Prestazione Energetica). Infatti, a seguito dell'emanazione della legge e del decreto da cui deriva, l'APE non deve più considerare solamente la climatizzazione invernale, quella estiva e l'acqua calda sanitaria (ACS) ma deve tenere conto anche della ventilazione, dell'illuminamento e dell'energia richiesta da sistemi come ascensori o scale mobili.

Inoltre, tra le altre cose essa definisce delle condizioni per:

- Migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio.
- Favorire lo sviluppo delle FER negli edifici.
- Individuare i criteri per la certificazione di prestazione energetica.

La legge precedente è particolarmente significativa anche perché da essa è discesa una serie di 3 provvedimenti racchiusa nel DM 26 giugno 2015. In particolare, i tre provvedimenti riguardano:



**Politecnico  
di Torino**

- Requisiti minimi. Con questo provvedimento vengono stabilite le modalità di calcolo della prestazione energetica ed i nuovi requisiti minimi che il sistema edificio-impianto deve rispettare sia che si tratti di edifici nuovi che per gli edifici in ristrutturazione.
- Linee guida APE. Con questo vengono riviste e modificate alcune regole per la redazione della certificazione energetica.
- Relazione tecnica. Il provvedimento definisce dei nuovi modelli per la Relazione Tecnica legge 10 aggiornando quelli presenti nella 192/2015.

Inoltre, il DM 26/2015 fornisce i parametri dell'edificio di riferimento sia dal punto di vista dell'involucro che dell'impianto e dà una nuova definizione per gli NZEB.

Per quanto riguarda gli incentivi, i principali step successivi alla legge 296/2006 sono stati fatti nel 2018 con il bonus casa (che offre una detrazione pari al 50% per alcuni interventi) e, nel 2020, con il bonus facciate. Quest'ultimo garantisce una detrazione del 60% per interventi sulle facciate di edifici esistenti. Altri incentivi degni di nota ma che non verranno approfonditi sono:

- Bonus verde, per la sistemazione di verde e giardini.
- Sismabonus, per interventi di miglioramento della sicurezza dal punto di vista sismico.
- Ecobonus, che copre diversi interventi sul sistema edificio-impianto.
- Barriere architettoniche, per favorire interventi di eliminazione di tali barriere.

Infine, l'ultima novità nell'ambito degli incentivi nati per favorire l'efficientamento energetico di edifici residenziali è stato il Superbonus 110%. Questo incentivo è nato col decreto rilancio (Decreto-legge 34/2020). Nel paragrafo seguente verrà approfondito questo nuovo incentivo che sarà anche alla base dei calcoli presenti nelle analisi seguenti.



**Politecnico  
di Torino**

### **1.3 Il superbonus 110%**

Come accennato nel paragrafo precedente, il superbonus 110% è nuovo incentivo creato con il Decreto-legge 34/2020 (poi aggiornato dalla legge 77/2020) e che attualmente è alla base di una massiccia ristrutturazione di edifici residenziali sul territorio nazionale. La legge, detta anche decreto rilancio, nasce con un duplice obiettivo. Il primo è quello di rilanciare l'economia in crisi a causa della pandemia da COVID-19. Il secondo, punta a ridurre i consumi energetici e le emissioni agendo sulle prestazioni degli edifici. Un aspetto particolare che approfondiremo maggiormente in seguito è dato dal fatto che per la prima volta, questo decreto introduce il concetto di cessione del credito.

Questo nuovo incentivo prevede un rimborso per le spese sostenute per alcune tipologie di interventi pari al 110% della spesa stessa. Il rimborso si presenta sotto forma di credito di imposta ripartito in 5 aliquote di pari valore per le spese sostenute nel periodo 2020-2021 e in 4 aliquote di pari valore quelle sostenute nel 2022. Inizialmente, le spese comprese erano soltanto quelle effettuate dal 1° luglio 2020 al 30 giugno 2022, ma attualmente esistono delle proroghe che variano a seconda di alcuni casi particolari. Come vedremo in seguito, il credito maturato può essere gestito in altri modi oltre a quello classico, cosa che rende questo incentivo molto più appetibile rispetto a quelli precedenti.

Il superbonus 110% può essere diviso in due macrocategorie:

- Super Ecobonus 110%.
- Sismabonus 110%.

#### **1.3.1 Il super Ecobonus 110%**

Questa prima macrocategoria prevede un'ulteriore distinzione tra interventi trainanti ed interventi trainati. Uno dei vincoli per accedere a questo incentivo consiste proprio nell'effettuare almeno uno degli interventi trainanti. Soltanto in questo modo anche le spese per gli interventi trainati potranno ricevere la detrazione prevista pari al 110% della spesa sostenuta. Due sono i possibili interventi trainanti:



**Politecnico  
di Torino**

- Interventi sull'involucro. Tra questi abbiamo gli interventi relativi alla coibentazione delle strutture opache che racchiudono il volume riscaldato a condizione che si intervenga su almeno il 25% della superficie disperdente lorda. L'intervento può avvenire anche sui tetti non disperdenti ma questi non rientrano nel 25% che fa da discriminante. Gli interventi possono essere eseguiti su tipologie di edifici differenti per ognuna delle quali esiste un massimale di spesa incentivato. In particolare, il massimale per edifici unifamiliari vale 50000€, per edifici monoproprietario da 2 a 4 unità vale 40000€ per unità immobiliare (UI), per condomini fino a 8 unità vale 40000€ per UI e per condomini oltre 8 unità vale 40000€ per ognuna delle prime otto UI e 30000€ per le restanti UI.
- Interventi di sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale esistente e sostituzione con impianti centralizzati per riscaldamento, raffrescamento o ACS. In questo caso, in base al tipo di edificio che abbiamo si potranno fare scelte diverse per quanto riguarda il generatore di calore scelto come sostituto. Anche per questo intervento esistono massimali diversi in base al tipo di edificio: per edifici unifamiliari vale 30000€, per edifici monoproprietario da 2 a 4 unità vale 20000€ per UI, per condomini fino a 8 unità vale 20000€ per UI e per condomini oltre 8 unità vale 20000€ per ognuna delle prime otto UI e 15000€ per le restanti UI.

Gli interventi trainati, come detto, possono accedere alla detrazione pari al 110% solamente se prima è stato eseguito uno dei due interventi trainanti. I possibili interventi trainati sono quattro ognuno con un suo massimale:

- Interventi già considerati nell'ecobonus (art 14 DL 63/13). In questo caso la detrazione massima varia a seconda dell'intervento previsto.
- Impianto fotovoltaico. In questa tipologia viene considerata l'installazione di pannelli fotovoltaici e batterie di accumulo con un massimale di 48000€. Inoltre, la spesa per i pannelli non può superare  $1600 \frac{\text{€}}{\text{kW}}$  e quella per l'accumulo  $1000 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$ . A tal proposito si segnala che questo incentivo non è cumulabile con lo scambio



**Politecnico  
di Torino**

sul posto. Quindi, l'energia non autoconsumata va ceduta al GSE (Gestore dei Servizi Energetici). Infine, va detto che questo intervento risulta essere trainato anche nel caso in cui sia stato effettuato un intervento rientrante nel Sismabonus 110% anche se non è stato effettuato uno dei due interventi trainanti descritti precedentemente.

- Colonnine di ricarica. Viene data la possibilità di installare infrastrutture per la ricarica di veicoli elettrici negli edifici. La spesa massima concessa è di 2000€ per edifici unifamiliari, altrimenti è di 1500€ per le prime 8 colonnine e 1200€ per le restanti.
- Barriere architettoniche. Gli interventi concessi sono quelli relativi ad eliminazione di barriere architettoniche e/o installazione di ascensori, rampe o elevatori. Il massimale è di 96000€ per UI. Come per l'impianto fotovoltaico, anche questo tipo di intervento va considerato trainato laddove si effettui un intervento rientrante nel Sismabonus 110%.

Oltre ai vincoli già descritti, per accedere al Super Ecobonus ci sono altri due vincoli che sono:

- Ottenere, grazie all'intervento, un miglioramento di almeno due classi energetiche.
- Redigere un'asseverazione tramite un tecnico abilitato per confermare il rispetto dei requisiti tecnici e la congruità dei costi unitari. Inoltre, l'asseverazione richiede la stipula di un'assicurazione con polizza minima di 500000€.

### **1.3.2 Il sisma bonus 110%**

Questo incentivo non fa una distinzione tra interventi trainanti e trainati ma, come detto precedentemente, permette di trainare alcuni interventi del Super Ecobonus 110%. Questo bonus supporta interventi di miglioramento e adeguamento sismico con o senza passaggio di Classe di Rischio Sismico ed è applicabile per edifici posti in zona 1, 2 o 3.



**Politecnico  
di Torino**

Per questo incentivo la spesa massima è di 96000€ per UI. Tale valore è aumentato del 50% laddove l'edificio presenti danni causati da un sisma.

Infine, per entrambi gli incentivi appena descritti, si noti che una volta superato il limite massimo di spesa l'avanzo rimanente non può accedere ad altri incentivi esistenti; perciò, diventano completamente a carico del committente.

### **1.3.3 Possibili usi del credito di imposta maturato.**

Uno degli aspetti innovativi legati al superbonus 110% concesso per la prima volta proprio dal decreto rilancio (Decreto-legge 34/2020), consiste nelle possibilità che vengono date per la gestione del credito. Infatti, oltre al classico uso diretto che il contribuente può fare, vengono evidenziati anche altri due meccanismi interessanti dal punto di vista economico:

- Sconto in fattura con riconoscimento del credito ad un operatore economico. Con questa possibilità, in fattura l'operatore economico che gestisce la commessa deve effettuare al cliente uno sconto pari al 100% della spesa sostenuta e rientrante nei massimali. A seguito di questa operazione, l'azienda si troverà ad aver maturato un credito di imposta pari al 110% della cifra. Successivamente, il credito ottenuto può essere anche ceduto a terzi. Il numero massimo di cessioni che il credito può subire è di massimo tre.
- Cessione diretta a enti terzi. In questo caso il credito di imposta maturato dal cliente viene ceduto direttamente a enti terzi come istituti bancari che poi potranno utilizzarlo.



**Politecnico  
di Torino**

## **Capitolo 2. Presentazione caso studio**

### **2.1 La figura del General Contractor**

Come identificato precedentemente, in materia di utilizzo del credito di imposta maturato sono tre le possibilità percorribili da un cliente intenzionato a sfruttare l'incentivo Superbonus 110%.

Nello sviluppo di questo elaborato di tesi, si prenderà in considerazione il caso di cessione del credito ad un ente terzo che, in questa analisi, agisce in veste di General Contractor. Questa ipotesi è stata fatta per motivi precisi che verranno spiegati nella prosecuzione del capitolo.

Alla base della scelta sta il fatto che questa stessa decisione è già stata largamente intrapresa dai fruitori dell'incentivo. Infatti, potendo cedere il credito di imposta ad enti terzi con una maggior disponibilità economica, sia come capacità di investimento sia come smaltimento del credito, i cittadini hanno ricevuto la possibilità di usare ciò che veniva maturato tramite la ristrutturazione come "moneta" per pagare gli interventi stessi (nella loro quota coperta dall'incentivo).

Pertanto, è giustificabile dire che, grazie a questa possibilità introdotta dal DL 34/2020, si sia allargata notevolmente la platea di persone coinvolgibili. Infatti, nonostante il meccanismo dello sconto in fattura in sé già permetta di ampliare notevolmente le persone interessate allo sfruttamento della detrazione frutto dell'incentivo, il credito di imposta che spesso viene generato è troppo elevato anche per le imprese che effettuavano lo sconto in fattura. Quindi con il solo meccanismo dello sconto in fattura meno attori sarebbero stati interessati alla detrazione.

In questo contesto, sono intervenuti gli istituti di credito e, soprattutto, diverse aziende che, in qualità di General Contractors, si sono offerte come "enti terzi" a cui cedere il credito di imposta generato dagli interventi. L'aspetto vantaggioso di questa situazione si identifica nel fatto che in questo modo le aziende hanno permesso al cittadino di



**Politecnico  
di Torino**

usufruire completamente del credito maturato grazie all'incentivo evitando che questo andasse in parte perduto. Infatti, tipicamente un'azienda che si propone come General Contractor possiede una capacità di smaltimento del credito molto maggiore di quella del cliente che richiede l'intervento e quindi, riesce a sfruttare completamente il credito generatosi con la ristrutturazione.

La figura del General Contractor (o Contraente Generale) nasce nel contesto nazionale a seguito dell'emanazione della legge 443/2001, che viene definita anche come "legge obiettivo", e nasce per snellire ed accelerare i tempi di realizzazione delle opere pubbliche strategiche. Inoltre, la norma evidenzia che il ruolo del General Contractor e quello dell'appaltatore sono nettamente distinti l'uno dall'altro. Pertanto, è stato necessario delineare un sistema di qualificazione differente.

Entrando più nello specifico, il General Contractor nasce come una figura in grado di assumere su di sé svariate funzioni. Nel dettaglio, esso svolge attività di progettista, costruttore ed in parte di finanziatore dell'opera da realizzare.

La normativa legata alla figura del General Contractor è stata aggiornata per l'ultima volta attraverso gli articoli da 161 a 194 del Codice degli Appalti. Inizialmente, questo codice è stato sviluppato tramite il decreto legislativo 163/2006 ed attualmente dal d.lgs. 50/2016 (Codice dei Contratti Pubblici).

Dalla normativa è interessante richiamare il comma 2 dell'art. 194 del Codice degli Appalti, citato precedentemente. Il comma definisce alcuni degli obblighi del General Contractor:

- Predisposizione del progetto definitivo e delle attività tecnico-amministrative occorrenti al soggetto aggiudicatore.
- Acquisizione delle aree di sedime.
- Esecuzione, con qualsiasi mezzo, dei lavori.
- Perfezionamento dell'opera.
- Individuazione delle modalità gestionali laddove sia richiesto.



**Politecnico  
di Torino**

- Indicazioni del piano degli affidamenti, delle espropriazioni e delle forniture di materiale. Questo obbligo è stato definito in modo da evitare infiltrazioni mafiose nella realizzazione dell'opera.

Un'altra motivazione per cui è stata ritenuta valida l'ipotesi che il credito di imposta maturato grazie all'intervento venisse ceduto ad un ente terzo in veste di General Contractor è dovuta al fatto che la supposizione proposta rappresenta la strada che effettivamente il caso studio percorrerà nella pratica. Infatti, l'edificio in analisi è stato determinato dall'azienda in cui sto predisponendo questo elaborato (CVA S.p.A.). Questa società, tra le varie attività, si occupa anche di seguire, in qualità di General Contractor, interventi di restauro che sfruttano il Superbonus 110%. Tuttavia, per un'azienda come questa, che non si occupa direttamente di realizzare i lavori, l'unica opzione per entrare in questo ambito è quello della cessione del credito da parte del cliente commissionante l'intervento.

Il lavoro di questa società, nel mondo nato a seguito della promulgazione dell'incentivo, è cominciato con la creazione di una funzione dedicata al Superbonus 110% qualche mese dopo l'emanazione del Decreto-Legge 34/2020: tutt'ora vengono sviluppate delle commesse legate all'argomento. L'azienda, essendo a partecipazione pubblica, non può eseguire operazioni finanziarie ma può intervenire come impresa affidataria senza però entrare nei meriti del progetto.

Infine, un'ulteriore motivazione che è lecito portare a sostegno della scelta fatta nasce dall'aver svolto un tirocinio curriculare presso l'azienda sopra citata. L'esperienza effettuata, di circa un mese, mi ha permesso di conoscere più approfonditamente il funzionamento del Superbonus 110% soprattutto dal punto di vista di una società che, come CVA S.p.A., si propone come General Contractor al fine di sfruttare il credito che viene generato dagli interventi.



**Politecnico  
di Torino**

## **2.2 Il caso studio**

A questo punto, dopo aver mostrato nel capitolo precedente il funzionamento generale del Superbonus 110% e dopo aver definito nel paragrafo precedente la figura del General Contractor, è possibile contestualizzare lo sfruttamento dell'incentivo in un edificio reale. Come accennato, il caso studio su cui verte questo elaborato rappresenta una commessa reale effettivamente seguita dalla funzione "Efficienza Energetica e Open Innovation" dell'azienda in cui sto svolgendo la tesi.

Fatte queste premesse, è possibile presentare adeguatamente il caso studio. Per una questione di riservatezza dei dati dei condomini, verranno omessi il nome dei soggetti coinvolti e la precisa ubicazione geografica dell'edificio in quanto, come detto, il caso in studio è un progetto reale portato avanti dall'azienda supportante chi scrive nella stesura di questo elaborato.

L'edificio in questione è considerato essere un condominio con più di otto UI e si trova nel comune di Gressan (AO). Di seguito vengono riportate le foto per capire in maniera preliminare com'è strutturato.



**Politecnico  
di Torino**



*Figura 3 - Visione frontale Est*



**Politecnico  
di Torino**



*Figura 4 - Visione retro Nord*



**Politecnico  
di Torino**



*Figura 5 - Visione frontale Ovest*



**Politecnico  
di Torino**



*Figura 6 - Visione retro Est*

Usando come riferimento i dati catastali reperibili tramite i dati registrati presso l'Agenzia delle Entrate, è possibile iniziare la descrizione dell'edificio individuando la destinazione e il numero di unità immobiliari in cui è suddiviso il fabbricato. Il caso studio, in particolare, presenta:

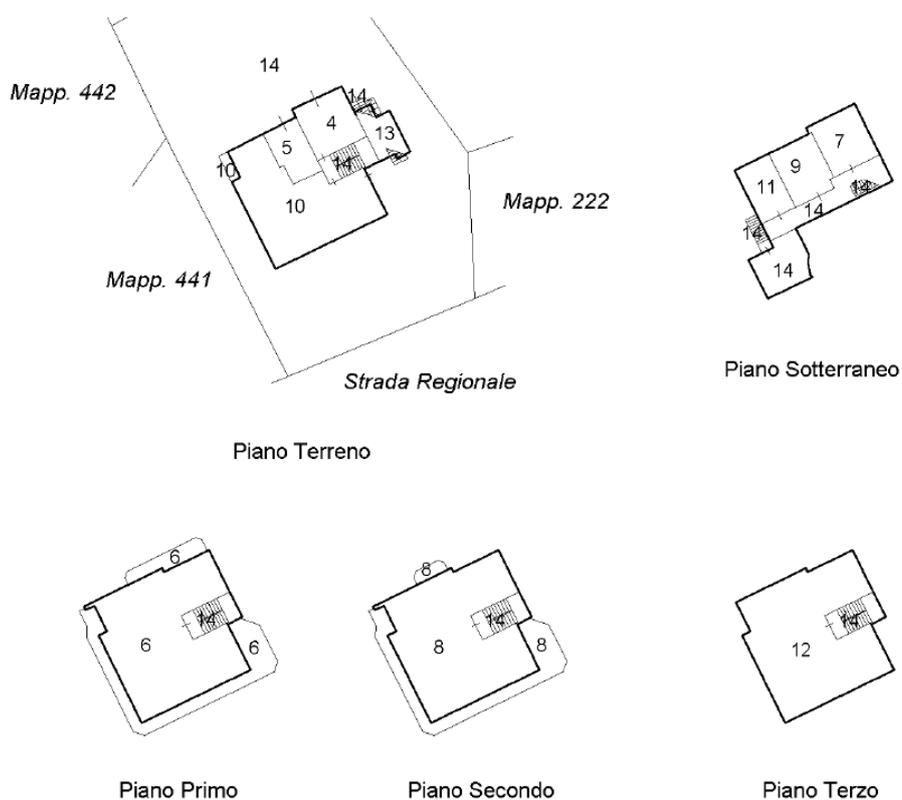
- Tre unità immobiliari abitative (numeri 6, 8 e 10).
- Due autorimesse/garage (numeri 4 e 5).
- Cinque depositi/cantine di cui una è una soffitta posta all'ultimo piano (numeri 7, 9, 11, 12 e 13).
- 1 vano scala comune (numero 14) che non va considerato nel conteggio delle UI.



**Politecnico  
di Torino**

In totale quindi sono dieci le unità immobiliare che formano l'edificio. Questo numero sarà fondamentale nel proseguo di questo elaborato quando sarà necessario determinare i massimali di spesa per gli interventi.

Le unità si dispongono su cinque piani di cui uno interrato, tre adibiti ad uso residenziale ed uno utilizzato come soffitta. Inoltre, l'edificio presenta un unico ingresso comune ai condomini. Di seguito riporto la disposizione delle diverse unità immobiliari all'interno dell'edificio.



*Figura 7 - Disposizione delle diverse unità immobiliari*

L'edificio in analisi è stato costruito tra gli anni Settanta ed Ottanta; pertanto, vista l'età del fabbricato, si può già ipotizzare che le soluzioni adottate in fase costruttiva non siano



**Politecnico  
di Torino**

stato del tutto efficienti considerando l'evoluzione dei vincoli prestazionali. Quindi, già da una semplice analisi preliminare si può già immaginare che con gli interventi trainanti si potrà ottenere il salto di due classi energetiche necessarie al fine dell'accesso all'incentivo. Nel capitolo seguente verrà valutata accuratamente la veridicità di questa prima ipotesi.

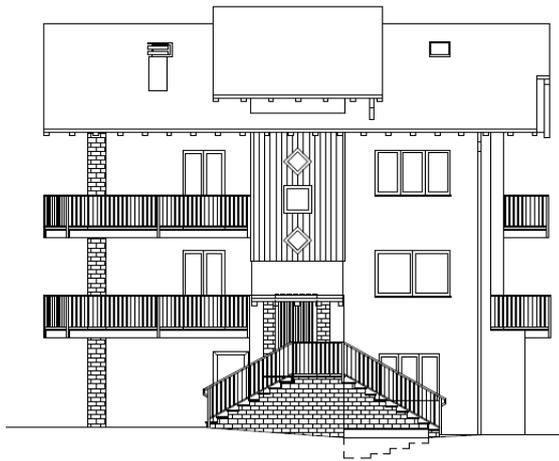
Confrontandosi con i dati riportati nel capitolo precedente, si nota che la situazione in cui si trova questo edificio è quella tipica del residenziale italiano. Questo, rende il caso studio un esempio lampante dell'impatto che l'incentivo del Superbonus 110% può avere sul settore residenziale nazionale.

Inoltre, l'edificio risulta particolarmente adatto in quanto presenta un tetto a falde orientate principalmente a Nord-Est e Sud-Ovest tranne che per una piccola porzione sul lato Est dell'edificio che invece ha orientazione circa Nord-Sud. Come si vedrà in seguito, questa caratteristica rende il fabbricato un caso ottimale anche per la realizzazione di un intervento trainato, come la creazione di un impianto fotovoltaico oppure la realizzazione di un impianto solare termico. Inoltre, questo fattore è importante anche in ottica della creazione di un Gruppo di Autoconsumatori Collettivo (GAC).

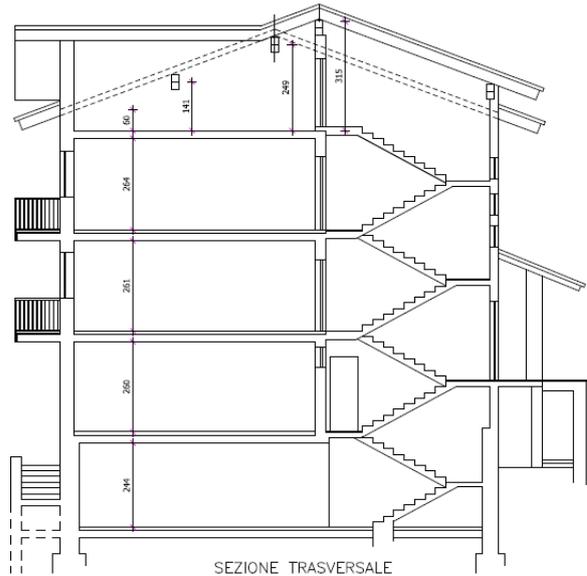
Al fine di comprendere meglio la struttura del fabbricato nel suo complesso, vengono ora riportate le immagini delle piante e dei prospetti dell'edificio.



Politecnico  
di Torino

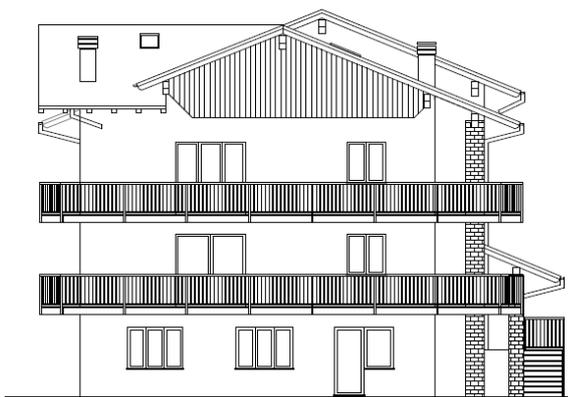


PROSPETTO EST

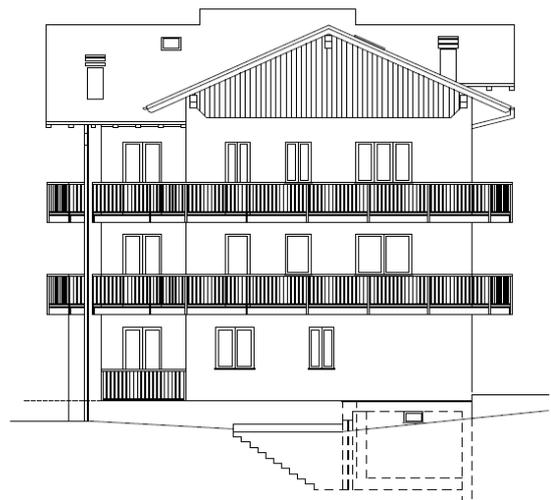


SEZIONE TRASVERSALE

*Figura 8 - Prospetto Est e sezione trasversale*



PROSPETTO SUD

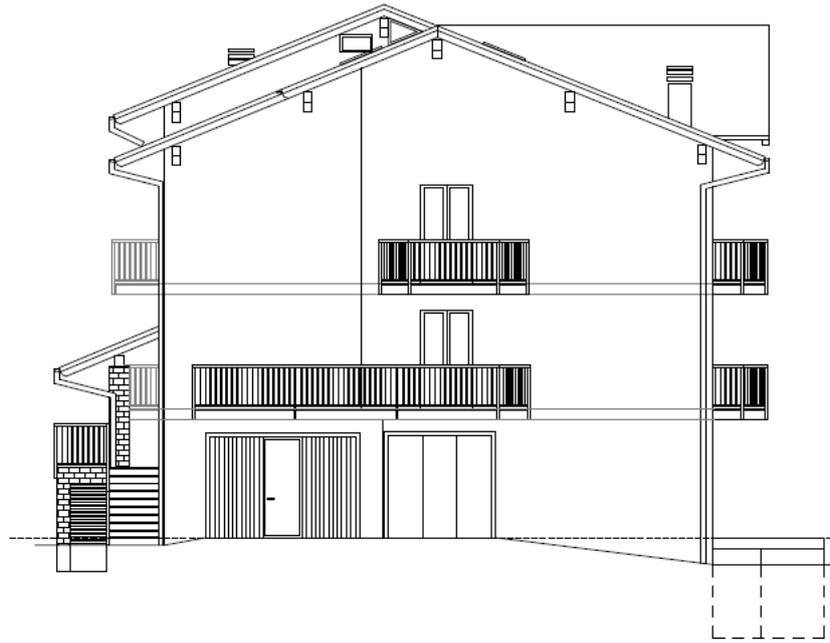


PROSPETTO OVEST

*Figura 9 - Prospetti Sud ed Ovest*



**Politecnico  
di Torino**

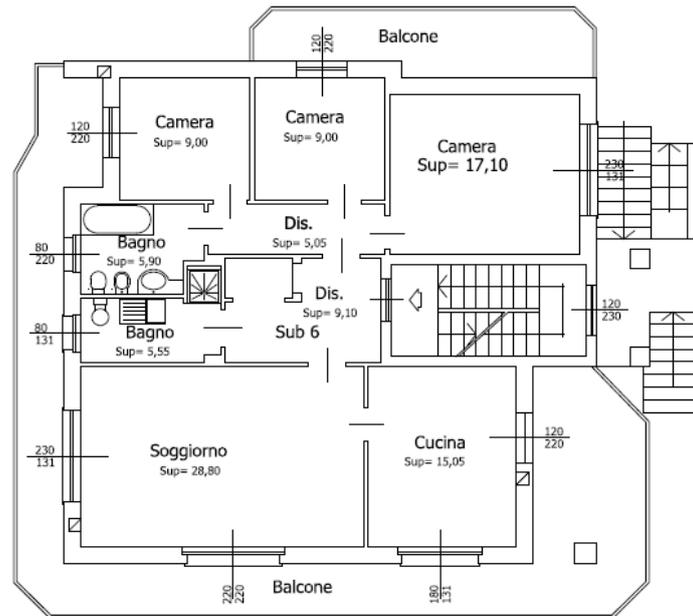


PROSPETTO NORD

*Figura 10 - Prospetto Nord*



**Politecnico  
di Torino**



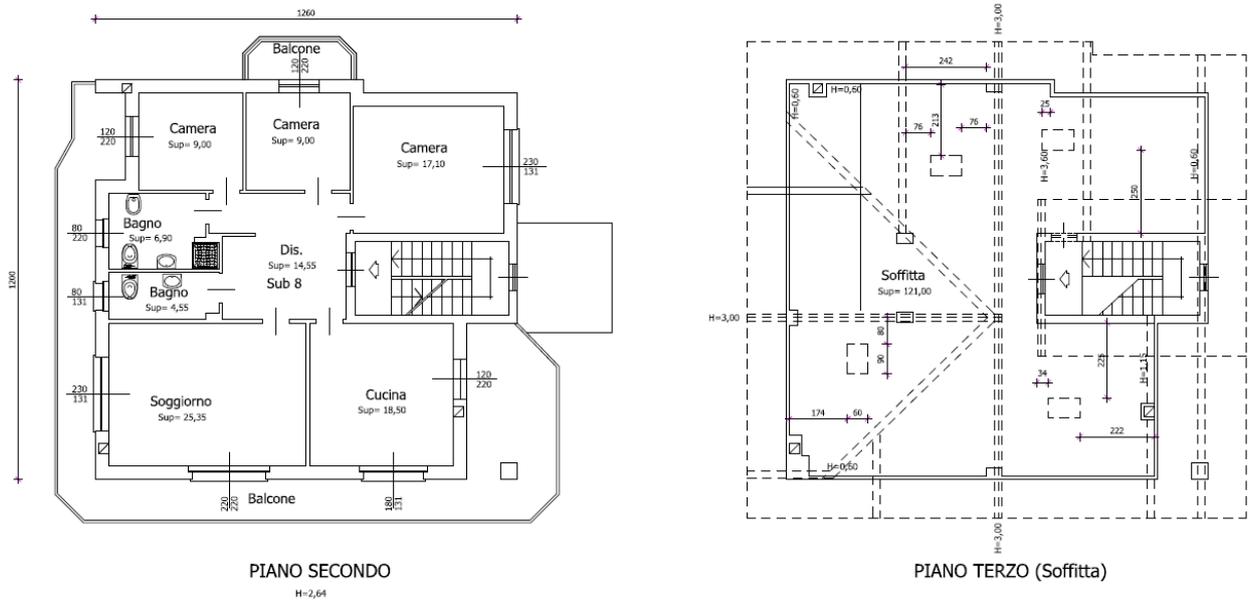
**PIANO PRIMO**

H=2,61

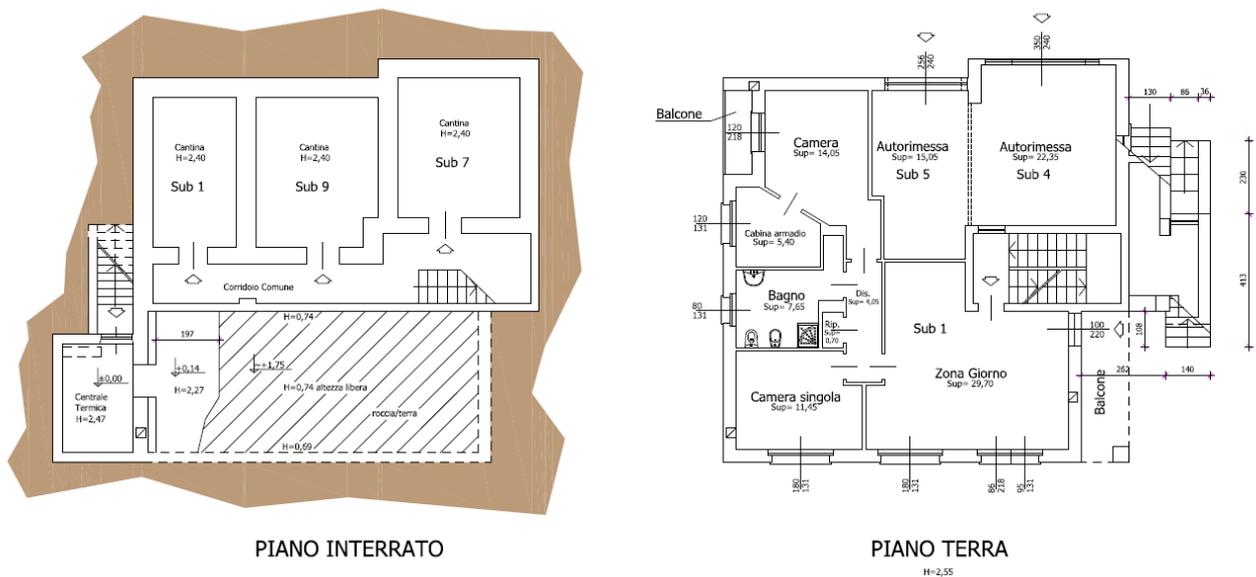
*Figura 11 - Pianta piano primo*



**Politecnico  
di Torino**



*Figura 12 - Pianta piani secondo e terzo*



*Figura 13 - Pianta piano interrato e terra*



**Politecnico  
di Torino**

Prima di iniziare con la descrizione degli interventi e di seguire gli step previsti dalla norma per l'accesso al Superbonus 110%, è bene sottolineare un aspetto importante e spesso trascurato. Infatti, nonostante il valore dell'incentivo, non tutte le spese necessarie per completare gli interventi di ristrutturazione rientreranno nel massimale imposto dalla normativa. Oppure, parte delle spese non potranno accedere alla detrazione del 110% ma dovranno sfruttare altri incentivi tra quelli esistenti. Pertanto, anche per quanto riguarda i lavori che rientrano tra quelli incentivati con il Superbonus 110%, il cliente al termine dei lavori si troverà col dover pagare una certa somma.

Tuttavia, come vedremo, la cifra da saldare al termine dei lavori è, in proporzione, piuttosto bassa rispetto agli importi totali derivanti dai lavori di ristrutturazione. Inoltre, considerando anche che nell'intervento come cliente finale sono coinvolti più attori che si divideranno le spese in base ai millesimi di cui sono proprietari, allora per ognuno la spesa finale diventa decisamente minore a fronte del valore degli interventi effettuati.

Proprio per questi motivi, tipicamente il Superbonus 110% è più conveniente per i condomini piuttosto che per le case unifamiliari. Infatti, nel primo caso il massimale di spesa risulta essere maggiore e le spese da sostenere vengono ripartite tra più persone.



**Politecnico  
di Torino**

## **Capitolo 3. Realizzazione interventi**

Dopo aver mostrato la struttura dell'edificio, è ora possibile sviluppare la commessa. Per farlo, verranno seguiti tre macro-step:

- Verifica di conformità urbanistica (VCU).
- Progetto energetico o verifica del salto delle due classi (SCE).
- Progetto appaltabile (PA).

Vengono seguiti questi step in modo da essere allineati con il modo di sviluppo di una commessa presso l'azienda CVA S.p.A.

Prima di entrare nello specifico di ogni step, è bene fare alcune premesse:

- La VCU ha lo scopo di verificare che la documentazione depositata in comune relativa al fabbricato sia conforme con quanto realizzato effettivamente in opera.
- Il progetto energetico, invece, serve a verificare, in maniera preventiva, l'efficacia degli interventi previsti ovvero a valutare che questi ultimi avranno gli effetti desiderati. In questa fase, quindi, si prevede di quanto il fabbricato migliorerà dal punto di vista dell'efficienza energetica.
- Il progetto appaltabile serve a definire tutti gli elaborati definitivi alla base della realizzazione vera e propria degli interventi. Le scelte fatte in questa fase, quindi, sono quelle definitive che verranno effettuate.

### **3.1 Verifica di conformità urbanistica**

La verifica di conformità urbanistica (VCU) è disciplinata dall'articolo 49 del DPR 380/2001. Questo è il primo step che bisogna seguire in modo da sviluppare senza problemi la commessa. Lo scopo di questo passo iniziale consiste nel verificare che l'edificio reale corrisponda ai suoi documenti descrittivi in possesso del catasto e del comune. In questo modo si evita che possibili abusi edilizi accedano all'incentivo.

Pertanto, bisogna effettuare un confronto a tre fra:



**Politecnico  
di Torino**

- Pratiche comunali e dati storici.
- Elaborati planimetrici catastali.
- Rilievo dello stato di fatto.

In particolare, per le pratiche comunali è necessario effettuare l'accesso agli atti dell'ufficio tecnico comunale. Inoltre, in questa parte vanno richiesti la SCIA ed il CILA (o CILAS nel caso del Superbonus 110%).

La SCIA (Segnalazione Certificata di Inizio Attività) è un permesso edilizio nato attraverso la Legge n. 122 del 30 luglio 2010. Come si può dedurre dal nome, la SCIA serve a segnalare l'inizio di un'attività su di un fabbricato. Pertanto, essa è necessaria laddove, come nel nostro caso, si voglia eseguire una ristrutturazione.

La SCIA deve essere richiesta obbligatoriamente per i seguenti interventi sugli edifici:

- Ristrutturazione edilizia leggera.
- Restauro e risanamento conservativo.
- Manutenzione straordinaria.
- Cambio destinazione d'uso dell'immobile.

È importante sottolineare che la SCIA va richiesta solo per interventi che non modificano la volumetria complessiva dell'edificio, le sagome e i prospetti. Questo permesso va richiesto al Comune presso il quale verranno effettuati i lavori di ristrutturazione.

Il Comune dovrà quindi analizzare tutti gli atti abilitativi inerenti alla struttura e verificare la presenza di eventuali irregolarità e/o abusi. Nel caso in cui la situazione sia regolare, il Comune potrà autorizzare l'avvio dei lavori.

La CILA (Comunicazione di Inizio Lavori Asseverata), invece, è una pratica che è stata introdotta con la Legge 73/2010. Essa può essere presentata dal proprietario dell'immobile o da chiunque sia titolare di un "diritto reale", presso il Comune in cui si trova l'edificio. Oltre a queste figure, la CILA può essere presentata anche da un professionista abilitato se è stato delegato da uno dei titolari. In ogni caso, è più



**Politecnico  
di Torino**

conveniente fare presentare la CILA dal tecnico perché, comunque, egli dovrà essere coinvolto per la compilazione di alcune dichiarazioni e asseverazioni. Infatti, tale figura professionale ha il compito di dichiarare che le opere realizzate tramite CILA rispettano la normativa in materia e di realizzare gli elaborati grafici (planimetrie, sezioni, prospetti, ecc.).

Dalla CILA, nasce la CILAS (Comunicazione di Inizio Lavori Asseverata Superbonus), una pratica ideata appositamente per il Superbonus 110%. La CILAS nasce con la conversione in legge del DL 77/2021. Questo documento ha lo scopo di semplificare le pratiche burocratiche legate agli interventi sfruttanti il Superbonus 110% e rispetto alla CILA tradizionale ha queste differenze:

- Bisogna indicare se gli interventi sono agevolati dal Superbonus 110%.
- È necessario indicare se gli interventi sono finalizzati alla riqualificazione energetica o se servono al miglioramento sismico.
- Non occorre attestare lo stato legittimo dell'immobile.
- È richiesta una descrizione sintetica degli interventi.
- L'integrazione di elaborati grafici è facoltativa.
- Non può essere utilizzata per interventi di demolizione e ricostruzione.

Per quanto riguarda invece gli elaborati planimetrici catastali, questi sono reperibili attraverso il portale "Sister" dell'Agenzia delle Entrate.

Infine, è necessario effettuare il rilievo dello stato di fatto. Questo step viene fatto direttamente sul luogo dell'intervento da parte di un tecnico incaricato e ha lo scopo di verificare che la situazione descritta dai documenti citati precedentemente sia conforme allo stato reale dell'immobile. A seguito di questo passo, il tecnico incaricato produce una relazione tecnica asseverabile.

Se al termine del processo l'esito della VCU (Verifica di Conformità Urbanistica) risulta essere positivo, allora la commessa potrà affrontare lo step successivo a quello appena descritto. Altrimenti, verrà segnalata la presenza di un abuso edilizio a seguito del quale



**Politecnico  
di Torino**

al proprietario dell'immobile sarà richiesto il pagamento di una sanatoria. Questa è necessaria ad aggiornare i documenti catastali e comunali adeguandoli allo stato di fatto che è presente nella realtà. A seguito del pagamento della sanatoria, il confronto riceverà finalmente esito positivo e quindi la pratica potrà proseguire con lo step successivo, ovvero la progettazione energetica.

### **3.2 Progetto energetico**

Lo scopo di questo step è la progettazione, dal punto di vista energetico, degli interventi e la verifica che, a seguito di questi provvedimenti, si ottenga un salto di almeno due classi energetiche o il raggiungimento della classe più alta (A4). Per tanto, nella prima parte del paragrafo verrà descritta la situazione precedente all'intervento (situazione ante) e verrà calcolata l'APE relativa a questa situazione di partenza. In seguito, verranno descritti gli interventi di efficientamento energetico e verrà calcolata l'APE relativa alla situazione post-intervento. Per i calcoli verrà usato il software TERMOLOG 13.

Un'altra verifica da fare in questo momento consiste nel controllo del rispetto dei vincoli posti dal DM Requisiti Tecnici. In particolare, le trasmittanze ( $U$ ) dei componenti opachi e trasparenti dovranno essere inferiori a dei valori limite. Discorso analogo per il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione ( $H'_t$ ) che tiene conto anche dei ponti termici.

Prima di incominciare la progettazione vera e propria è opportuno fare un approfondimento sull'APE perché quella che verrà eseguita non è l'APE "tradizionale" che già è richiesta dal D.lgs. 192/05 per compravendite e locazioni. Infatti, per il Superbonus è richiesta l'esecuzione di una "APE convenzionale" che ha queste principali differenze:

- L'APE convenzionale serve a dimostrare il miglioramento di due classi energetiche a seguito degli interventi, condizione necessaria per l'accesso all'incentivo del Superbonus. Quella tradizionale, invece, ha la finalità di informare i proprietari e/o utilizzatori delle unità immobiliari nel caso di compravendita e locazione.



- Nel caso di edifici con più unità, l'APE convenzionale è redatta per l'intero edificio mentre l'APE tradizionale è sempre redatto per singola unità immobiliare;
- Nell'APE convenzionale post-intervento, il valore dell' $E_{p,gl,nren}$  si ottiene dalla somma degli  $E_{p,nren}$  relativi ai soli servizi già presenti nella situazione "ante".
- Per la redazione delle APE convenzionali per il Superbonus non è necessaria "l'indipendenza" da parte del professionista.
- Non è necessario depositare gli APE convenzionali nei catasti regionali. Pertanto, le APE convenzionali vengono utilizzate come allegati all'asseverazione che il professionista deve inviare all'Enea per la richiesta di ottenimento del Superbonus.

### 3.2.1 Situazione ante

Lo scopo di questa sezione è l'ottenimento dell'APE ante intervento ovvero il documento che descrive la situazione in cui si trova l'immobile precedentemente all'intervento. Per ottenerla, verrà utilizzato il software TERMOLOG 13.

Per impostare il calcolo è stato innanzitutto necessario disegnare un modello 3D dell'edificio dopo averne definito le caratteristiche geografiche e le stratigrafie principali. Si ricorda che il fabbricato si sviluppa su cinque piani che all'interno delle simulazioni vengono così ripartiti:

- Piano interrato. Questo livello non presenta zone climatizzate in quanto qui ci sono le cantine e la centrale termica.
- Piano terra. Questo piano presenta una unità abitativa e quindi una zona termica riscaldata. Questa unità risulta essere più piccola delle altre due presenti negli altri piani in quanto accanto ad essa sono presenti due altre zone non climatizzate separate: un'autorimessa ed un vano scala. In particolare, il vano scala si sviluppa su tutta l'altezza dell'edificio e permette l'accesso dall'esterno ai vari piani tramite un unico portoncino di ingresso che si trova al piano primo.
- Piano primo. Qui, oltre alla continuazione del vano scala già citato, è presente soltanto una zona riscaldata.



**Politecnico  
di Torino**

- Piano secondo. La situazione in questo livello è esattamente la stessa del piano sottostante.
- Piano terzo. L'ultimo piano prevede una grande zona non riscaldata su cui poggia il tetto (non isolato) e che funge da soffitta.

Le stratigrafie usate sono quelle reali dell'edificio. In particolare, 3 sono le stratigrafie che distinguono 3 tipi di pareti verticali presenti nell'edificio:

- Parete verticale verso l'esterno.
- Parte verticale verso zone non riscaldate interne all'edificio.
- Divisori interni al locale.

Va sottolineato che tutte le pareti, nella situazione ante, non presentano uno strato di isolante. Questo, quando nel seguito analizzeremo i risultati, contribuirà al non rispetto dei requisiti minimi previsti dalla normativa italiana. Inoltre, non avere l'isolamento porta ad avere elementi di involucro opachi con alte trasmittanze termiche ( $U$ ), cosa che, nella stagione invernale, inficia molto sui consumi finali di energia per il riscaldamento e, durante l'anno, peggiora il comfort provato all'interno dell'edificio. La diminuzione del comfort si esplica con l'aver temperature degli ambienti e dei muri interni tendenzialmente più basse durante l'inverno; di conseguenza, aumentano gli scambi termici radiativi con gli occupanti che quindi sentiranno più freddo in questa stagione. La situazione è analoga ma con una maggiore sensazione di caldo percepita nei mesi estivi.

Un'altra struttura che è stato necessario creare al fine di un calcolo corretto sono i serramenti. In particolare, l'edificio presenta su tutti i piani delle finestre e delle portefinestre che non rispettano i valori limite imposti dalla normativa. Inoltre, sono presenti anche dei portoncini, che separano le zone riscaldate da quelle non climatizzate, anch'essi con trasmittanza al di là dei requisiti minimi. Anche questi elementi, perciò, come gli elementi opachi di involucro, portano ad una crescita delle dispersioni e a maggiori consumi di energia per la climatizzazione.



**Politecnico  
di Torino**

Per quanto riguarda la climatizzazione dell'edificio, nella situazione ante è previsto solamente il riscaldamento. Infine, a differenza del piano primo e di quella terra, nel piano secondo è anche presente una stufa a pellet.

La generazione di calore e di acqua calda sanitaria (ACS) è autonoma per ognuno dei tre appartamenti ed è ripartita in questo modo:

- Piano terra. Il riscaldamento avviene grazie ad una caldaia tradizionale da 28 kW. Per l'ACS invece si sfrutta un bollitore elettrico da 3 kW.
- Piano primo. Il riscaldamento e la produzione di ACS avvengono contemporaneamente grazie ad una caldaia a condensazione da 30 kW.
- Piano secondo. Il riscaldamento avviene grazie ad una caldaia tradizionale da 28 kW. Per l'ACS invece si sfrutta un bollitore elettrico da 2 kW. Ricordo, inoltre, che in questo piano è presente anche una stufa a pellet da 24 kW che contribuisce esclusivamente al riscaldamento.

Essendo presenti due caldaie tradizionali, nel piano terra e nel piano secondo ci possiamo già aspettare che, a parità di energia richiesta per riscaldare l'ambiente, l'energia necessaria in ingresso ai sistemi di generazione sia molto più alta rispetto al caso in cui avessimo tecnologie più efficienti come caldaie a condensazione o pompe di calore. In ogni caso e in generale, possiamo dire che i sistemi di generazione presenti non sono tra i più avanzati attualmente disponibili.

Per terminare la descrizione della situazione antecedente all'intervento, si segnala che non sono presenti né pannelli fotovoltaici né solari termici. Inoltre, non è presente un sistema di ventilazione meccanica. Infine, si ricorda che l'edificio si trova in zona climatica E.

Fatte tutte queste precisazioni è possibile riportare i risultati ottenuti con il software di calcolo. In particolare, per prima cosa, riportiamo il risultato principale dell'APE, ovvero il valore dell'indice di prestazione energetica e la relativa classe energetica.



Politecnico  
di Torino

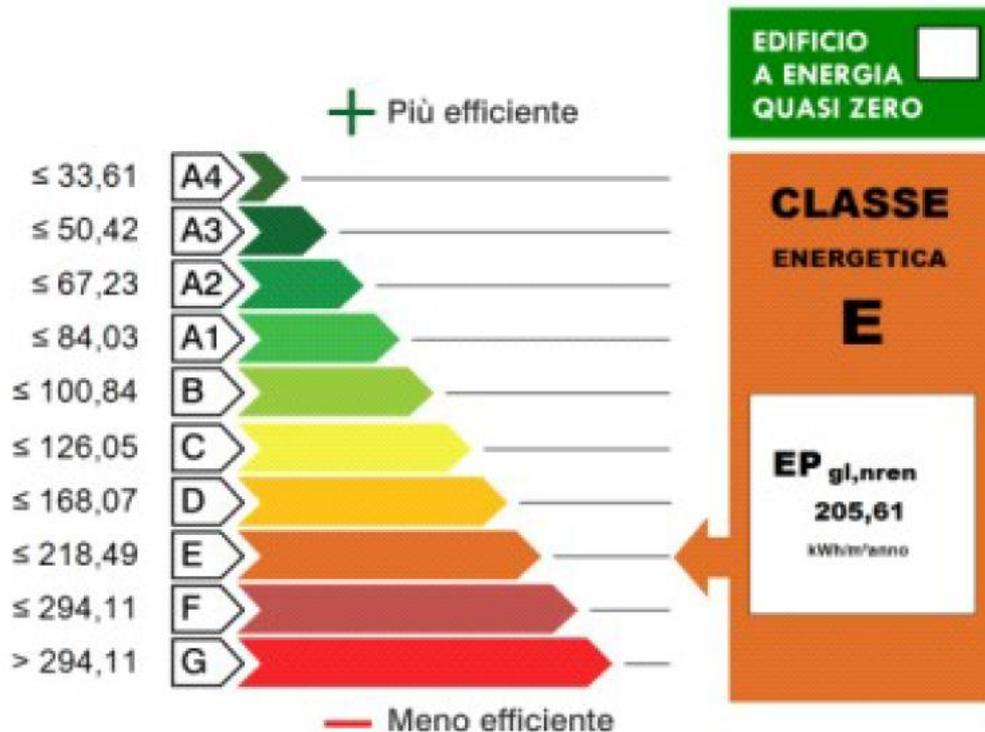


Figura 14 - Risultati APE ante

Dai risultati si evince che la situazione di partenza non è delle migliori. Infatti, la classe ottenuta (E) è piuttosto bassa e, analizzando il valore dell'indice di prestazione energetica, si nota che ci troviamo molto vicini al limite superiore della classe, quindi in prossimità della classe F. Inoltre, questa situazione porta ad un confort non ottimale sia in inverno che in estate. Infine, trovandoci in classe E, l'indice di prestazione energetica è piuttosto alto ( $205,61 \frac{kWh}{m^2 \cdot anno}$ ).

Riepilogando, la situazione iniziale presenta un fabbricato dove, a fronte di consumi elevati, non si garantisce una situazione ottimale di confort. Nel seguito di questo paragrafo, verrà messo in luce da dove nascono questi risultati e, nella successiva

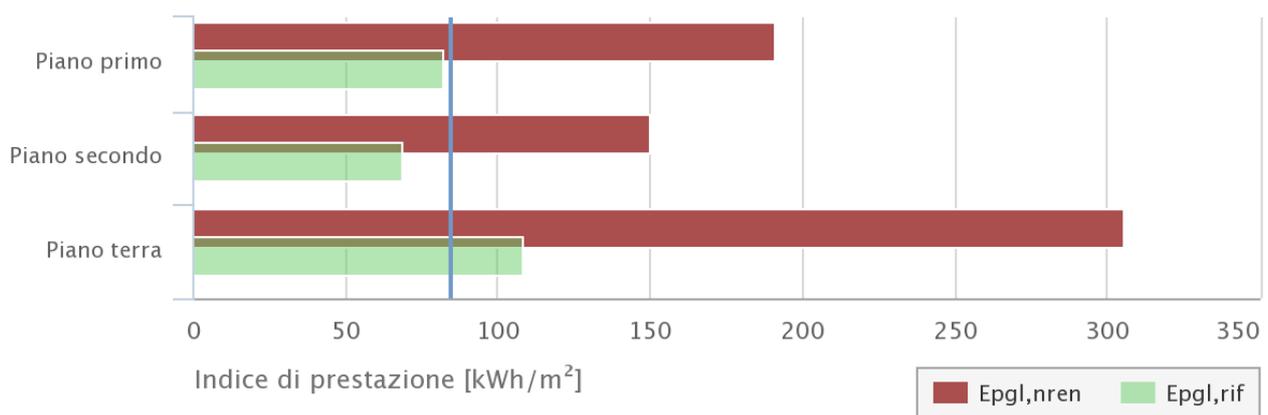


descrizione della situazione post, verranno valutate possibili soluzioni per questi problemi ed altri miglioramenti in modo da efficientare il fabbricato in esame.

Prima di continuare però, per precisione, ricordiamo che la classe peggiore è la G a cui, di conseguenza, corrisponde un indice di valore maggiore. Inoltre, ricordo che l'indice di prestazione energetica rappresenta i consumi annui di energia primaria per unità di superficie necessari per mantenere le condizioni di comfort e nasce dalla somma di tre indici che hanno lo stesso significato ma si riferiscono esclusivamente a riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria.

A questo punto, è possibile analizzare altri risultati calcolati dal software in modo da capire da dove derivino i risultati dell'APE ante intervento. Per farlo, per prima cosa si riportano i valori degli indici di prestazione delle singole zone riscaldate messe a confronto con gli indici dell'edificio di riferimento.

### Indice di prestazione e riferimento nell'APE convenzionale



*Figura 15 - Indice di riferimento dei singoli appartamenti e riferimenti ante*

Analizzando la figura, si nota immediatamente che nessuno degli appartamenti, seppur preso singolarmente, ha un indice di prestazione (barre granate) migliore di quello di



**Politecnico  
di Torino**

riferimento (barre verdi). Inoltre, osservando l'indice di prestazione dell'intero edificio di riferimento (linea blu), questo ha un valore annuo di circa  $80-85 \frac{kWh}{m^2}$ , un valore sensibilmente minore a quello calcolato per l'edificio reale che ricordo essere pari a  $205,61 \frac{kWh}{m^2}$ . Infine, si noti come il piano peggiore sia il piano terra. Questo si spiega con la sua vicinanza a molte zone non riscaldate tra cui le autorimesse presenti sullo stesso piano e le cantine del piano interrato sottostante.

Per quanto riguarda i limiti imposti dalla normativa, viste le stratigrafie e le tecnologie impiantistiche presenti nella situazione ante, anche la verifica del coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione ( $H'_t$ ) risulta essere negativa. Questo nasce principalmente dall'avere componenti di involucro con trasmittanze ( $U$ ) molto alte e/o ponti termici con elevata trasmittanza lineica ( $\Psi$  misurata in  $\frac{W}{m \cdot K}$ ). Questa situazione si comprende meglio osservando la formula con cui è calcolato il coefficiente:

$$H'_t = U_i * A_i + \Psi_k * l_k$$

Dove  $A$  è l'area di parete a cui è associata una certa trasmittanza  $U$  e  $l$  è la lunghezza del ponte termico con una certa trasmittanza lineica  $\Psi$ . Di seguito, riporto i risultati per questa grandezza in cui si nota istantaneamente come i valori dell'edificio superino quelli previsti dalla normativa come riferimento.



Coefficiente di scambio termico per tipo di struttura [W/K] - Intero edificio

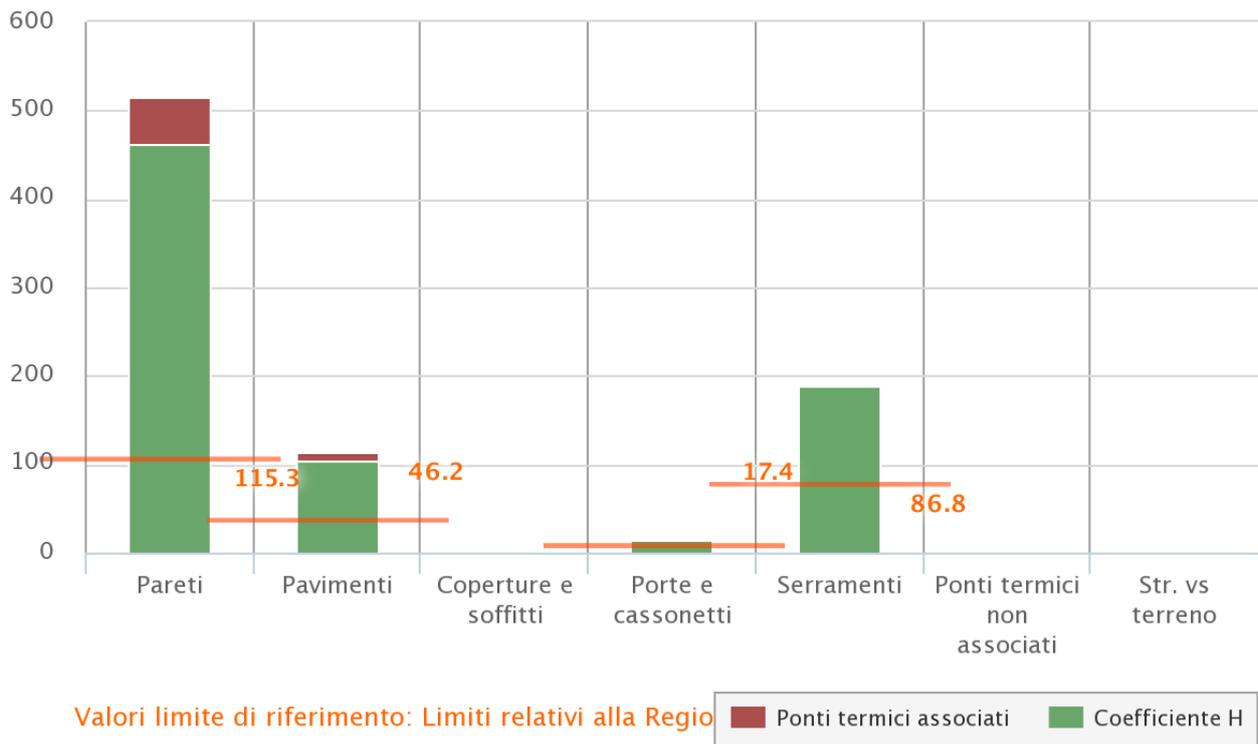


Figura 16 - Coefficiente globale di scambio termico ante

Ultimo risultato utile da riportare è il bilancio termico dell'involucro dell'intero edificio in esame.

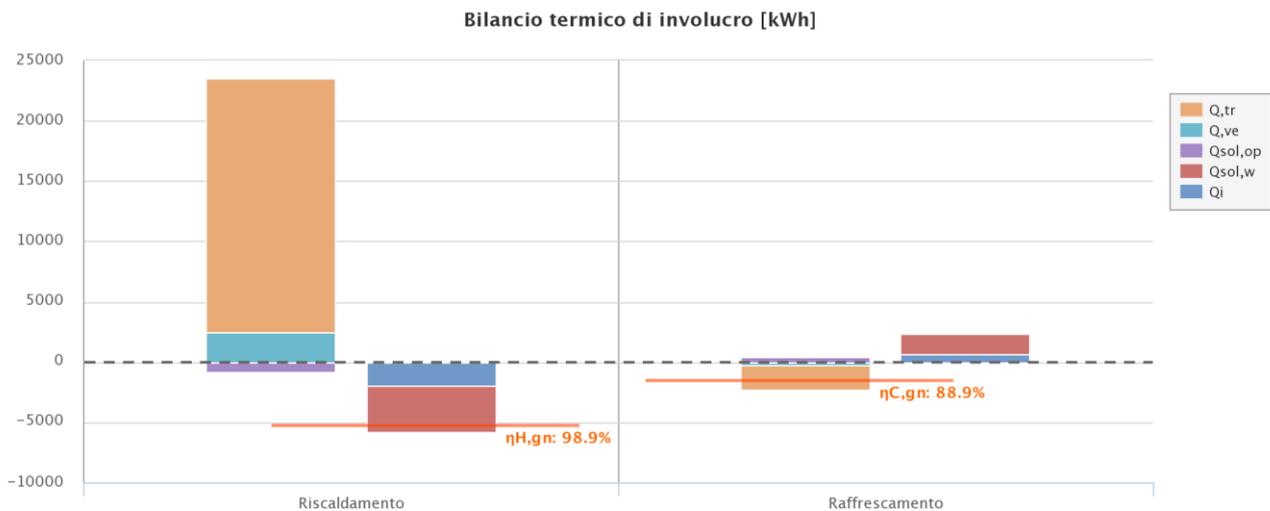


Figura 17 - Bilancio termico dell'involucro ante

Questa immagine permette di accertare immediatamente quali siano le principali fonti di dispersione termica nel periodo invernale ed in quello estivo. Focalizzandoci maggiormente sul periodo invernale, si nota che le dispersioni sono dovute, in gran parte, alle perdite per trasmissione attraverso gli elementi opachi e trasparenti (barra arancione). Senza dubbio, le dispersioni sono così elevate a causa del mancato isolamento delle pareti e dalla presenza di infissi con elevate trasmittanze termiche.

Nel bilancio è presente anche una quota di perdita per ventilazione ma il suo valore è nettamente minore e può considerarsi bilanciato abbondantemente dalla somma degli apporti gratuiti derivanti dalla radiazione solare e dagli apporti interni all'involucro (persone ed elettrodomestici/luci).

In definitiva, possiamo riassumere i risultati analizzati precedentemente dicendo che la situazione ante risulta essere particolarmente sfavorevole. Pertanto, è necessaria la ricerca di soluzioni per risolvere le criticità dell'edificio. Riepilogando, le problematiche principali sono:



**Politecnico  
di Torino**

- Consumi specifici annui (espressi in  $\frac{kWh}{m^2}$ ) elevati per ognuna delle tre zone riscaldate (piano terra, piano primo e piano secondo).
- Prestazioni inferiori a quelle di riferimento e limiti di legge attuali non rispettati.
- Elevate perdite per trasmissione attraverso gli elementi di involucro opachi e trasparenti a causa di elevate trasmittanze termiche (U) sia degli elementi opachi che di quelli trasparenti.
- Sistemi di generazione tecnologicamente "arretrati".
- Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione ( $H'_t$ ) troppo elevato.

A queste si possono aggiungere anche la mancanza di sistemi basati su fonti rinnovabili ed una bassa elettrificazione del sistema di climatizzazione. Queste due ultime criticità vengono sottolineate soprattutto considerando l'attuale processo di transizione energetica globale che si basa sui concetti di elettrificazione e sfruttamento delle FER (Fonti Energetiche Rinnovabili).

### **3.2.2 Situazione post**

Dopo aver esaminato accuratamente la situazione ante intervento è possibile approcciarsi alla descrizione degli interventi veri e propri simulati con il software. Questi interventi, dal punto di vista energetico, avranno un duplice scopo.

Il primo obiettivo è quello di risolvere le criticità già esistenti nell'edificio nei confronti dei limiti imposti dalla normativa. Per raggiungerlo sono stati simulati degli interventi sui componenti di involucro opachi e trasparenti in modo da diminuire i valori di trasmittanza termica (U) delle parti soggette ad intervento, ridurre le entità dei ponti termici e, quindi, ridurre il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione ( $H'_t$ ). Ovviamente, gli interventi proposti rientrano nel Superbonus 110%, perciò facciamo riferimento alle normative descritte nel primo capitolo di questo elaborato. Si sottolinea il fatto che nella realtà parte di questi interventi o interventi



**Politecnico  
di Torino**

correlati a quelli descritti potrebbero dover accedere ad altre detrazioni come quelle del bonus casa di aliquota pari al 50% e del bonus facciate di aliquota pari al 60%.

Per questo motivo, sul caso studio sono stati previsti i seguenti lavori:

- Coibentazione degli elementi opachi verticali e orizzontali che delimitano l'involucro opaco delle tre zone riscaldate. Questo intervento avverrà su una superficie maggiore del 25% del totale, pertanto potrà accedere alla detrazione. Inoltre, questo è un intervento trainante che, quindi, ci consente di portare in detrazione, sempre al 110%, anche i successivi interventi trainati che verranno descritti.
- Installazione di nuove finestre, portefinestre e porte che rispettano i vincoli di legge, soprattutto dal punto di vista energetico (ma non solo). Ricordo che quanto appena descritto rappresenta un intervento trainato.

Il secondo scopo, invece, riguarda l'installazione di nuove tecnologie per rendere più efficiente l'edificio in esame. Le scelte fatte, dal punto di vista impiantistico, nascono anche a supporto delle analisi che faremo in seguito sulla creazione di un gruppo di autoconsumatori collettivi (GAC). Gli interventi simulati sono:

- Installazione di tre pompe di calore separate per la produzione rispettiva di: acqua calda per il riscaldamento, ACS e acqua fredda per il raffrescamento. Questo intervento è un altro intervento trainante.  
Come si nota, le nuove soluzioni impiantistiche comprendono anche il raffrescamento; pertanto, i terminali in ambiente dovranno essere adatti al supporto di tale introduzione. Inoltre, con questo intervento si passa da avere sistemi di generazione autonomi per ogni zona termica, ad averne uno unico centralizzato che serve tutte e tre le zone climatizzate.
- Installazione di pannelli fotovoltaici sfruttando le due grandi falde che sono orientate all'incirca verso E-NE e W-SW. Contestualmente a questo intervento, verranno installate anche delle batterie di accumulo e delle colonnine di ricarica



**Politecnico  
di Torino**

per i veicoli elettrici. Essendo trainati, tutti questi interventi potranno essere detratti al 110% nel rispetto dei vincoli descritti nel capitolo 1 di questo elaborato.

In definitiva, tutti i lavori, descritti più approfonditamente di seguito, possono accedere alla detrazione garantita dal Superbonus 110%. Però, è bene ricordare che la detrazione coprirà soltanto un certo massimale di spesa, perciò tutte le eccedenze oltre questo limite dovranno essere coperte dai committenti.

### **Isolamento dell'involucro**

L'intervento in esame consiste nella posa di materiale isolante sulle pareti opache che delimitano le zone riscaldate creando il così detto "cappotto". In particolare, l'isolamento agisce su:

- Pareti verticali. Le pareti soggette al lavoro sono quelle che separano i tre appartamenti dall'esterno o dalle zone non riscaldate come i vani scala e le autorimesse. Per isolare questi muri e portarli al di sotto dei valori di trasmittanza richiesti dalla normativa, sono stati necessari 14 cm di EPS additivato con grafite.
- Pareti orizzontali. Le pareti interessate sono quelle dei soffitti/pavimenti che separano i piani. L'intervento permette di ridurre le dispersioni verso zone non riscaldate come per esempio dal piano terra alle cantine interrato o dal piano secondo alla soffitta del piano terzo. Per isolare questi elementi e portarli ai valori di trasmittanza richiesti dalla normativa, sono stati necessari 8 cm di poliuretano espanso. Ricordo che questo intervento rientra nel Superbonus 110% soltanto per la quota di superficie che separa le zone riscaldate da quelle non riscaldate; questa informazione sarà importante nel seguito quando faremo delle analisi di tipo economico. Il rimanente dovrà invece necessariamente rientrare in altri bonus con diverse aliquote di detrazione.

Di seguito vengono riportati i limiti richiesti dal DM requisiti minimi del 26 giugno 2015. Questi valori sono ricavati dall'appendice B del decreto. Ricordo che lo stabile in esame si trova in zona climatica E.



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 18 - 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	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

*Figura 19 - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, 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	0,48	0,42
C	0,42	0,38
D	0,36	0,32
E	0,31	0,29
F	0,30	0,28

*Figura 20 - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali di pavimento, 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	3,20	3,00
C	2,40	2,00
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00

*Figura 21 - Trasmittanza termica U massima delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati soggette a riqualificazione*

Come accennato, l'isolamento dell'involucro è un intervento essenziale tanto da essere considerato come trainante dalla norma. Ciò si capisce molto bene andando a sottolineare i principali benefici che si hanno da questo intervento:

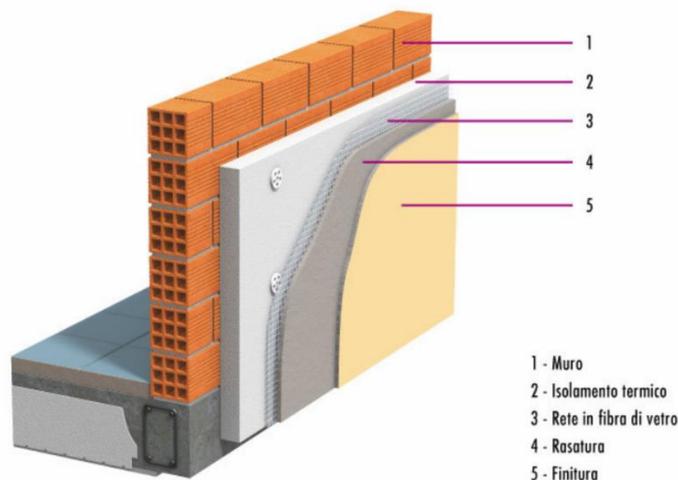
- Raggiungimento dei limiti riguardo a trasmittanza (U) delle pareti e riduzione della trasmittanza lineica ( $\Psi$ ) dei ponti termici.
- Riduzione delle dispersioni per trasmissione attraverso l'involucro a parità di energia consumata per la climatizzazione invernale o estiva. Questo permette di



avere degli ambienti più caldi di inverno e più freschi d'estate. Così facendo aumenta notevolmente il comfort provato all'interno delle zone climatizzate.

- Temperatura del lato interno delle pareti più simile a quella dell'ambiente interno. Anche questo fattore agisce sulla sensazione di comfort perché avendo pareti più calde di inverno e più fresche d'estate si riducono gli scambi di tipo radiativo tra occupanti e pareti con un conseguente miglioramento della sensazione di comfort.
- Consumi annui di energia primaria ridotti notevolmente. Infatti, avendo molte meno dispersioni per trasmissione attraverso l'involucro, è necessaria molta meno energia per mantenere i vari ambienti ad una temperatura costante e confortevole. Pertanto, riducendo la richiesta di energia diminuiscono anche i consumi di energia primaria. Questo dato, come vedremo nel seguito, sarà anche certificato dall'APE post.

Di seguito si riporta un esempio di stratigrafia con isolamento a cappotto che rispetta tutti i requisiti previsti dalla normativa e simile a quello previsto per questo intervento.



*Figura 22 - Esempio di stratigrafia di cappotto termico*



**Politecnico  
di Torino**

## **Installazione di nuovi infissi**

L'installazione di nuovi infissi è un intervento che segue a ruota quello precedente. Infatti, finestre, portefinestre e porte di ingresso fanno parte dell'involucro e quindi sono elementi fonte di dispersioni per trasmissione.

Questi componenti, a differenza di quelli opachi di muratura, presentano tendenzialmente trasmittanze molto più elevate poiché sono elementi più sottili e pertanto più difficilmente isolabili. Inoltre, i componenti trasparenti come finestre e portefinestre presentano delle caratteristiche aggiuntive per quanto riguarda il bilancio energetico all'interno degli ambienti. Infatti, questi elementi permettono ai raggi solari di entrare nelle varie stanze illuminandole; questo, dal punto di vista energetico, da un lato è un vantaggio perché permette di ridurre i consumi provenienti dall'illuminamento artificiale delle stanze ma dall'altro porta ad una quota aggiuntiva di riscaldamento degli ambienti interni. Infatti, la radiazione solare entrante viene in parte assorbita e in parte riflessa da tutti gli elementi di involucro. Essi poi riemettono parte della quota assorbita sotto forma di calore. Questo evento, che in inverno risulta favorevole, in estate è più problematico in quanto aumenta l'energia che il sistema di raffrescamento deve smaltire andandone quindi ad aumentare i consumi.

Un altro aspetto da considerare è che, laddove siano presenti infissi ormai dai molto tempo, questo intervento permette di sostituire quelli vecchi rovinati dal tempo e possibilmente causa di maggiori infiltrazioni di aria esterna. Queste infiltrazioni sono problematiche in quanto vanno ad aumentare gli scambi termici per ventilazione e quindi aumentano il calore che i sistemi di climatizzazione devono introdurre in inverno ed estrarre in estate.

Nel particolare, l'intervento ipotizzato si è basato sull'installazione di infissi con trasmittanza circa unitaria in modo da rispettare i requisiti del DM requisiti minimi del 26 giugno 2015 (vedi figura 21). In particolare, per finestre e portefinestre sono stati usati elementi a doppio vetro.



**Politecnico  
di Torino**

In definitiva, l'intervento in esame porta gli stessi vantaggi descritti prima con l'isolamento delle pareti opache. Inoltre, prevedendo di installare apposite schermature solari (tema presente nel Superbonus 110% ma che non verrà approfondito in questo elaborato) è possibile anche un maggior controllo degli apporti provenienti dalla radiazione solare.

Per concludere, ricordiamo che questo intervento è un intervento trainato; perciò, può accedere alla detrazione del 110% esclusivamente se è presente almeno un intervento trainante.

Di seguito, riportiamo un esempio di serramento a doppio vetro che rispetta tutti i requisiti previsti dalla normativa e simile a quello previsto per questo intervento.



*Figura 23 - Esempio di finestra a doppio vetro*

### **Installazione nuovo impianto termico**

Come detto precedentemente, questo intervento punta a sfruttare la detrazione definita dal Superbonus 110% per installare impianti tecnologicamente più avanzati. Si ricorda



**Politecnico  
di Torino**

che nella situazione di partenza erano presenti solamente impianti di riscaldamento autonomi rappresentati da due caldaie tradizionali, una caldaia a condensazione e una stufa a pellet.

Pertanto, l'intervento avrebbe potuto limitarsi alla sostituzione delle caldaie tradizionali con altre a condensazione andando già a diminuire i consumi e rispettando comunque i vincoli sugli interventi ammessi dal bonus. Infatti, questo secondo tipo di caldaia permette il recupero di parte dell'energia termica residua nei fumi ad alta temperatura uscenti dalla caldaia stessa. Questo recupero avviene facendo raffreddare i fumi con l'acqua fredda in ingresso alla caldaia e il raffreddamento si manifesta nella condensazione del vapore acqueo presente nei fumi stessi. Di riflesso, questo scambio termico permette un preriscaldamento dell'acqua in ingresso alla caldaia che, pertanto, richiederà un'energia (e quindi un consumo di combustibile) minore per raggiungere la stessa temperatura finale.

Tuttavia, la scelta è ricaduta sulle pompe di calore a compressione di tipo aria-acqua. Questa decisione è stata presa per una motivazione molto precisa. Infatti, pur essendo dei sistemi più costosi delle caldaie a condensazione, le pompe di calore funzionano consumando esclusivamente energia elettrica e, volendo sfruttare l'incentivo riguardante la creazione di un gruppo di autoconsumatori collettivi ed installando pannelli fotovoltaici, la scelta risulta decisamente in linea con l'obiettivo di elettrificare il più possibile i sistemi energetici.

Inoltre, visto l'utilizzo di un incentivo con una detrazione del 110%, se non vengono superati i limiti di spesa il problema dei costi risulta essere meno rilevante. È comunque importante sottolineare che è probabile che ci siano spese non coperte dall'incentivo oppure spese che sfiorano il limite di spesa. Tuttavia, se ben progettato, il sistema al committente costerà molto meno del valore reale.

Entrando nel merito delle scelte fatte per l'edificio in esame, sono state installate tre pompe di calore che si occupano rispettivamente di: riscaldamento, raffrescamento,



**Politecnico  
di Torino**

produzione di ACS. Le tre pompe sono state separate per motivi di semplicità impiantistica e per facilitare il calcolo del software che, con pompe di calore invertibili per la produzione sia acqua calda che di acqua fredda, riscontrava alcuni errori di calcolo. Inoltre, è stato deciso di separare la produzione di acqua calda tecnologica e di quella sanitaria per non dover utilizzare, in estate, una pompa sovradimensionata in quanto si sarebbe occupata solamente della produzione di ACS. Quindi in definitiva, sono state installate:

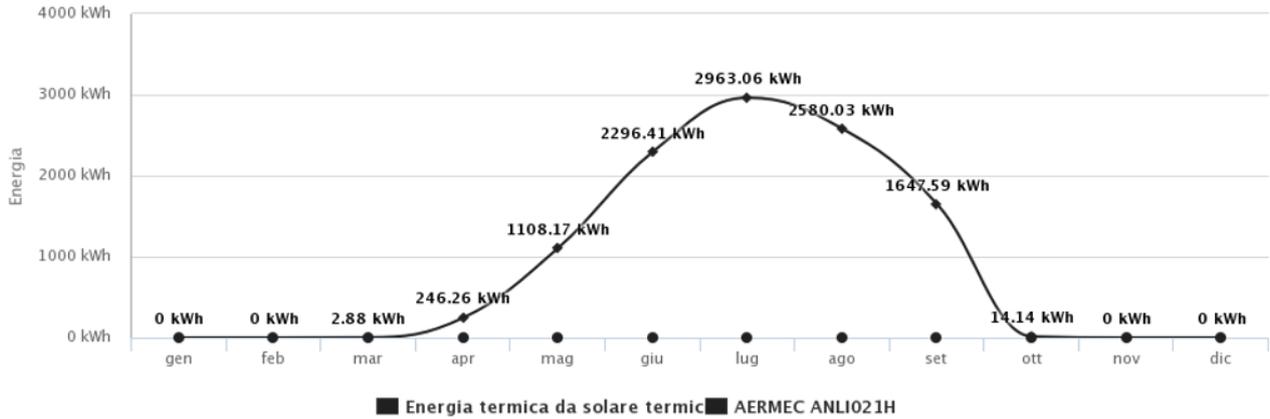
- Una pompa di calore elettrica a compressione di tipo aria-acqua da 14,5 kW per il riscaldamento invernale delle tre zone. La pompa è stata presa dal modello di default presente sul software e, vista la sua funzione, lavora esclusivamente nel periodo invernale.
- Una pompa di calore a compressione di tipo aria-acqua da 5,7 kW per il raffrescamento estivo delle tre zone. La pompa è una AERMEC ANLI021H ed è stata scelta dal catalogo presente nel software. Vista la sua funzione, essa lavora esclusivamente nel periodo estivo. Si noti come la potenza richiesta per il raffrescamento sia minore; tuttavia, ciò non ci preoccupa vista la localizzazione dell'edificio che si trova in una zona alpina.
- Una pompa di calore a compressione di tipo aria-acqua di 6 kW per la produzione di ACS per le tre zone. La pompa è stata presa dal modello di default presente sul software e, vista la sua funzione, lavora tutto l'anno.

Al fine di sfruttare al meglio le pompe di calore, nei tre ambienti saranno installati dei ventilconvettori che andranno ad integrarsi sul sistema già esistente e che serviva i radiatori presenti ante intervento. Le tre pompe verranno posizionate in un locale già utilizzato in precedenza per le caldaie, e situato nel piano interrato, accessibile anche dall'esterno.

Di seguito, si riportano le curve di carico annuale delle tre pdc, ricavate dal software, per analizzarne brevemente i consumi energetici.

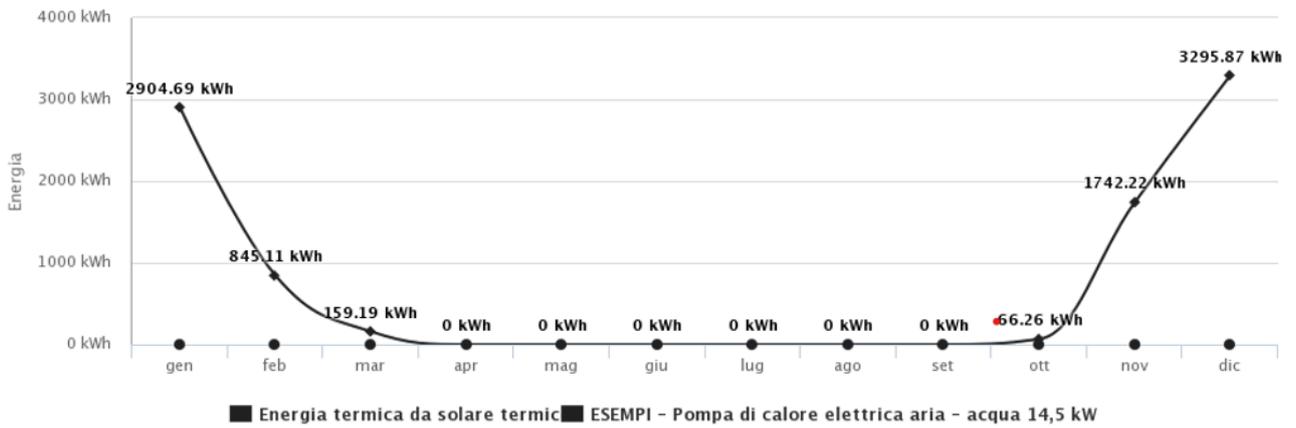


**Fabbisogno in uscita dalla centrale Sistema di generazione 3 [C]**



*Figura 24 - Fabbisogno pdc per raffrescamento*

**Fabbisogno in uscita dalla centrale Sistema di generazione 3 [H]**



*Figura 25 - Fabbisogno pdc per riscaldamento*

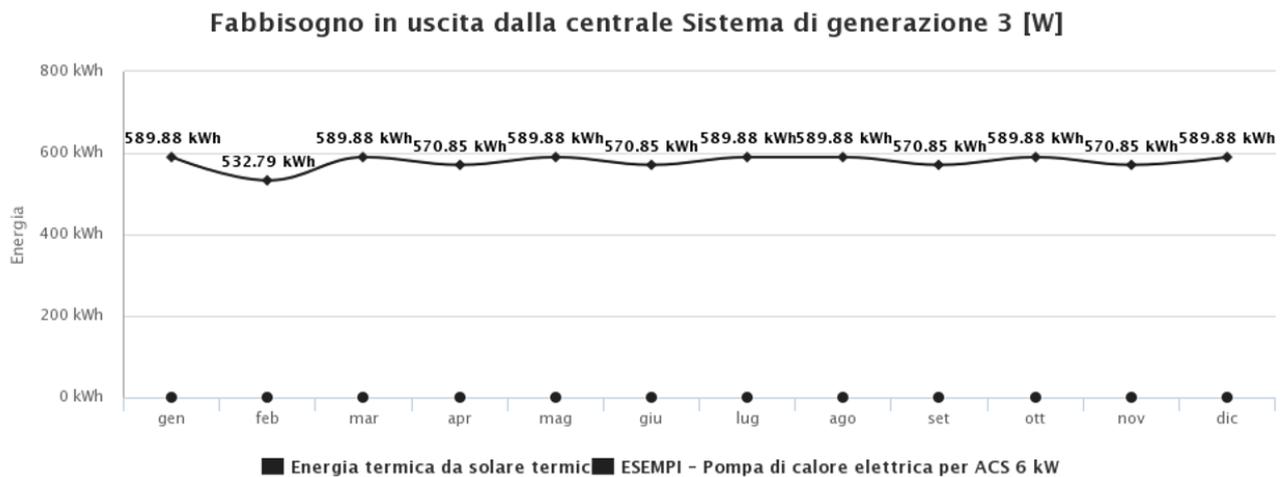


Figura 26 - Fabbisogno pdc per ACS

Come si vede dai grafici, gli impianti di climatizzazione hanno funzionato come prevedibile, ovvero riscaldando le zone termiche nel periodo da ottobre ad aprile e raffrescandole negli altri mesi. Si noti come l'impianto di riscaldamento abbia un massimo a dicembre mentre quello di raffrescamento a luglio. L'energia per ACS, come era prevedibile, rimane pressoché costante durante l'anno. I risultati riportati da queste immagini saranno essenziali nella prosecuzione di questo elaborato quando, nel capitolo 4, tratteremo la possibilità di creare un gruppo di autoconsumatori collettivi per l'edificio in esame. Infatti, per analizzarne la fattibilità partiremo dai dati di consumi in cui convergeranno, tra gli altri, anche i valori presenti nelle tre figure sovrastanti.

Concludendo, si sottolineano i vantaggi che l'installazione delle tre pompe di calore porta al caso studio:

- Installazione di nuovi impianti più efficienti.
- Riduzione dell'energia primaria richiesta per la produzione di ACS e acqua tecnologica per la climatizzazione annuale a parità di usi finali.
- Maggiore elettrificazione dei sistemi energetici.



**Politecnico  
di Torino**

- Maggiore sfruttamento dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico descritto nel seguito.
- Maggiore autoconsumo di energia in ottica di creazione di un gruppo di autoconsumatori collettivi.

### **Installazione impianto FV e relativo accumulo e colonnine ricarica**

Per concludere, l'ultimo intervento che è stato simulato sull'edificio consiste nell'installazione di un impianto fotovoltaico con le relative batterie di accumulo. Associato a questo intervento vi è anche l'installazione di colonnine per la ricarica dei veicoli elettrici.

L'impianto è stato dimensionato sfruttando le tre ampie superfici libere presenti sul tetto a falda e che si presentano orientate all'incirca in direzione E, W e S (tra la direzione effettiva e la direzione Est-Ovest ci sono circa 30° di differenza). Le falde sono inclinate di 18,2° e quella in direzione W risulta divisa in due parti a causa della presenza di un altro tetto a falda, perpendicolare ad essa e con cui si interseca, e in cui si trova la falda esposta a S coinvolta dall'intervento. Per la realizzazione dell'impianto sono stati usati dei pannelli fotovoltaici da 380 W (di cui allego la scheda tecnica) distribuiti in questa maniera:

- Sulla falda E sono state inserite tre stringhe da 12 pannelli ognuna per un totale di 13,68 kWp.
- Sulla falda W sono stati inseriti 6 pannelli che, assieme ai pannelli presenti sulla falda Sud formano una stringa da 12 pannelli per un totale di 4,56 kWp.
- Sulla falda S, come anticipato, sono presenti 6 pannelli che interconnessi con quelli esposti a W.

In totale, quindi, l'impianto presenta una potenza pari a 18,24 kWp. Questa potenza, da una prima analisi, risulta essere sovradimensionata rispetto alle necessità dell'edificio. Tuttavia, in questo modo, sarà possibile garantire un maggior autoconsumo dell'energia



elettrica che porterà a maggiori benefici, anche fiscali, nel momento in cui verrà creato il GAC.

Di seguito, si riporta la disposizione prevista per i pannelli; la foto è già orientata correttamente.

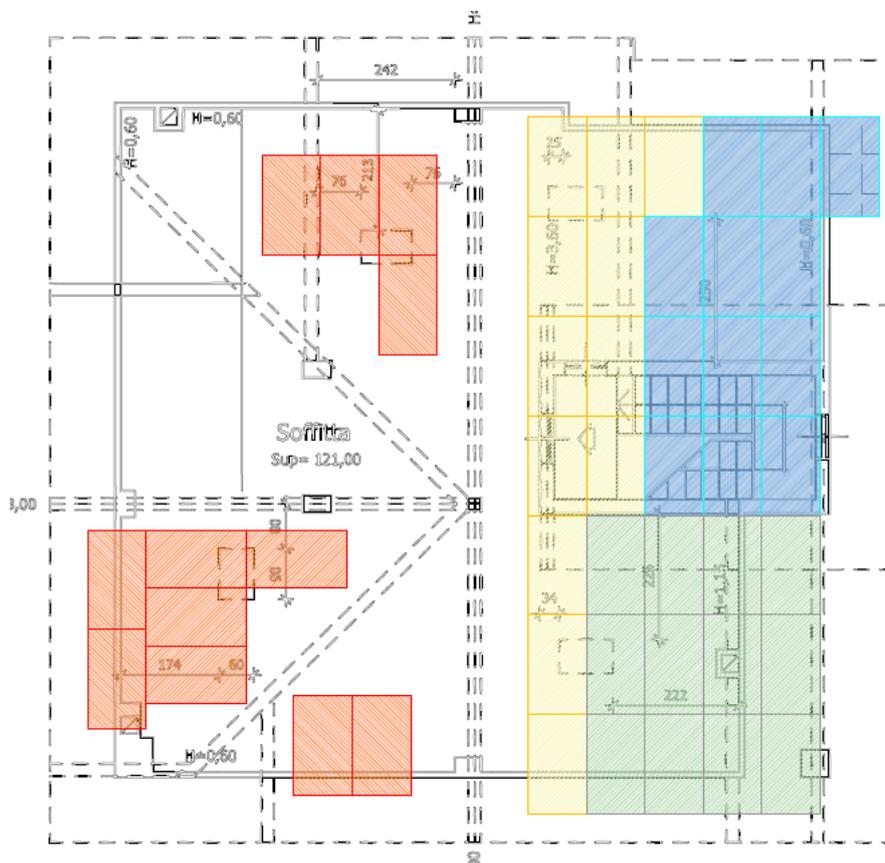


Figura 27 - Disposizione dei pannelli FV sul tetto

A completamento ed integrazione di questo intervento è stata prevista anche l'installazione di batterie di accumulo da 25 kWh e di tre colonnine per la ricarica dei veicoli elettrici. Tuttavia, questi dati non sono necessari al fine del calcolo effettuato sul software che, per esempio, non considera l'effetto dell'accumulo anche se inserito nel



**Politecnico  
di Torino**

modello. Il dimensionamento delle batterie di accumulo invece, è stato fatto grazie ad un tool interno a CVA S.p.A. che consente un dimensionamento ottimale dal punto di vista energetico di questi sistemi.

Sicuramente, anche questi interventi contribuiranno ad un miglioramento nella classe energetica dell'edificio. Di seguito vengono elencati alcuni vantaggi derivanti dall'intervento:

- Riduzione dei consumi di energia proveniente da fonti non rinnovabili.
- Riduzione dell'acquisto di energia elettrica dalla rete a livello annuale.
- Possibilità di valutare la creazione di un GAC grazie alla possibilità di produrre, stoccare ed utilizzare al momento del bisogno energia elettrica proveniente da una fonte rinnovabile.
- Aumento della quota autoconsumata e spinta all'utilizzo di veicoli elettrici (automobili o biciclette), soprattutto grazie all'installazione delle colonnine di ricarica.

## **Risultati APE post**

A questo punto, possiamo analizzare i risultati ottenuti dall'APE post calcolata di nuovo col software TERMOLOG 13. L'APE post ci permetterà da un lato di verificare che i vantaggi e le aspettative descritte precedentemente siano rispettati, e dall'altro di constatare l'avvenuto salto di almeno due classi energetiche che è una condizione sine qua non per ottenere l'accesso al bonus.

Per prima cosa, viene riportata la nuova classe energetica che l'edificio raggiunge a seguito degli interventi.



Politecnico  
di Torino



Figura 28 - Classe energetica post

Dall'immagine si riesce immediatamente a constatare il raggiungimento del nostro obiettivo primario. Infatti, grazie agli interventi descritti precedentemente, l'edificio in esame ha migliorato nettamente le sue prestazioni energetiche facendo un salto di ben 7 classi partendo da una classe piuttosto bassa come la E ed arrivando alla massima possibile ovvero la A4. Il miglioramento è ancora più evidente se si analizza l'indice di prestazione energetica dell'intero fabbricato che passa dai  $205,61 \frac{kWh}{m^2 \cdot anno}$  ante intervento agli attuali  $28,96 \frac{kWh}{m^2 \cdot anno}$ .

Quindi, nella situazione post, il nostro edificio è sensibilmente migliorato nelle prestazioni energetiche con consumi di energia primaria diminuiti circa del 86%.

Tuttavia, prima di convalidare i risultati ottenuti e riassunti dalla classe energetica e dal relativo indice di prestazione, è bene fare altri controlli in merito al rispetto dei requisiti minimi previsti dalla normativa. Di seguito, verranno riassunti alcuni dei più importanti



risultati ottenuti dal software di calcolo nella situazione post in maniera del tutto analoga a quanto fatto nei paragrafi precedenti dove venivano descritti i principali risultati della situazione ante intervento.

Per prima cosa, si riportano gli indici di prestazione dei singoli appartamenti che vengono confrontati anche con gli indici di prestazione dell'edificio di riferimento.

### Indice di prestazione e riferimento nell'APE convenzionale

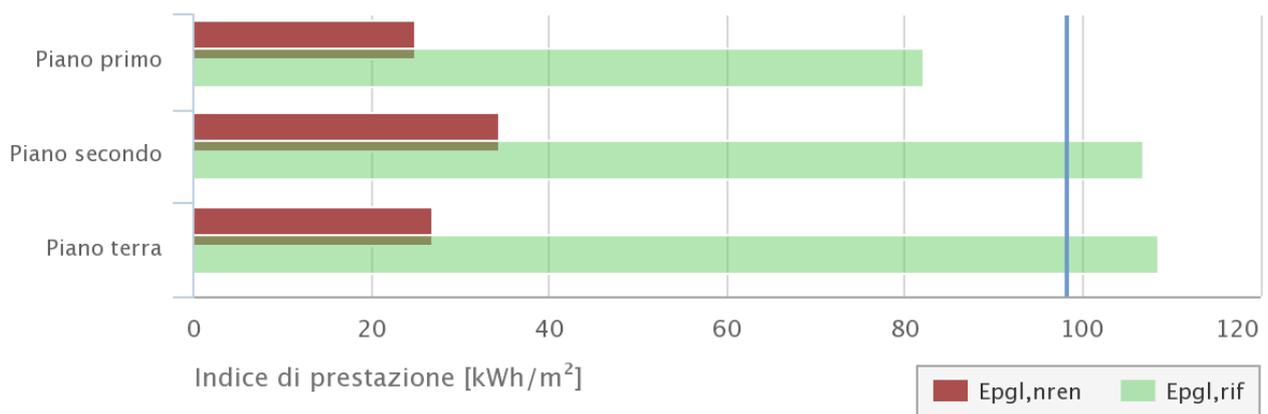


Figura 29 - Indice di riferimento dei singoli appartamenti e riferimenti post

Analizzando l'immagine, si nota immediatamente che, grazie all'intervento di riqualificazione energetica, la situazione è decisamente migliorata anche a livello delle singole zone climatizzate. Infatti, a parità di valore per i riferimenti tra le due situazioni ante e post (barre verdi), adesso i vari appartamenti hanno un indice di riferimento (barre granata) decisamente inferiore a quello limite. Inoltre, osservando il valore dell'indice di riferimento legato all'intero edificio (linea blu), questo è decisamente maggiore di quello reale dell'edificio ( $28,96 \frac{kWh}{m^2 \cdot anno}$ ). Quanto appena descritto dimostra, ancora una volta, l'efficacia degli interventi programmati.



**Politecnico  
di Torino**

Partendo dal presupposto che in tutte le zone climatizzate dell'edificio c'è stato un calo dell'indice di prestazione, un'ulteriore analisi si può fare confrontando i miglioramenti relativi ai singoli appartamenti. Infatti, paragonando i risultati con quelli presenti nella figura 15 si nota come la riduzione più evidente dell'indice sia stata nel piano terra. Questo si può spiegare in prima battuta ricordando che questa zona termica si trova a contatto con dei locali adibiti ad autorimesse e sovrasta locali adibiti a cantine non riscaldate. Pertanto, isolando sia i muri perimetrali che il solaio di questo ambiente, le dispersioni sono calate drasticamente passando da circa  $310 \frac{kWh}{m^2 \cdot anno}$  a circa  $25 \frac{kWh}{m^2 \cdot anno}$ .

Si noti anche che alla riduzione dei tre indici hanno concorso anche l'installazione delle pompe di calore e dei pannelli fotovoltaici che hanno ridotto notevolmente la quota di energia primaria proveniente da fonti non rinnovabili richiesta. Inoltre, così come per i componenti di involucro opachi, anche la sostituzione degli infissi ha contribuito a ridurre le dispersioni verso l'esterno e portando ad un calo degli indici di prestazione.

Terminata questa prima analisi, possiamo procedere con un'altra verifica normativa, ovvero quella riferita al coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione ( $H'_t$ ). Di seguito riporto i risultati ottenuti.



Coefficiente di scambio termico per tipo di struttura [W/K] - Intero edificio

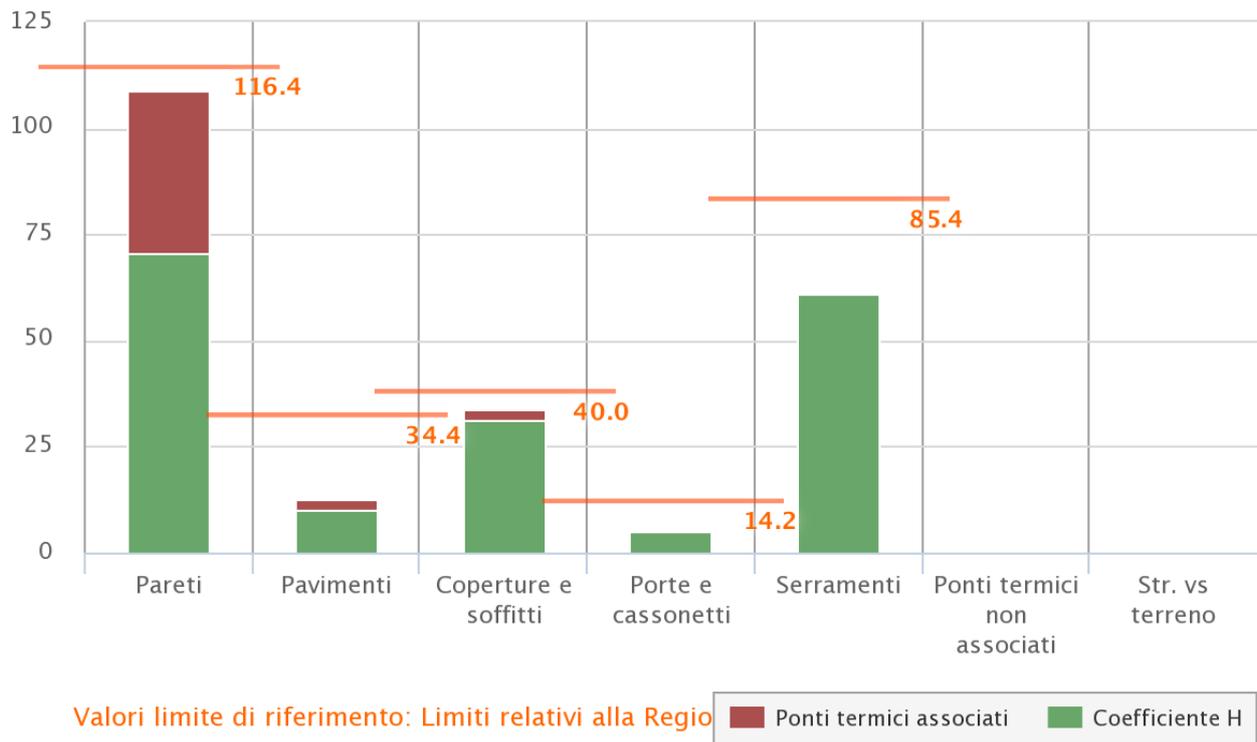
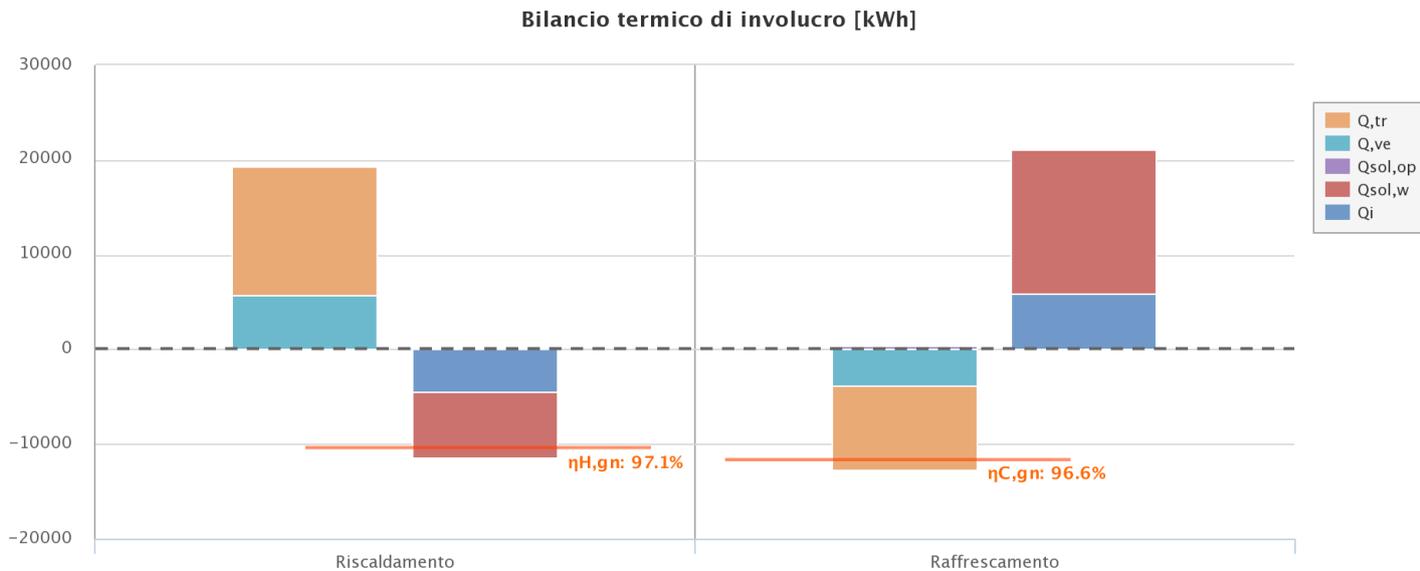


Figura 30 - Coefficiente globale di scambio termico post

Diversamente dalla situazione ante, esplicitata nella figura 16, ora la verifica è superata brillantemente. Infatti, tutti gli elementi di involucro si trovano al di sotto dei limiti di legge. Si noti anche come, per alcuni elementi, la quota dovuta ai ponti termici (in granata) sia quasi inesistente. Questo è dovuto al basso valore della trasmittanza lineica ( $\Psi$ ) dei ponti termici associati a questi componenti; valore diminuito principalmente grazie al maggior isolamento sia dei componenti opachi che trasparenti.

A questo punto, è utile riportare il nuovo bilancio termico dell'involucro per fare un confronto con la situazione ante descritta dalla figura 17.



*Figura 31 - Bilancio termico dell'involucro post*

Rispetto alla situazione presente prima degli interventi, saltano immediatamente all'occhio due aspetti:

- In inverno, i contributi positivi del bilancio termico sono calati notevolmente. In particolare, questo si spiega con l'abbattimento delle perdite per trasmissione attraverso l'involucro, che sono calate di circa un terzo.
- Sono aumentati gli scambi termici estivi. Questo si può spiegare col fatto che, a differenza di prima, adesso gli ambienti sono raffrescati e si trovano ad una temperatura più distante rispetto a quella dell'ambiente esterno.

In definitiva, possiamo riassumere i risultati post-intervento dicendo che, come previsto:

- I consumi specifici annui sono calati per ognuna delle tre zone riscaldate (piano terra, piano primo e piano secondo) e quindi per l'intero edificio.



**Politecnico  
di Torino**

- Le prestazioni dell'intero edificio hanno superato quelle di riferimento e ora i limiti di legge esistenti sono rispettati.
- Le perdite per trasmissione attraverso gli elementi di involucro opachi e trasparenti sono diminuite drasticamente portando maggiormente sotto controllo gli scambi termici.
- Ora il nostro caso studio possiede sistemi di generazione tecnologicamente "avanzati" ed un impianto fotovoltaico che rispetta la logica globale di espansione dello sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili.
- È lecito considerare che tutti i miglioramenti descritti durante la presentazione dei vari interventi effettivamente siano presenti una volta effettuati i lavori.

Concludendo, si aggiunge che, per il nostro edificio, si potrebbero realizzare ulteriori interventi che rientrano sia nel Superbonus 110% che in altri bonus con minore aliquota di detrazione. Mentre in questo elaborato non verranno presi in considerazione né citati eventuali interventi legati a quelli previsti ma rientranti in altri bonus, è bene menzionare quelli ricadenti nel Superbonus 110%. Si ricorda che questi, per semplicità e scelta di progetto, non sono stati presi in considerazione nella stesura di questo documento e nel calcolo dei risultati ma potrebbero avere ulteriori impatti migliorativi sul caso studio. Porto come esempio due interventi:

- Installazione di oscuranti e/o avvolgibili. Questo intervento permetterebbe la diminuzione ed un maggior controllo degli apporti solari. Il miglioramento si registrerebbe soprattutto in estate quando verrebbe richiesta una minor energia per mantenere la temperatura al valore desiderato.
- Installazione di pannelli solari termici. Questo intervento potrebbe ridurre la quota di energia necessaria per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria. Tuttavia, nel nostro caso studio, andrebbe un po' in contrasto con l'installazione di pompe di calore legate ai pannelli fotovoltaici.



**Politecnico  
di Torino**

### **3.3 Progetto appaltabile**

In questo paragrafo, inizialmente verrà mostrato un esempio semplificato della progettazione che viene effettuata a questo punto dello sviluppo della commessa. Questa fase compare anche in un intervento reale sotto i nomi di PA1 e PA2 (Progetto Appaltabile); oltre alle analisi di tipo economico, è necessario realizzare anche i vari elaborati progettuali che fungeranno da guida per la realizzazione dei vari interventi. In particolare, come esempio, verrà portata la realizzazione dello schema funzionale della centrale idraulica.

Nella seconda parte del paragrafo, invece, affronteremo parte dei conti economici che riguardano gli interventi di efficientamento descritti precedentemente. In particolare, ci soffermeremo sui valori totali risultanti dall'intervento senza soffermarci sul calcolo delle somme a carico dei singoli clienti finali. Pertanto, per ognuno degli interventi descritti precedentemente valuteremo:

- Il costo stimato.
- La spesa massima coperta dall'incentivo.
- Il credito di imposta generato.
- L'eccedenza a carico dei committenti da saldare.

Questi valori, nella realtà, verrebbero poi riuniti in un Quadro Economico di Spesa che ha lo scopo di informare il cliente finale, l'azienda realizzatrice dell'intervento ed il General Contractor riguardo ai valori finali di realizzazione dell'intervento, credito di imposta generato e spesa che ogni singolo cedente dovrà sostenere nonostante lo sfruttamento dell'incentivo.

#### **3.3.1 Un esempio di progettazione: l'impianto idraulico.**

Lo scopo di questa prima parte è la produzione di un esempio di elaborato grafico di progetto. Questo, in fase di attuazione, sarà alla base del processo di realizzazione degli interventi.



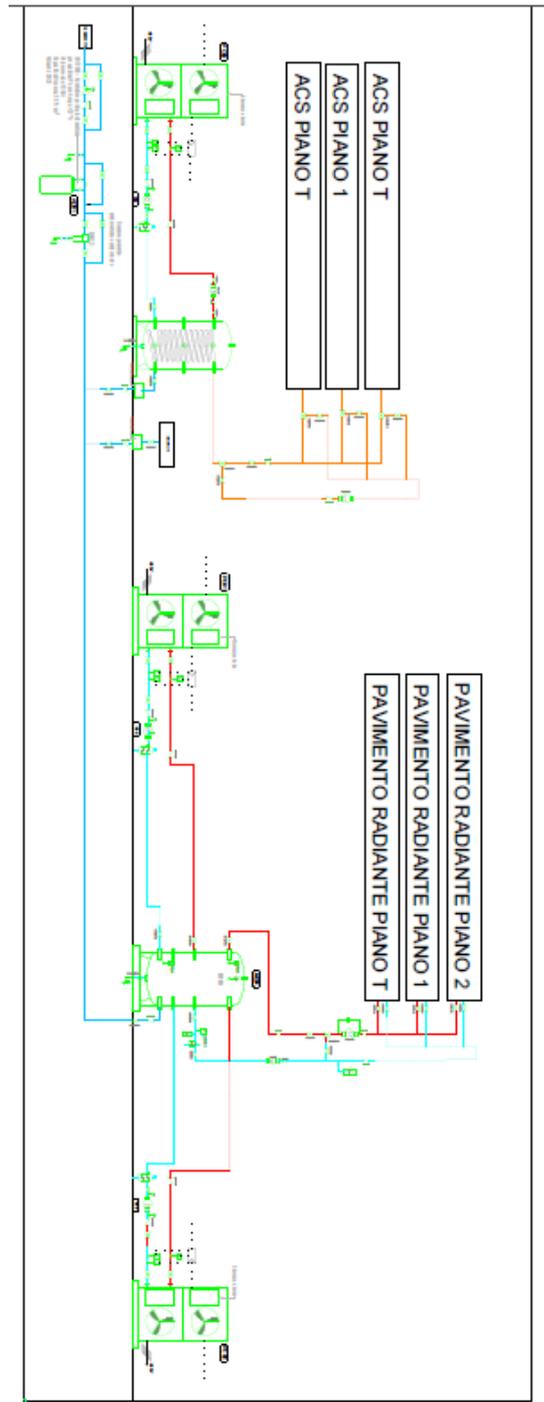
**Politecnico  
di Torino**

Si ricorda che, come esempio, è stato scelto di produrre un possibile schema funzionale della centrale di generazione dell'impianto termico. Questo impianto è formato da tre pompe di calore distinte che si occupano di produrre: acqua calda per il riscaldamento, acqua fredda per il raffrescamento e acqua calda per scopi sanitari (ACS).

Di seguito, riporto una proposta per lo schema funzionale realizzato col software AutoCAD:



**Politecnico  
di Torino**



*Figura 32 - Schema funzionale centrale termica*



**Politecnico  
di Torino**

Lo schema funzionale si suddivide in tre zone principali delle quali la prima si trova nella striscia in basso dello schema. In questo lato viene riportata la tubazione dell'acquedotto che, dopo essersi separata dalla condotta principale, arriva nei pressi del fabbricato in esame. Come prima cosa, l'acqua incontra un sistema di trattamento del quale uno dei componenti principali è l'addolcitore. In questa fase l'acqua subisce dei trattamenti chimici e/o fisici che la rendono utilizzabile per gli scopi tecnici quali riscaldamento e raffrescamento dell'edificio. Inoltre, qui è presente anche un riduttore di pressione che porta la pressione ad un valore minore più adatto all'utilizzo civile. In seguito, l'acqua si dirama nei vari sottosistemi riportati nelle altre due zone principali.

I primi due sottosistemi si trovano nel lato sinistro dell'immagine. Uno di questi circuiti è quello dell'acqua fredda sanitaria (AFS) mentre il secondo è quello dell'acqua calda sanitaria (ACS). Entrambi, per questioni igieniche e per rendere potabile l'acqua, sono preceduti da un trattamento anti-legionella. Senza soffermarci sull'impianto che si occupa dell'AFS, le principali informazioni che descrivono il circuito dell'ACS sono:

- Il riscaldamento dell'acqua avviene tramite una pompa di calore collegata ad un bollitore. In esso, sono presenti dei tubi in cui scorre l'ACS immersi nell'acqua calda tecnica prodotta dalla pompa di calore. In questo modo, l'acqua proveniente dall'acquedotto viene riscaldata e pompata verso gli alloggi dove potrà essere utilizzati per scopi sanitari.
- Inserimento di sistemi di sicurezza, prevenzione ed elementi utili per il buon funzionamento dell'impianto per evitare incidenti dovuti a deviazioni nella temperatura o nella pressione degli impianti. Tra questi, citiamo il vaso di espansione e il defangatore. Mentre il primo è un sistema di prevenzione che permette all'acqua contenuta nei tubi di dilatarsi in caso di variazioni di temperatura, il defangatore è un sistema utile per evitare la formazione di depositi che andrebbero ad otturare le tubazioni. A questi si aggiungono i termometri e i pressostati di sicurezza posti per evitare innalzamenti o abbassamenti oltre certe soglie della temperatura e della pressione dei fluidi circolanti.



**Politecnico  
di Torino**

- Sistema di distribuzione dell'acqua con ricircolo. Il ricircolo dell'ACS è una pratica molto utile dal punto di vista sanitario perché, così facendo, nei tubi si evita la formazione di acqua calda stagnante che diventa luogo prolifico per il batterio della legionella. Così facendo, l'acqua non viene contaminata e rimane potabile.
- Sistema di ricircolo comune ai tre appartamenti. In questo modo, si evita di avere appartamenti particolarmente svantaggiati dal punto di vista delle cadute di pressione. Infatti, in questo modo, il circuito di ricircolo mantiene sempre la stessa lunghezza al cambiare delle utenze in uso.
- Ogni ramo, preso separatamente, in tutto il sistema dell'ACS presenta una propria pompa, proprie valvole di regolazione e un proprio vaso di espansione.

Infine, l'ultima delle tre zone principali presenti nella figura 32 è quella relativa alla climatizzazione dell'edificio. Nel lato destro dell'immagine riportata in figura, infatti, l'acqua proveniente dall'acquedotto è direttamente collegata ad un serbatoio di accumulo a sua volta collegato alle due pompe di calore (a sinistra quella per il riscaldamento; a destra quella per il raffrescamento). Il serbatoio, quindi, funziona a commutazione stagionale; durante la stagione di riscaldamento sarà servito dalla pompa di calore addetta al riscaldamento dell'edificio mentre in estate sarà servita esclusivamente da quella necessaria al raffrescamento.

I circuiti di mandata (in rosso) e di ritorno (in azzurro) di entrambe le pompe, sono posizionati in modo da evitare la stratificazione dell'acqua nel serbatoio. Dal serbatoio, poi, partono i tubi di distribuzione che vanno a servire i terminali presenti nelle zone riscaldate o raffrescate e che si rammenta essere dei ventilconvettori.

Lo schema di distribuzione proposto prevede una colonna montante con un circuito a ritorno inverso. Questa soluzione, pur prevedendo una maggior lunghezza dei tubi, consente una miglior equilibratura delle cadute di pressione tra i tre appartamenti. Infatti, qualsiasi sia l'appartamento servito, l'acqua percorrerà sempre un percorso di uguale lunghezza, cosa che consente di non avere appartamenti particolarmente svantaggiati in cui la portata entrante risulta essere ridotta dagli appartamenti più



“vicini” alla centrale termica. Si noti come, anche in questo ramo del circuito, siano presenti pompe di circolazione, valvole di regolazione, vasi di espansione ed altri componenti utili per il normale funzionamento e per la sicurezza del sistema.

In questo elaborato non si entrerà nello specifico dei dimensionamenti di tutti i singoli componenti presenti in centrale termica, dei tubi di distribuzione e dei terminali idraulici presenti in ambiente. Tuttavia, è bene citare che, conoscendo la potenza richiesta da ogni stanza delle zone riscaldate, è possibile dimensionare le pompe di circolazione e i vasi di espansione presenti sui vari rami del circuito idraulico e definire i diametri delle tubature. Mentre per il dimensionamento dei primi due componenti si usano delle formule basate sulla potenza termica presente in centrale, per le tubazioni è consigliabile il metodo a cadute di pressione per unità di lunghezza ( $\frac{\Delta p}{L}$ ) costanti. Per utilizzare questo metodo si usano degli abachi in cui, dopo aver fissato il  $\frac{\Delta p}{L}$  e conoscendo la portata defluente in ogni ramo del circuito, si ricava immediatamente quale debba essere il diametro ideale da utilizzare per quella condotta. Questo diametro va poi risalato su quelli reali presenti in commercio.

Invece, per il dimensionamento delle pompe si può usare questa formula:

$$P_{pompa} = m_{pompa} \cdot \frac{\Delta p}{\rho}$$

Dove:

- $P_{pompa}$  è la potenza meccanica richiesta alla pompa di circolazione (per quella elettrica basta dividere questo valore per il rendimento elettrico della pompa stessa).
- $m_{pompa}$  è la portata circolante nella pompa.
- $\Delta p$  sono le cadute di pressione (distribuite e concentrate) che la pompa deve bilanciare.
- $\rho$  è la densità del fluido circolante nella pompa e che, in questo caso, è acqua riscaldata o refrigerata in base al ramo del circuito che stiamo considerando.



Se il vaso di espansione è aperto, invece, il suo dimensionamento si basa su questa relazione:

$$V = e * C$$

Mentre se è chiuso si usa questa formula:

$$V = \frac{e * C}{1 - \frac{p_i}{p_f}}$$

Dove:

- $V$  è il volume di espansione richiesto al vaso.
- $e$  è il coefficiente di dilatazione pari al 3,5%.
- $C$  è il contenuto d'acqua, ovvero il volume d'acqua contenuto nel circuito idraulico. Esso viene stimato conoscendo la potenza termica installata in centrale. In particolare,  $C$  vale circa  $10-15 \frac{l}{kW}$ .
- $p_i$  è la pressione iniziale, somma tra pressione idrostatica presente nel circuito (ricavabile conoscendo il punto più alto e quello più basso del circuito) e pressione di precarica. Entrambe le pressioni sono valori relativi.
- $p_f$  è la pressione finale, somma tra la pressione di taratura della valvola di sicurezza e il dislivello esistente tra questa valvola ed il vaso di espansione (riportato in unità coerenti con una pressione). Per non avere malfunzionamenti, la pressione di taratura della valvola di sicurezza deve essere maggiore della pressione idrostatica.

Alla luce di tutte queste conoscenze sarebbe quindi possibile effettuare un dimensionamento più dettagliato del circuito idraulico che collega la centrale di generazione e i terminali presenti in ambiente.



**Politecnico  
di Torino**

### **3.3.2 Calcoli economici**

In questo secondo paragrafo ci occuperemo dell'analisi dei costi di realizzazione degli interventi. Per una commessa reale, l'analisi si basa sui costi ricavati dai prezziari in uso a livello nazionale, come il prezzoario DEI. Questi costi, poi, vengono raccolti in un computo metrico estimativo (CME) che serve a determinare il costo totale degli interventi. In questi costi sono anche inclusi le spese necessarie per la sicurezza del cantiere e lo smaltimento in discarica dei materiali, oltre ad una quota necessaria a coprire eventuali imprevisti. Quindi, il valore da CME è quello che il committente o, in sua vece se presente, il General Contractor dovrebbe pagare all'impresa che effettua l'intervento.

Tuttavia, la realizzazione e la conclusione delle opere avrà un costo maggiore da quello riportato sul CME; infatti, al costo delle lavorazioni si aggiungono altre voci riguardanti le spese per coprire il lavoro di altri attori coinvolti:

- Spese per la progettazione. Con questa voce si va a compensare la realizzazione del progetto da parte di un professionista. Nella fase di progettazione, secondo lo schema di CVA, vengono compensate le 4 fasi del progetto: verifica di conformità urbanistica, verifica del salto delle due classi energetica, PA1 e PA2. Si noti che le fasi sono esattamente quelle seguite nello sviluppo di questo capitolo.
- Spese tecniche per Direttore Lavori (DL), Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione (CSE) e Responsabile (RL) dei lavori. In questa fase si compensano queste figure che sono centrali nella gestione e nel controllo del corretto funzionamento del cantiere dal punto di vista tecnico e della sicurezza. Tipicamente, il ruolo di DL e di CSE sono ricoperti dalla stessa persona.
- Spese per l'asseverazione fiscale degli interventi (visto di conformità).
- Spese per imposte e cassa di previdenza di DL ed RL.

Tutti questi costi vengono computati in un quadro economico di spesa (QES) dal quale si potrà valutare il costo totale della realizzazione del cantiere e, conoscendo i massimali per ogni intervento, le eccedenze a carico dei committenti.



**Politecnico  
di Torino**

Per la nostra analisi, come dati di partenza sono stati utilizzati dei costi specifici medi ricavati da un confronto tra varie commesse gestite dai tecnici della società CVA S.p.A. con i quali viene svolta la stesura di questo elaborato. Questi valori sono poi inseriti in un foglio di calcolo sviluppato da CVA che stabilisce l'entità delle spese descritte precedentemente e controlla che vengano rispettati i vincoli imposti dalla normativa. È bene precisare che in un caso reale le cifre ottenute, nascendo da commesse sviluppatesi in momenti diversi di questi due anni di esistenza del Superbonus 110%, potrebbero essere maggiori a causa degli eventi che stanno influenzando l'economia globale e che hanno portato ad un rialzo generale dei prezzi delle materie prime.

Grazie all'utilizzo del foglio di calcolo citato sopra, è stato possibile, primariamente, verificare che gli interventi rispettano i valori massimi imposti dal MITE (Ministero della transizione Ecologica) sulle spese specifiche.

Di seguito riporto gli importi totali per ogni intervento, suddivisi secondo le voci di spesa descritte precedentemente. Anche questi valori sono stati calcolati grazie ad un foglio di calcolo sviluppato dai tecnici di CVA.

	importo lavori	sicurezza	imprevisti (5%)	progettazione	DL/CSE/RL	iva + cassa	visto di conformità	totale spesa
isolamento involucro	101.833,71 €	3.100,00 €	5.246,69 €	8.594,07 €	7.932,99 €	15.662,14 €	4.271,09 €	146.640,68 €
infissi/serramenti	36.155,22 €	3.289,17 €	1.972,00 €	4074,73	3761,29	6343,58	1667,89	57.263,88 €
impinato termico	33.732,76 €	900,00 €	1.731,64 €	3.577,68 €	3.302,47 €	5.569,76 €	1.464,43 €	50.278,74 €
FV	28.912,77 €	2.630,30 €	1577,1535	3.258,50 €	3.007,85 €	5.072,87 €	1.333,78 €	45.793,22 €
accumulo	13.766,25 €	1.252,36 €	750,93 €	1.230,02 €	1.135,41 €	2.241,64 €	611,30 €	20.987,91 €
colonnine di ricarica	3.538,14 €	321,88 €	193,00 €	316,14 €	291,82 €	576,14 €	157,11 €	5.394,23 €
<b>totale</b>	<b>217.938,85 €</b>	<b>11.493,70 €</b>	<b>11.471,41 €</b>	<b>21.051,14 €</b>	<b>19.431,82 €</b>	<b>35.466,13 €</b>	<b>9.505,60 €</b>	<b>326.358,66 €</b>

*Figura 33 - Costi totali degli interventi*

Come si nota dalla figura soprastante, per questo edificio l'intervento di efficientamento energetico ha un costo complessivo pari a 326.358,66 €. Tuttavia, esso non equivale né alla cifra che dovrà essere pagata dai committenti né alla quota di credito maturata e che verrà ceduta al General Contractor. Infatti, per calcolare questi due valori, dovremo



confrontare le spese totali di ogni singolo intervento con il massimale di spesa computato sapendo che sono presenti dieci tra unità immobiliari e pertinenze.

Di seguito i valori calcolati per queste grandezze:

	totale spesa	massimale	eccedenza a carico dei committenti	credito generato
isolamento involucro	146.640,68 €	380.000,00 €	- €	161.304,75 €
infissi/serramenti	57.263,88 €	54.545,00 €	- €	59.999,50 €
impinato termico	50.278,74 €	190.000,00 €	- €	55.306,61 €
FV	45.793,22 €	43.776,00 €	2.017,22 €	48.153,60 €
accumulo	20.987,91 €	38.300,00 €	- €	23.086,70 €
colonnine di ricarica	5.394,23 €	4.500,00 €	894,23 €	4.950,00 €
<b>totale</b>	<b>326.358,66 €</b>	<b>\</b>	<b>2.911,45 €</b>	<b>352.801,17 €</b>

*Figura 34 - Credito e debito generati*

Dal confronto con i massimali si nota che, nonostante la detrazione al 110%, l'installazione dei pannelli fotovoltaici è l'unico intervento che avrà un'eccedenza da pagare. Tuttavia, il valore totale delle eccedenze a carico dei committenti è una cifra decisamente minore rispetto a quella del costo totale dell'intervento. Infatti, a fronte di un intervento di efficientamento energetico dal valore di 326.358,66 €, ai committenti sarà richiesto un pagamento di soli 2.911,45 €.

A questo punto, scalando le eccedenze dal totale di spesa e moltiplicando questo valore per il 110%, è possibile calcolare la quota di credito maturata dai committenti e che verrà ceduta al General Contractor. Si ricorda che è necessario moltiplicare per 1,1 poiché l'aliquota ammonta a 110%. Come si vede dalla tabella riportata in figura 34, il credito maturato è pari a 352.801,17 €.

Concludendo l'analisi economica, si evidenzia nuovamente che le eccedenze a carico del committente in un caso reale sarebbero maggiori. Questa situazione si esplica principalmente per due motivi:



**Politecnico  
di Torino**

- Aumento nei costi dei materiali, come citato inizialmente.
- Presenza di interventi non esplicitati legati alla realizzazione di quelli descritti e rientranti in bonus con aliquote di detrazione minori. Tra questi incentivi citiamo il bonus facciate con un'aliquota pari al 60% e il bonus casa con un'aliquota pari al 50%.



**Politecnico  
di Torino**

## **Capitolo 4: Fattibilità di creazione di un GAC/CER**

### **4.1 Definizione ed utilità di un GAC/CER**

Con gli interventi descritti nel capitolo precedente, il fabbricato in esame è stato migliorato nettamente dal punto di vista delle prestazioni energetiche. Infatti, non solo è aumentata l'efficienza del sistema edificio-impianto ma è anche drasticamente diminuita la quota di energia richiesta per il mantenimento del comfort degli occupanti. Pertanto, a seguito degli interventi, le persone all'interno dell'edificio si troveranno con il duplice vantaggio di aver ridotto contemporaneamente la richiesta di energia per gli usi finali e la quantità di energia primaria necessaria a soddisfare tale richiesta.

Tuttavia, è possibile sfruttare ulteriormente gli interventi realizzati precedentemente col Superbonus 110%. In particolare, avendo installato dei pannelli fotovoltaici è possibile aderire a recenti modelli di utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili: le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) e i Gruppi di Autoconsumatori Collettivi (GAC). I principi alla base delle CER e dei GAC sono quelli dell'autoconsumo e dell'autosufficienza per la diffusione delle FER in accordo con gli obiettivi UE. Infatti, questi modelli permetteranno ai loro utilizzatori di sfruttare maggiormente e in maniera condivisa l'energia prodotta da impianti FER, nuovi ed esistenti.

Seppur, a prima vista, i due modelli sembrano molto simili, tra i due esistono alcune differenze:

- Con CER si definisce un gruppo di soggetti giuridici (persone fisiche, enti locali o aziende) che sono situati nelle vicinanze di impianti di produzione basati sullo sfruttamento di FER. Questi soggetti, rispettando dei vincoli che verranno definiti in seguito, si riuniscono su base volontaria con il duplice scopo di produrre e consumare energia elettrica proveniente da fonti energetiche rinnovabili. Un'eventuale quota in eccesso può essere immessa in rete.
- I GAC sono invece dei gruppi costituiti da almeno due autoconsumatori che raggiungono un accordo privato tra di loro e che condividono lo stesso



**Politecnico  
di Torino**

edificio/condominio. Il gruppo così formato può produrre energia elettrica proveniente da fonti rinnovabili (tipicamente il fotovoltaico) installate in propri siti cosicché questa potrà essere in parte autoconsumata. La quota in eccesso invece potrà essere venduta purché la vendita non diventi l'attività principale dei partecipanti al gruppo.

In entrambi i casi, l'energia non istantaneamente autoconsumata può anche essere immagazzinata in appositi sistemi di stoccaggio formati da batterie di accumulo.

Questi nuovi modelli risultano particolarmente apprezzabili anche dal punto di vista sociale. Infatti, in questo modo, i consumatori finali di energia diventano più consapevoli delle loro azioni e possono adattare in modo tale da consumare meno e/o meglio. Di conseguenza, questi schemi rappresentano uno strumento fondamentale per la transizione energetica in corso, che punta ad un uso più razionale dell'energia e ad un sistema energetico basato maggiormente su FER non inquinanti.

Inoltre, un altro effetto della creazione di una CER o di un GAC è il contrasto alla povertà energetica. Infatti, sfruttando questi modelli, i consumatori finali vedranno ridotta la loro dipendenza dalla rete e quindi un calo drastico dei prelievi di energia elettrica da essa. Creando una CER o un GAC, quindi, si ha una riduzione del costo delle bollette e, come conseguenza, si assiste ad un maggior accesso all'uso di energia per le fasce più povere della società che, invece, attualmente soffrono questo tipo di mancanza.

## **4.2 Normativa UE e normativa italiana**

I modelli in esame sono particolarmente interessanti nel contesto storico in corso. Infatti, l'Unione Europea si trova in prima linea nella lotta ai cambiamenti climatici e una delle strategie su cui sta lavorando è l'aumento dell'elettrificazione dei sistemi energetici. Questa elettrificazione dovrà dipendere fortemente dalla produzione energetica tramite



**Politecnico  
di Torino**

FER. Per questo motivo, l'attuale obiettivo UE sulla generazione elettrica da fonti energetiche rinnovabili è del 32,5% al 2030<sup>1</sup>.

I modelli di CER e GAC, pertanto, permettendo la condivisione dell'energia tra i soggetti aderenti alla configurazione, dovrebbero consentire di sfruttare maggiormente l'energia prodotta da impianti FER all'interno dell'area di riferimento della CER e del GAC (soprattutto il fotovoltaico, visti gli attori coinvolti).

Il concetto di CER e GAC è nato inizialmente a livello europeo all'interno della direttiva RED II. A livello nazionale, la direttiva europea è stata recepita dal governo col d.lgs. 8 novembre 2021 n. 199, ma già il Decreto Mille proroghe (D.L. 192/2019 ART 42-bis) aveva avviato la regolazione di questi modelli in maniera transitoria.

Dal testo del Decreto Mille proroghe, risultano rilevanti i seguenti punti:

- Gli azionisti e membri della comunità energetica possono essere persone fisiche, PMI (Piccole o Medie Imprese), enti territoriali e autorità locali.
- I membri della comunità energetica devono essere sottesi alla medesima cabina MT/BT (cabina secondaria).
- La taglia massima degli impianti alimentati da fonti rinnovabili è di 200 kW.
- Gli aderenti alla comunità energetica mantengono il loro diritto di scegliere il venditore di energia. La compensazione è rilasciata dal GSE.
- È prevista l'installazione di sistemi di monitoraggio continuo delle configurazioni realizzate.
- Gli impianti fotovoltaici devono essere di nuova costruzione, mentre per gli impianti ad altre FER si possono utilizzare anche componenti rigenerate.

---

<sup>1</sup> "Efficienza energetica", *Parlamento europeo*, online:

<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/69/efficienza-energetica#:~:text=Nel%202007%20il%20leader%20dell,%2C5%20%25%20entro%20il%202030.>

, ultima consultazione 16 ottobre 2022

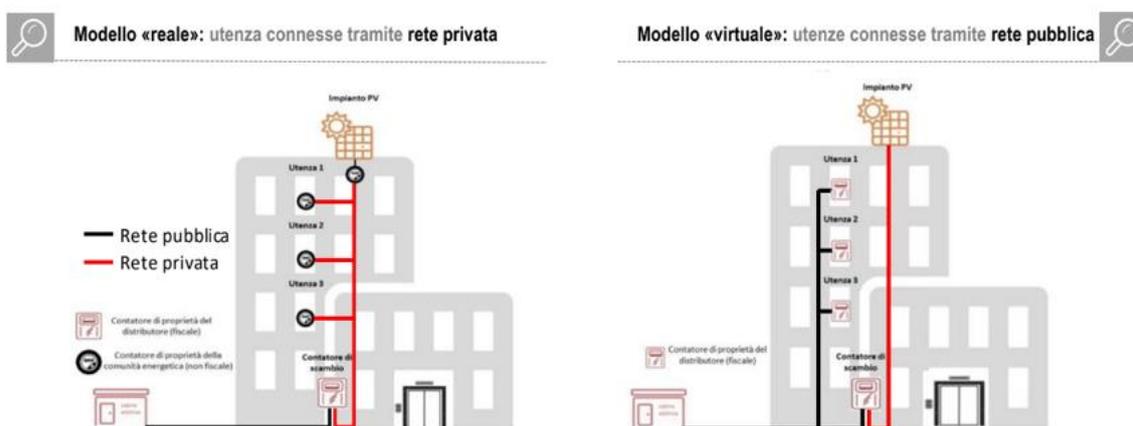


**Politecnico  
di Torino**

L'impianto è considerato di nuova costruzione se installato dopo il primo marzo 2020.

Il decreto sopra citato è stato attuato dal provvedimento DCO ARERA 112/2020/R/EEL e dal Decreto attuativo MISE del 15/09/2020 che tenevano già conto della RED II.

In particolare, il provvedimento ARERA delinea le caratteristiche del modello regolatorio virtuale che entrerà in vigore. Si parla di modello virtuale quando ogni utente della comunità rimane connesso alla rete pubblica e quindi ogni utente ha un contatore dedicato e un fornitore di energia. In questo modo l'utente può entrare ed uscire dalla comunità energetica. Il modello reale, invece, prevede che la connessione tra comunità e rete di distribuzione pubblica avvenga in un solo punto. L'immagine seguente mostra a livello concettuale la differenza tra i due modelli.



*Figura 35 - Modello reale e modello virtuale*

Inoltre, il provvedimento ARERA regola anche ulteriori aspetti dai quali emerge che:

- I soggetti facenti parte della configurazione devono individuare un proprio “referente” che presenta richiesta al GSE per l’ottenimento dei benefici previsti.



**Politecnico  
di Torino**

- L'impianto può essere di proprietà o gestito da un terzo, anche esterno alla configurazione.
- Il modello virtuale consente ai soggetti partecipanti di modificare le proprie scelte in relazione alla configurazione di autoconsumo e approvvigionamento dell'energia.
- Gli impianti che possono entrare a far parte della configurazione sono quelli entrati in esercizio tra il 1° marzo 2020 e la data di recepimento della direttiva RED II.
- L'ARERA definisce una quota del contributo per l'energia condivisa dal valore di  $8 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$  per le CER e  $9 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$  per i GAC; questa quota nasce come rimborso per le componenti tariffarie e perdite di rete evitate. Inoltre, indica una modalità di valorizzazione dell'energia immessa, tramite la possibilità di accedere al Ritiro Dedicato (scelta non obbligatoria).

Il decreto attuativo MISE, invece, introduce il valore economico dell'incentivo e definisce quali sono le cumulabilità con gli strumenti di detrazione, tra cui il Superbonus 110%. Le informazioni più rilevanti all'interno del decreto sono:

- La tariffa incentivante è erogata dal GSE per una durata di 20 anni.
- La tariffa incentivante sull'energia condivisa vale  $100$  o  $110 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$  rispettivamente per GAC o per CER (MWh di energia elettrica condivisa).
- Viene negata la cumulabilità con scambio sul posto o decreto FER (Decreto MISE 186 del 9 agosto 2009).
- È possibile avvalersi della detrazione del 110% (sfruttando il Superbonus 110%) fino a 48.000 € fino a 20 kW, ma in questo caso non si accede alla tariffa incentivante. Diversamente, la tariffa può essere ottenuta se, installando l'impianto fotovoltaico, non si sfrutta il Superbonus 110% ma la detrazione già prevista dal Legislatore pari al 50%.
- L'energia non autoconsumata o non condivisa, restando nella disponibilità del referente, può essere ceduta al GSE senza però godere di altri incentivi.



Tipicamente, la quota immessa in rete segue il percorso del Ritiro Dedicato (strada obbligatoria solo in caso di sfruttamento contestuale del Superbonus 110%).

La norma e le sue attuazioni prevedono l'effettuazione di un unico conguaglio che, come visto precedentemente, si basa sul valore dell'energia elettrica condivisa e su quello dell'energia elettrica immessa in rete. Di seguito viene riportata una tabella che schematizza ed evidenzia meglio il valore delle diverse quote previste.

	<b>INCENTIVO</b>	<b>QUOTA ENERGIA CONSIDERATA</b>	<b>VALORE</b>
<b>AC</b>	Valorizzazione in condivisa e contributo per le perdite evitate	Condivisa	9 €/MWh
	Tariffa incentivante	Condivisa	100 €/MWh
	Ritiro dedicato del GSE o vendita energia sul mercato	Immessa	Stimato a 50 €/MWh
<b>CE</b>	Valorizzazione in condivisa	Condivisa	8 €/MWh
	Tariffa incentivante	Condivisa	110 €/MWh
	Ritiro dedicato del GSE o vendita energia sul mercato	Immessa	Stimato a 50 €/MWh

*Figura 36 - Valori dell'incentivo per GAC e CER*

La tabella è esplicitata ulteriormente nella figura seguente in cui compaiono le formule per il calcolo degli incentivi.



<b>AUTOCONSUMATORI DI ENERGIA RINNOVABILE CHE AGISCONO COLLETTIVAMENTE</b>	
Restituzione componenti tariffarie (C <sub>AC</sub> )	$C_{AC} = CU_{Af,m} * E_{AC} + \sum_{i,h} (E_{AC,i} * C_{PR,i} * P_z)_h$
Incentivazione dell'energia condivisa (I <sub>AC</sub> )	$I_{AC} = TP_{AC} * E_{AC}$
Ritiro dell'energia (R <sub>AC</sub> )	$R_{AC} = PR^4 * E_{immessa}$
<b>COMUNITÀ DI ENERGIA RINNOVABILE</b>	
Restituzione componenti tariffarie (C <sub>CE</sub> )	$C_{CE} = CU_{Af,m} * E_{AC}$
Incentivazione dell'energia condivisa (I <sub>CE</sub> )	$I_{CE} = TP_{CE} * E_{AC}$
Ritiro dell'energia (R <sub>CE</sub> )	$R_{CE} = PR^3 * E_{immessa}$

*Figura 37- Formule per il calcolo degli incentivi spettanti*

Dove:

- $CU_{Af,m} = 7,61 \text{ €/MWh}$  (tariffa di trasmissione utenze in BT) +  $0,61 \text{ €/MWh}$  (componente variabile di distribuzione per le utenze e altri usi in BT).
- $E_{ac}$  è l'energia autoconsumata.
- $C_{pr}$  è un contributo per le perdite di rete evitate.
- $P_z$  è il prezzo zonale orario.
- $T_p$  è la tariffa premio.
- $P_r$  è il prezzo dell'energia ritirata.

Si noti che la tariffa incentivante "MISE" per l'energia elettrica condivisa non spetta:

- Alla quota di potenza di impianti fotovoltaici che hanno accesso alla detrazione Superbonus 110%.
- Alla quota di potenza quota d'obbligo di integrazione di fonti rinnovabili.
- Agli impianti fotovoltaici per i quali vige il divieto di accesso agli incentivi statali, ovvero con moduli collocati a terra in aree agricole.



L'accesso al servizio di incentivazione dell'energia condivisa prevede anche dei costi da saldare al GSE, presenti anche in altri meccanismi incentivanti, per la copertura dei costi amministrativi. In particolare, quelli che ci interessano sono:

- Un contributo fisso e uno mobile legato alla taglia dell'impianto secondo la figura seguente.

Potenza	Corrispettivo fisso	Corrispettivo variabile
kW	€/anno	€/kW
$P \leq 3$	0	0
$3 < P \leq 20$	30,00	0
$20 < P \leq 200$	30,00	1,00

*Figura 38 - Corrispettivi GSE legati alla taglia per GAC e CER*

- Un contributo pari a  $4 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$  per ogni punto di connessione.
- Un contributo per il servizio di Ritiro Dedicato pari a  $0,7 \frac{\text{€}}{\text{kW}}$ . Infatti, è necessario coprire il costo amministrativo derivanti da tale servizio nel caso in cui si aderisca. Come i precedenti, anche questo contributo è definito ai sensi "decreto ministeriale 24 dicembre 2014 per gli impianti in Scambio sul Posto".

Successivamente alla legge e alle sue attuazioni, viste precedentemente, la normativa italiana ha recepito completamente la RED II con il D.lgs. 8 novembre 2021 n. 199.

Il decreto porta ad alcune novità che aggiornano la norma precedente. In particolare, per quanto riguarda gli incentivi:

- Il sistema di incentivazione estende l'accesso alla quota di energia condivisa da impianti e utenze di consumo connesse sotto la stessa cabina primaria.
- In ciascun periodo orario la quota condivisa risulta essere il minimo tra l'energia elettrica prodotta e immessa in rete e quella prelevata dall'insieme dei clienti finali associati situati nella stessa zona di mercato.



**Politecnico  
di Torino**

Il decreto, inoltre, apporta delle modifiche alle definizioni ed ai vincoli presenti nelle norme precedenti riguardo GAC e CER. In particolare, per i GAC:

- Gli impianti di produzione da fonti rinnovabili possono essere molteplici e ubicati presso edifici o in siti diversi da quelli presso il quale l'autoconsumatore opera, fermo restando che tali edifici o siti devono essere nella disponibilità dell'autoconsumatore stesso.
- La vendita dell'energia autoprodotta e gli eventuali servizi ancillari e di flessibilità possono essere offerti eventualmente per il tramite di un aggregatore.
- È previsto che i clienti domestici possano richiedere alle rispettive società di vendita, in via opzionale, lo scorporo in bolletta della quota di energia condivisa.
- Sull'energia prelevata dalla rete pubblica dai clienti finali, compresa quella condivisa, si applicano gli oneri generali di sistema.

Mentre per le CER l'aggiornamento più importante ha concesso la possibilità di adesione alle CER ad impianti rinnovabili esistenti per una misura non superiore al 30% della potenza complessiva che fa capo alla comunità.

### **4.3 Analisi di fattibilità**

Considerando il caso studio in esame la nostra scelta ricade sulla possibilità di creare un Gruppo di Autoconsumatori Collettivi. L'analisi si baserà dapprima su conti di natura energetica che verranno poi traslati nell'ambito economico per capire se, nel caso in esame, la creazione di tale modello è conveniente economicamente sia per il cliente finale sia per un'azienda. Quindi, anche in questo caso, si considera che l'intervento avvenga grazie ad un aiuto esterno poiché si ipotizza che l'attivazione del GAC sia un'offerta proposta dall'azienda contestualmente alla realizzazione dell'intervento di restauro sfruttante il Superbonus 110%. Questa condizione, che sembra apparentemente una complicazione, in realtà potrebbe essere una strada interessante sia per l'azienda che per il cliente finale. Infatti, quest'ultimo, grazie al Superbonus 110%, si trova già installato un impianto di produzione FV, quindi la creazione del GAC come anche altri



**Politecnico  
di Torino**

incentivi porterebbe ad ulteriori benefici energetici, economici e sociali. Invece, l'azienda, rimanendo ente terzo alla configurazione, potrebbe offrire e valorizzare alcuni servizi connessi alla diffusione dei GAC, come la fornitura e installazione dell'impianto, il suo mantenimento e il supporto nella procedura di accesso al servizio di incentivazione dell'energia condivisa.

Prima di cominciare le analisi riepilogo il valore degli incentivi ed i vincoli principali che dovranno essere rispettati dal GAC, ipotizzando di creare questo gruppo in concomitanza con lo sfruttamento del Superbonus 110%:

- Diritto di scegliere il fornitore di energia elettrica.
- Necessità di un sistema di monitoraggio e di contatori per il calcolo delle quote di energia prodotta, immessa in rete ed autoconsumata.
- Impianto FV nuovo.
- Corrispettivi al GSE per copertura dei costi amministrativi pari a  $30 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$  più  $4 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$  per ogni punto di connessione.
- Validità del sistema incentivante per 20 anni.
- Valore della quota incentivante ARERA sull'energia condivisa pari a  $11,6 \frac{\text{€}}{MWh}$ .
- Valore della quota incentivante sull'energia immessa in rete derivante dal Ritiro Dedicato.
- Configurazioni rientranti in quelle previste dal TISSPC. In particolare, a noi interessa il caso dei gruppi di autoconsumatori che agiscono collettivamente.

Alla luce di quanto esposto possiamo entrare nel vivo dell'analisi. Essa verrà divisa in due parti; nella prima ci concentreremo sugli aspetti energetici della creazione di un GAC mentre nella seconda analizzeremo gli aspetti economici.

### **4.3.1 Analisi energetica**

Per effettuare quest'analisi, si è predisposto un foglio di calcolo basato su un tool interno di CVA S.p.A., che viene utilizzato nella valutazione preliminare dei sistemi ad autoconsumo. Il software si basa sull'introduzione dei dati riguardanti la disponibilità di



**Politecnico  
di Torino**

potenza installabile sul tetto dell'edificio e di consumo dell'impianto, e procede con un dimensionamento dal punto di vista energetico della taglia dell'impianto e delle relative batterie di accumulo, con l'obiettivo di massimizzare l'energia condivisa.

Per quanto riguarda l'analisi energetica, quindi, vengono seguiti gli step presenti sul software.

Gli input iniziali per il software sono due: la produzione dell'impianto, che il software calcola basandosi su dati riferiti alla Regione Autonoma Valle d'Aosta, e la definizione dei consumi annui di energia elettrica. I consumi vengono suddivisi in due voci:

- Utenze private. Sotto questa voce vanno fatti rientrare i consumi dovuti alle singole bollette dei tre appartamenti. In particolare, in questo edificio, sono presenti 3 famiglie da 3 persone ciascuna. Pertanto, considerando un consumo medio annuo a persona di 1390 kWh, la voce di "consumi privati" inserita è pari a  $12510 \frac{kWh}{a}$ . La cifra inserita non ha lo stesso grado di precisione che potremmo avere dalla conoscenza dei consumi presenti nelle bollette reali. Tuttavia, un controllo interno all'azienda ha potuto attestare che la cifra estratta da ricerche e utilizzata è sufficientemente accurata.
- Utenze comuni. In questa voce rientrano i consumi dovuti alla presenza delle utenze comuni, che sono da ripartire tra i vari condomini. Tra questi, abbiamo principalmente i consumi derivanti dalle tre pompe di calore installate e una quota dovuta ad altre utenze come, per esempio, la luce delle scale. Per quanto riguarda i consumi derivanti dalle pompe di calore, è stato utilizzato il valore calcolato con l'APE post mentre per le altre utenze viene ipotizzato dal software un valore pari al 5% del totale delle utenze private. Alla luce di queste informazioni, i consumi "comuni" sono risultati pari a  $9069 \frac{kWh}{a}$ . Di seguito, riporto i consumi elettrici mensili delle tre pompe di calore.

I consumi totali annuali, quindi, sono pari a  $21579 \frac{kWh}{a}$ .



FABBISOGNO DI ENERGIA IN INGRESSO AI GENERATORI

Di seguito sono riportati i valori di  $Q_{gr}$  in per ciascun generatore.

Generatore	Combustibile	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
AERMEC ANLI021H	Energia elettrica	kWh	0,00	0,00	2,82	54,51	202,59	475,38	657,46	554,23	308,02	11,51	0,00	0,00	2.266,52
ESEMPI - Pompa di calore elettrica per ACS 6 kW	Energia elettrica	kWh	271,95	230,72	234,93	202,78	188,89	169,64	168,37	171,00	179,90	210,39	247,46	267,48	2.543,51
ESEMPI - Pompa di calore elettrica aria - acqua 14,5 kW	Energia elettrica	kWh	1.076,87	417,81	229,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	109,94	636,25	1.158,03	3.628,64

FABBISOGNI TOTALI DI ENERGIA ELETTRICA

Di seguito sono riportati i valori di fabbisogno di energia elettrica totale (ausiliari+generazione) divisi per servizio.

Servizio	Um	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	TOTALI
Energia elettrica H	kWh	1.076,87	417,81	229,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	109,94	636,25	1.158,03	3.628,64
Energia elettrica W	kWh	271,95	230,72	234,93	202,78	188,89	169,64	168,37	171,00	179,90	210,39	247,46	267,48	2.543,52
Energia elettrica C	kWh	0,00	0,00	2,82	54,51	202,59	475,38	657,46	554,23	308,02	11,51	0,00	0,00	2.266,52

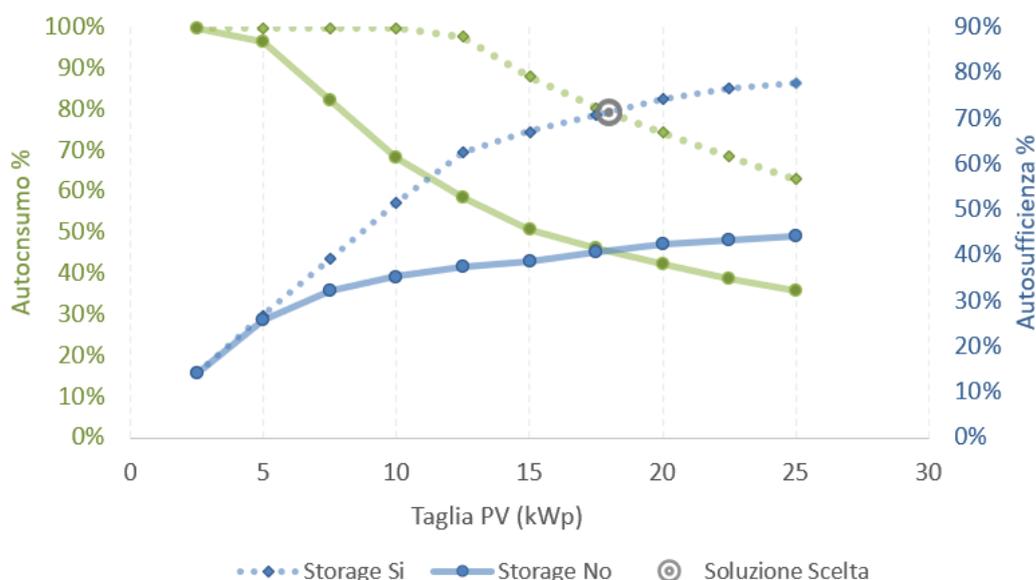
*Figura 39 - Fabbisogni elettrici delle tre pompe di calore*

A questo punto, una volta inseriti i fabbisogni elettrici annui del condominio, e sapendo come sono disposti i pannelli fotovoltaici sul tetto in analisi, è stato possibile calcolare la taglia ottimale dello storage, la percentuale di autoconsumo e quella di autosufficienza del sistema edificio-impianto. Si ricorda che la taglia totale dell'impianto fotovoltaico è di 18,24 Kw mentre per la disposizione dei pannelli si rimanda al capitolo precedente.

Di seguito, si riportano i risultati dell'analisi appena introdotti.



Politecnico  
di Torino



*Figura 40 - Autoconsumo e autosufficienza in base alla taglia*

Come si nota dall'immagine, il dimensionamento previsto permette di garantire buoni valori sia di autoconsumo che di autosufficienza. In particolare, l'autoconsumo raggiunge una percentuale pari al 79% mentre l'autosufficienza si attesta al 72%. Si noti che questi valori sono delle cifre globali, perciò considerano anche la quota di consumo derivante dal meccanismo della condivisione dell'energia. Infatti, se considerassimo soltanto l'energia prodotta e consumata senza passare attraverso la rete elettrica, l'autoconsumo (definito come autoconsumo fisico) calerebbe drasticamente al 22%. Questa situazione si spiega bene con il fatto che l'edificio in analisi, rispetto alle dimensioni "normali" di un condominio, è piuttosto piccolo. Pertanto, le curve di generazione dell'impianto e di consumo dei condomini sono meno allineate. La situazione potrebbe essere perciò migliorata creando un GAC con maggiori consumi o, addirittura, creando una CER con gli edifici vicini sia privati che pubblici come le scuole o il comune. Soprattutto gli edifici pubblici permetterebbero di avere consumi più allineati alla produzione dell'impianto in quanto utilizzati principalmente nelle ore centrali della giornata. Tuttavia, questi scenari non sono oggetto di analisi. I valori



calcolati precedentemente dal software, si basano sulle equazioni 1, 2 e 3 riportate nel seguito.

Si noti, infine, che nella figura 40 sono presenti due curve che descrivono l'autoconsumo e due che descrivono l'autosufficienza, ma il dato è preso esclusivamente sulle curve tratteggiate. Questo è dovuto alla presenza del sistema di accumulo. Infatti, le curve non tratteggiate descrivono una situazione in cui è assente questo sistema, diversamente dalle curve tratteggiate che, invece, considerano la presenza delle batterie.

In ultima analisi, la figura 40 evidenzia come una diminuzione della taglia dell'impianto avrebbe portato ad un maggior autoconsumo a scapito dell'autosufficienza. Questo accade perché avendo meno energia prodotta, questa meno frequentemente viene immessa in rete. In compenso, però, sarà richiesto un maggior prelievo di energia elettrica dalla rete in modo da coprire tutti i consumi. La situazione sarebbe opposta aumentando la taglia dell'impianto.

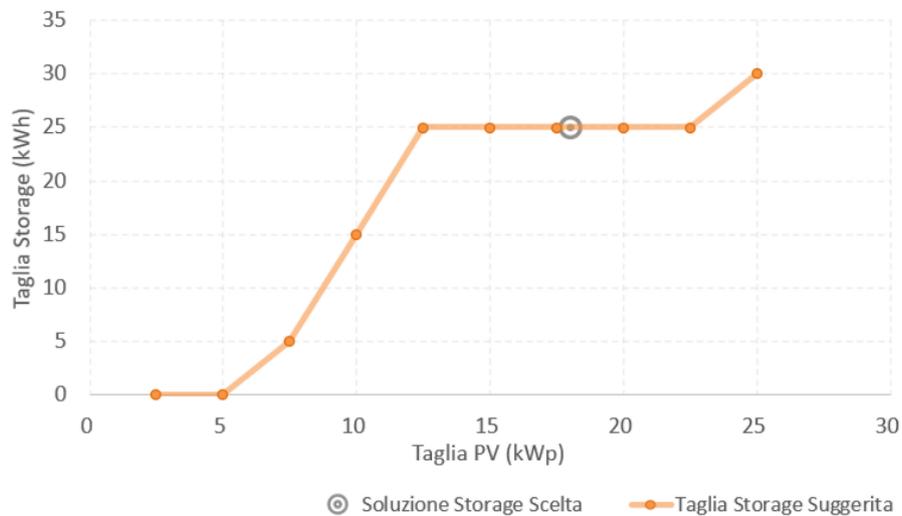
Di seguito, si riportano delle formule utili per il calcolo degli indicatori precedenti:

- %Autosufficienza globale = 
$$\frac{EN.CONDIVISA+EN.AUTOCONSUMATA}{DOMANDA} \quad [1]$$

- %Autoconsumo globale = 
$$\frac{EN.AUTOCONSUMATA+EN.CONDIVISA}{EN.PRODOTTA} \quad [2]$$

- %Autoconsumo fisico = 
$$\frac{EN.AUTOCONSUMATA}{EN.PRODOTTA} \quad [3]$$

Proseguendo l'analisi energetica, ora è possibile determinare la taglia del sistema di accumulo che permette di incrementare la quota di energia condivisa. Pertanto, viene riportato il grafico alla base del dimensionamento.



*Figura 41 - Dimensionamento batterie di accumulo*

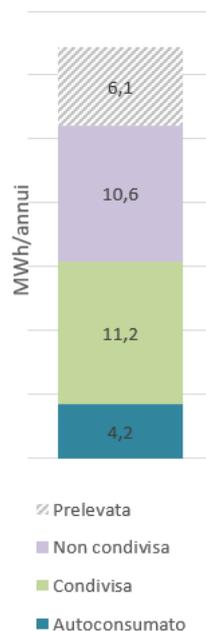
Come emerge dall'immagine, la dimensione ottimale dello storage per un impianto di 18,24 kWp è pari a 25 kWh. Concludendo l'analisi energetica, si riportano ancora dei dati utili e che saranno alla base dei calcoli economici:

- Energia prelevata. Si tratta dell'energia che viene prelevata dalla rete senza far parte dell'energia condivisa. Questa quota, quindi, non deriva dall'impianto del GAC ma da altri impianti di produzione. Di conseguenza, essa rappresenta i consumi dell'edificio che sono sopperiti dalla rete. L'energia prelevata risulta essere pari a  $6137 \frac{kWh}{a}$ .
- Energia condivisa, ovvero il minimo tra l'energia immessa e quella prelevata all'interno di un ora. Essa risulta essere pari a  $11230 \frac{kWh}{a}$ .
- Energia non condivisa, ovvero l'energia prodotta e immessa in rete. Essa, comunque, rappresenta un utile dal punto di vista economico in quanto venduta alla rete con il sistema del Ritiro Dedicato. Essa risulta essere pari a  $10635 \frac{kWh}{a}$ .
- Energia autoconsumata. Si tratta dell'energia prodotta e consumata dai carichi direttamente connessi all'impianto FV del gruppo senza che questa venga mai immessa in rete. Essa risulta essere pari a  $4214 \frac{kWh}{a}$ .



**Politecnico  
di Torino**

Come si vede, l'edificio tende a valorizzare anche l'energia condivisa oltre all'autoconsumo. La situazione risulta ancora più chiara nella figura seguente.



*Figura 42 - Indicatori energetici*

Si conclude il paragrafo riportando le formule per trovare altre grandezze utili e che si basano su quelle appena descritte. Tra queste grandezze abbiamo:

- Domanda di energia = En. condivisa + En. autoconsumata + En. prelevata. [4]
- Energia prodotta = En. condivisa + En. autoconsumata + EN. Non condivisa. [5]

Utilizzando le formule precedenti, la domanda di energia risulta essere pari a  $21.581 \frac{kWh}{a}$  (si noti la poca distanza dai consumi energetici impostati inizialmente), mentre quella prodotta a  $26.079 \frac{kWh}{a}$ .

Nel prossimo paragrafo, partendo dai risultati appena descritti, verrà svolta l'analisi riguardo la fattibilità economica della creazione di un GAC per il condominio in esame.



### **4.3.2 Analisi economica**

Una volta studiati i benefici, a livello energetico, della creazione di un GAC, possiamo svolgere le analisi economiche. Per farlo, vengono confrontati quattro diversi scenari alla cui base vi è l'installazione dell'impianto fotovoltaico con relative batterie di accumulo descritte precedentemente. Di seguito viene fatta una breve descrizione delle diverse casistiche proposte:

1. Il primo scenario è quello di riferimento ovvero quello descritto finora e che analizza il caso in cui, a seguito dello sfruttamento del Superbonus 110%, viene creato un GAC. Questo scenario viene confrontato con le altre tre possibile casistiche per valutare se sia quello migliore per un edificio come quello in esame, al fine di ridurre la dipendenza dalla rete elettrica.
2. Il secondo scenario è lo stesso del precedente con un'unica differenza; qui, infatti, si considera anche l'installazione degli smart meter e di un software utile per la visualizzazione dei flussi e la gestione del GAC. Quest'ultimo, quindi, serve a dare evidenza agli utenti di come si stanno comportando energeticamente ed eventualmente per ripartire i profitti. Questo caso, quindi, permette di avere un impianto tecnologicamente più avanzato che potrà inserirsi adeguatamente nei modelli di gestione della rete elettrica del futuro, in quanto permette una contabilizzazione più precisa della produzione e dei consumi e anche una miglior ripartizione dei guadagni tra i condomini.
3. Nel terzo scenario, invece, si analizza cosa succederebbe se, a seguito degli interventi basati sul Superbonus 110%, i condòmini avessero sfruttato esclusivamente il meccanismo del Ritiro Dedicato senza accedere ai costi ed ai guadagni determinati dalla creazione di un Gruppo di Autoconsumatori Collettivi.
4. Infine, il quarto ed ultimo scenario si concentra sul caso in cui si fosse creata una comunità energetica senza però avere il contestuale utilizzo del Superbonus 110%. In questo caso, quindi, aumenta l'investimento iniziale in quanto si potrà sfruttare solamente una detrazione pari al 50% per l'installazione dell'impianto fotovoltaico e delle batterie di accumulo elettrico. In compenso, in questo scenario,



**Politecnico  
di Torino**

aumentano i flussi di cassa annuali grazie all'ottenimento della tariffa MISE sull'energia condivisa pari a  $100 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ .

Prima di mostrare i risultati ottenuti, sarà descritta la metodologia di calcolo e le voci utilizzate nella determinazione dei flussi di cassa. Si sottolinea che questo è un primo dimensionamento di massima e che il modello potrebbe essere ulteriormente affinato.

Come detto precedentemente, alla base di questa analisi vi sono i risultati dell'analisi energetica che riporto nuovamente di seguito. Inoltre, alla base dei conti vi sono delle previsioni del PUN per i prossimi 20 anni interne alla società CVA S.p.A.

INPUT		
Energia prelevata	6.137	kwh/a
Energia non condivisa	10.635	kwh/a
Energia condivisa	11.230	kwh/a
Energia autoconsumata	4.214	kwh/a
Energia consumata	21.759	kwh/a
Energia prodotta	26.079	kwh/a
Energia immessa	21.865	kwh/a

*Figura 43 - Input analisi economica*

Sottolineo che gli input sono considerati costanti nei vent'anni di durata dell'incentivo non potendo fare previsioni a più lungo termine. Tuttavia, è lecito pensare che i consumi, e soprattutto, gli autoconsumi degli utenti finali varieranno nel tempo.

A questo punto è possibile calcolare le varie voci che compongono i flussi di cassa annuali e l'investimento iniziale. In particolare, quest'ultimo si compone delle seguenti voci:



- Acquisto smart meter. Questa voce è presente solamente nello scenario 2 ed ha un valore di 200 € per ogni POD coinvolto, arrivando quindi a 800 €.
- Acquisto piattaforma/software di gestione dal costo di 2500 €. Anche questa voce è presente solo nel secondo scenario.
- Eccedenze derivanti dal Superbonus 110%. Questa voce è presente negli scenari 1, 2 e 3 e, come si può desumere dalle analisi del capitolo precedente, ha un valore di 2017,22 €.
- Costi sostenuti per l'acquisto/installazione dell'impianto. Questa voce è presente, per il cliente, esclusivamente nel quarto scenario dove ha un peso pari a 33.390,56 €.

A questo punto, possiamo descrivere i costi presenti nei flussi di cassa annuali. Laddove non detto diversamente, queste voci vanno considerate di valore costante e presenti ogni anno.

- Costi amministrativi del GSE pari a 46 €. Essi sono presenti negli scenari 1, 2 e 4.
- Costi amministrativi per il Ritiro Dedicato. Essi hanno un valore pari a 12,77 € e sono presenti in tutti e quattro gli scenari.
- Costi di gestione di smart meter e software. Essi sono pari a 200 € e sono presenti esclusivamente nello scenario 2.
- Manutenzione ordinaria per pannelli e storage pari a 581 €. La voce è presente in ogni scenario.
- Manutenzione straordinaria. Presente ogni cinque anni e pari all'1% del costo di installazione dell'intero impianto. La voce è presente in tutte le casistiche.
- Acquisto di ricambi per le batterie. Questa voce è presente solamente al decimo anno e in tutti i casi studiati.
- Altri costi imprevisti, pari all'1% delle voci sopra descritte.

Per quanto riguarda invece i guadagni componenti i flussi di cassa, annualmente ed in ogni scenario, abbiamo:



- Guadagno dalla condivisione dell'energia il cui valore dipende dalla somma tra le quote MISE (presente solo nello scenario 4) ed ARERA moltiplicata per l'energia condivisa.
- Guadagno dalla quota immessa. Il suo valore dipende dal meccanismo del Ritiro Dedicato sull'energia immessa in rete.
- Risparmio derivante dall'autoconsumo. Esso ha un valore pari all'energia autoconsumata per il PUN di quell'anno.

Tra i guadagni non compare l'eventuale credito di imposta generato con il Superbonus 110% in quanto, secondo lo schema descritto nel capitolo precedente, esso viene totalmente ceduto al General Contractor.

Una volta calcolati l'investimento iniziale ed i flussi di cassa annuali, questi sono stati attualizzati portando ai risultati descritti con la figura seguente. I risultati principali che riporto sono: investimento iniziale, VAN a 20 anni e, infine, il Pay Back Time (PBT).

	INVESTIMENTO INIZIALE	VAN A 20 ANNI	PBT
CASO 1 (riferimento)	- 2.017,22 €	44.276,51 €	1
CASO 2	- 5.647,22 €	36.600,85 €	1
CASO 3	- 2.017,22 €	45.198,75 €	1
CASO 4	- 33.390,56 €	37.626,66 €	5

*Figura 44 - Risultati economici*

Analizzando i risultati, si vede immediatamente come i casi economicamente meno convenienti siano il secondo ed il quarto. Per quanto riguarda il secondo caso è bene sottolineare che esso è il più sfavorevole in quanto presenta un maggior numero di costi che, però, in futuro potrebbero equivalere all'avere un impianto più performante e che permetterebbe di fornire più informazioni agli utenti che lo utilizzano.

Per quanto riguarda, invece, il quarto scenario, esso è meno favorevole del primo e del terzo ma parte da un investimento iniziale ben più elevato e mantiene comunque un

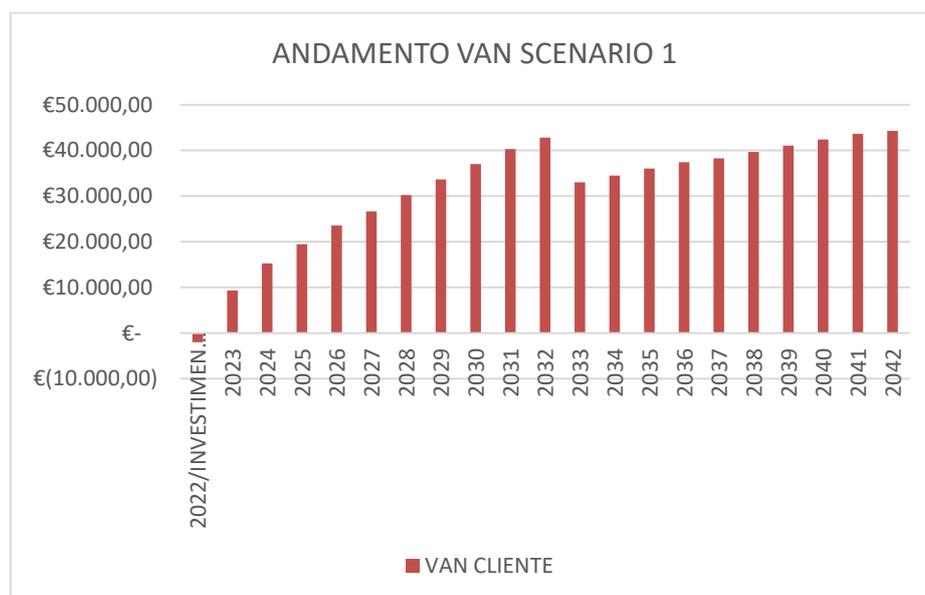


**Politecnico  
di Torino**

buon PBT. Pertanto, esso sottolinea come la creazione di un GAC sia in ogni caso una scelta favorevole.

Invece, il terzo scenario, nel quale si sfruttano solamente il Ritiro Dedicato e il Superbonus 110%, risulta essere il più favorevole. Tuttavia, i risultati di questo scenario sono perfettamente comparabili al caso di riferimento da cui, infatti, non si discostano di molto. Inoltre, guardando anche al valore dell'investimento iniziale e del PBT, questi due casi sono decisamente quelli più convenienti e, pertanto, quelli consigliabili.

Di seguito, riporto l'andamento dei flussi di cassa per i quattro scenari.

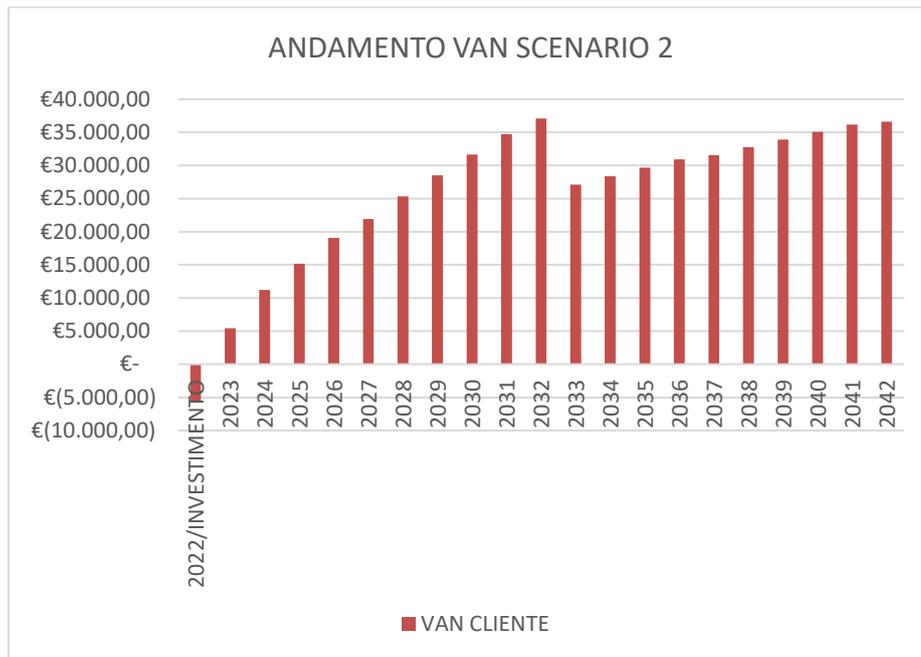


*Figura 45 - Andamento VAN nello scenario 1*

In questo scenario, si noti come l'unico anno con un VAN negativo sia il primo, a causa delle eccedenze da pagare per gli interventi legati al Superbonus 110%. In seguito, il VAN aumenta sempre, eccetto al decimo anno, a causa della sostituzione delle batterie di accumulo.



Politecnico  
di Torino

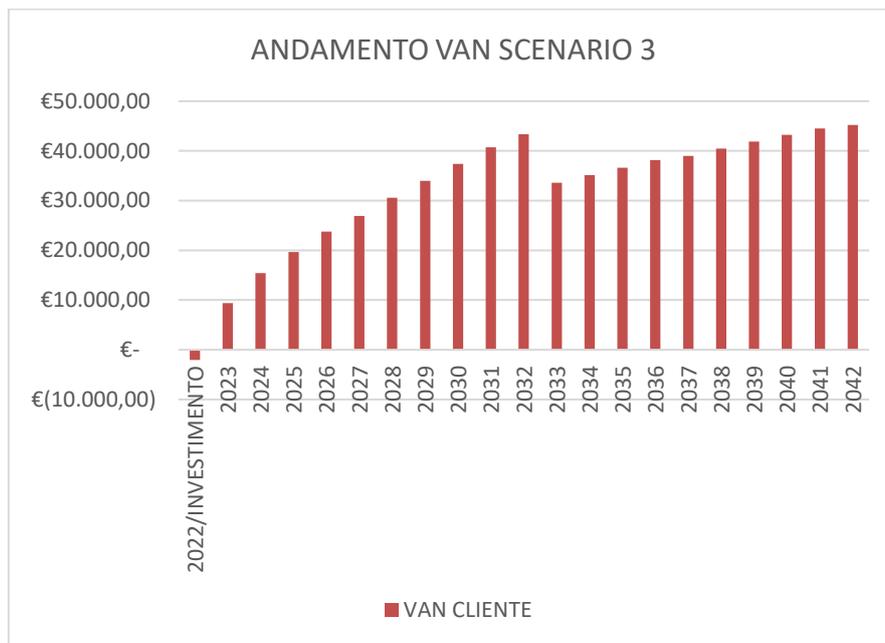


*Figura 46 - Andamento VAN nello scenario 2*

Per questo scenario valgono le stesse considerazioni precedenti con l'aggiunta di un investimento iniziale maggiore a causa della presenza del software di gestione e degli smart meter. Anche qua, ogni anno risulta portare un guadagno netto al GAC eccetto che al decimo anno a causa della sostituzione delle batterie. Tuttavia, il cambio delle batterie permette di mantenere prestazioni migliori.



**Politecnico  
di Torino**



*Figura 47 - Andamento VAN nello scenario 3*

Anche per questo scenario sono validi i commenti fatti per il primo. Si noti che in questi tre primi scenari, la sostituzione delle batterie influenza molto il valore del VAN a 20 anni, tanto che questo non si discosta molto da quello presente prima della sostituzione.

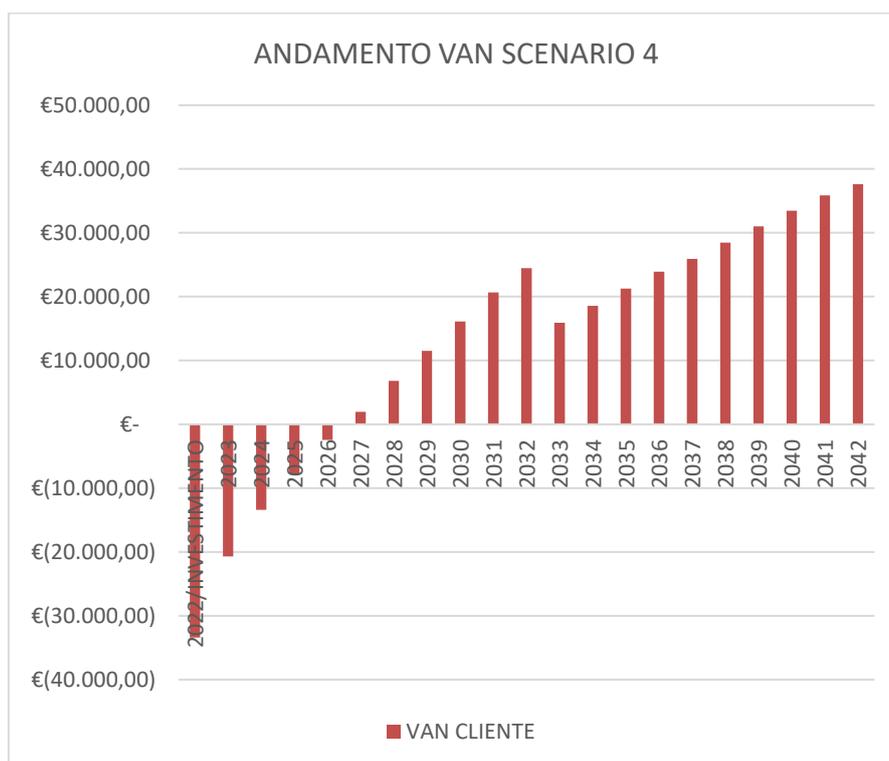


Figura 48 - Andamento VAN nello scenario 4

Diversamente dagli altri casi, in questo il VAN è negativo per più tempo ed è presente un investimento iniziale decisamente più marcato. La situazione si spiega ricordando che, in questo scenario, non viene sfruttata la detrazione al 110% del Superbonus. Inoltre, questo scenario è quello in cui la sostituzione delle batterie influenza meno il valore finale del VAN dopo 20 anni. Infatti, il VAN a 20 anni supera di molto il valore antecedente alla sostituzione. Questa situazione si spiega facilmente ricordando che, in questo scenario, all'interno dei flussi di cassa è presente anche la quota incentivante derivante dalla tariffa MISE. La differenza con gli altri scenari è ancora più chiara confrontando, nelle quattro immagini precedenti, i valori del VAN prima della sostituzione e quello alla fine dei 20 anni.

Tornando ora agli scenari 1 e 3, dal punto di vista economico risulta convenire, seppur di poco, il terzo scenario; quello in cui si sfrutta solamente il meccanismo del Ritiro



**Politecnico  
di Torino**

Dedicato. Tuttavia, questo succede principalmente perché per l'edificio in esame, essendoci pochi utenti aggregati e tutti dello stesso tipo (domestici), la quota condivisa e non condivisa sono comparabili. Quindi, per condomini di dimensioni maggiori, situazione solitamente tipica in ambito residenziale nelle città italiane e dove sono presenti anche utenti non domestici, è lecito ipotizzare che la creazione di un GAC possa risultare più conveniente.

Inoltre, un'altra motivazione a favore della scelta del meccanismo dell'autoconsumo risulta evidente nell'ottica della transizione energetica in corso. Infatti, secondo le previsioni, essa porterà ad un futuro molto più elettrificato e con un maggior numero di prosumer. Perciò, è evidente come, in questo scenario, la creazione di un GAC, o addirittura di una CER, risulti molto più conveniente perché permette all'utente finale di andare incontro a questi cambiamenti con una maggior sicurezza. In definitiva, possiamo quindi dire che la creazione di un GAC risulta essere una scelta più efficace rispetto al meccanismo del Ritiro Dedicato guardando agli scenari futuri del sistema energetico italiano ed europeo.

Infine, unendosi in un GAC o in una CER, i cittadini e le imprese potranno collaborare per aumentare la produzione e i consumi locali di energia riducendo gli impatti sulla rete, e favorendo una produzione più vicina al consumo e spostata drasticamente verso l'utilizzo di FER. In questo modo, a livello nazionale, le emissioni di gas serra potranno essere ridotte contrastando i cambiamenti climatici.

Per concludere, viste le motivazioni portate precedentemente, lo scenario più efficace e con maggior potenziale sembra essere lo scenario 1. Ricordiamo che questo è lo scenario in cui viene creato un Gruppo di Autoconsumatori Collettivo in seguito all'installazione di un impianto fotovoltaico con relative batterie di accumulo, grazie all'incentivo del Superbonus 110%.



**Politecnico  
di Torino**

## **Conclusioni**

In questa sezione si intende riepilogare brevemente gli aspetti più interessanti dei risultati ottenuti.

Prima di iniziare, ricordo che l'elaborato è suddiviso in due filoni principali. Nel primo dei due sono state analizzate la fattibilità e l'utilità di un intervento di efficientamento energetico su un edificio residenziale grazie allo sfruttamento del Superbonus 110%. Nel secondo, è stata valutata l'ipotesi di creazione di un Gruppo di Autoconsumatori Collettivi (GAC) a seguito degli interventi descritti nella prima parte.

Entrambe le analisi si soffermano sia sull'aspetto energetico che su quello economico per valutare se i benefici energetici ottenuti dall'efficientamento dell'edificio in analisi portano ad altrettanti benefici economici.

Analizzando i risultati della prima parte è emerso che, partendo da una situazione inadeguata dal punto di vista energetico, normativo e del comfort, è stato possibile adeguare le prestazioni del fabbricato con degli interventi relativamente semplici. Nel dettaglio, grazie al maggior isolamento dell'involucro (sia nella parte dei componenti opachi che di quelli trasparenti), all'installazione di un nuovo impianto termico e all'installazione di un impianto fotovoltaico con relative batterie di accumulo è stato possibile portare le prestazioni del caso studio dalla classe energetica E a quella più alta di A4. Inoltre, per aumentare l'elettrificazione dell'edificio, sono state previste alcune colonnine di ricarica per gli autoveicoli elettrici, mentre l'impianto termico, ora centralizzato, è composto da tre pompe di calore di tipo aria-acqua.

Dal punto di vista economico, avendo usufruito del Superbonus 110%, pur avendo un valore totale dei lavori pari a 326.358,66 €, l'eccedenza complessiva a carico dei committenti ha raggiunto solamente i 2911.45 €. La diminuzione significativa degli importi a carico dei clienti finali ha reso decisamente appetibili gli interventi di efficientamento proposti anche dal punto di vista economico. Si sottolinea, però, che un cantiere come quello in esame potrebbe richiedere anche degli interventi aggiuntivi, che non hanno



**Politecnico  
di Torino**

accesso a tale bonus, e che porterebbero ad eccedenze maggiori. Tuttavia, questo scenario non è oggetto di esame.

Infine, nella seconda parte, è stata valutata la convenienza economica ed energetica della creazione di un GAC contestualmente alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico citato nella prima parte. Dal punto di vista energetico, i risultati hanno evidenziato come, montando un impianto da 18,24 kW, sia stato possibile raggiungere autosufficienze ed autoconsumi globali di valore superiori al 70%.

Anche dal punto di vista economico i risultati sono stati decisamente positivi. Infatti, lo scenario prospettato ha portato ad un guadagno per il GAC, dopo 20 anni di utilizzo, pari a 44.276,51 €. Inoltre, lo scenario proposto è stato confrontato con altri tre, tra cui uno in cui non veniva creato il GAC ma si sfruttava esclusivamente il Ritiro Dedicato. Seppur quest'ultimo sia risultato lo scenario più conveniente dal punto di vista economico, lo scenario di riferimento ha un rendimento comparabile. Tuttavia, come esplicitato nel capitolo 4, quello di riferimento risulta essere lo scenario migliore pensando all'evoluzione futura della rete elettrica nazionale e agli obiettivi internazionali di decarbonizzazione e lotta alla povertà energetica.

Concludendo, è lecito affermare che, grazie al Superbonus 110% e all'incentivo sull'autoconsumo dell'energia, è possibile efficientare in maniera più che soddisfacente un edificio residenziale andando incontro a pochi costi iniziali e ottenendo grandi guadagni sia dal punto di vista economico che energetico.



**Politecnico  
di Torino**

## Sitografia

Breve storia della normativa sull'efficienza energetica degli edifici - Teknoring,  
<https://www.teknoring.com/news/efficienza-energetica/breve-storia-della-normativa-sullefficienza-energetica-degli-edifici/>

Superbonus 110%, cos'è? | [www.governo.it, https://www.governo.it/it/articolo/superbonus-110-case-pi-efficienti-e-sicure-costo-zero/15948](https://www.governo.it/it/articolo/superbonus-110-case-pi-efficienti-e-sicure-costo-zero/15948)

Normativa energetica del settore edilizio: come si è evoluta,  
<https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/storia-normativa-energetica-settore-edilizio/>

Le detrazioni fiscali per l'efficienza energetica e l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia negli edifici esistenti - Rapporto Annuale 2021 (Dati 2020),  
<https://www.pubblicazioni.enea.it/le-pubblicazioni-enea/edizioni-enea/anno-2021/le-detrazioni-fiscali-per-l-efficienza-energetica-e-l-utilizzo-delle-fonti-rinnovabili-di-energia-negli-edifici-esistenti-rapporto-annuale-2021-dati-2020.html>

Report detrazioni 2021 - Executive Summary,  
<https://www.pubblicazioni.enea.it/component/jdownloads/?task=download.send&id=456&catid=8&m=0&Itemid=101>

Relazione termica Legge 10, <https://www.lavorincasa.it/relazione-termica-legge-10/>

LEGGE 10 /91 EX - obbligo e costi relazione energetica 2022,  
<https://www.studiomadera.it/news/71-legge10>

Analisi trimestrale del sistema energetico italiano I trimestre 2022,  
<https://www.pubblicazioni.enea.it/le-pubblicazioni-enea/analisi-trimestrale-del-sistema-energetico-italiano/fascicoli-2022/analisi-trimestrale-del-sistema-energetico-italiano-i-trimestre-2022.html>



**Politecnico  
di Torino**

Efficienza energetica | Note tematiche sull'Unione europea | Parlamento Europeo,  
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/69/efficienza-energetica#:~:text=Nel%202007%20i%20leader%20dell,%2C5%20%25%20entro%20il%20030.>

Consumi di energia primaria in ripresa: da ENEA il rapporto 2021 - BibLus-net,  
<https://biblus.acca.it/consumi-di-energia-primaria-in-ripresa-da-enea-il-rapporto-2021/>

Qualificazione del contraente generale (general contractor) | mit,  
<https://www.mit.gov.it/come-fare-per/infrastrutture/infrastrutture-strategiche/qualificazione-del-contraente-generale>

GENERAL CONTRACTOR - Studio Legale Tristano,  
<https://www.studiotristano.com/general-contractor/#:~:text=Il%20E2%80%9Ccontraente%20generale%20E2%80%9D%20o%20E2%80%9Cfinanziatore%20dell'opera%20da%20realizzare.>

Recepimento Direttiva RED II: Novità Comunità Energetiche | Maps Spa,  
<https://solutions.mapsgroup.it/recepimento-direttiva-red-ii-novita/>

Comunità energetiche ed autoconsumo: regime fiscale e questioni ancora aperte - DB,  
<https://www.dirittobancario.it/art/comunita-energetiche-ed-autoconsumo-regime-fiscale-e-questioni-ancora-aperte/>

SCIA: cos'è, quanto costa, come funziona, come si ottiene,  
[https://www.barraebarra.com/scia-come-funziona/#:~:text=La%20SCIA%20\(Segnalazione%20Certificata%20di,interna%20o%20esterna%20degli%20edifici.](https://www.barraebarra.com/scia-come-funziona/#:~:text=La%20SCIA%20(Segnalazione%20Certificata%20di,interna%20o%20esterna%20degli%20edifici.)

PRATICA EDILIZIA 2020: CILA SCIA, manutenzione ordinaria, straordinaria, ristrutturazione, permessi e costi, <https://www.studiomadera.it/attivita%3A0-edilizia-libera-manutenzione-ordinaria-e-straordinaria-pratica-cil-o-cila>



**Politecnico  
di Torino**

CILA Superbonus 110%: Cos'è e quali sono le differenze con la CILA, <https://www.pedago.it/blog/cila-superbonus-110.htm#:~:text=La%20CILA%20superbonus%20o%20semplicemente,conosciuto%20come%20%22Decreto%20Semplificazioni%22.>

PRATICA EDILIZIA 2020: CILA SCIA, manutenzione ordinaria, straordinaria, ristrutturazione, permessi e costi, <https://www.studiomadera.it/attivita%3%A0-edilizia-libera-manutenzione-ordinaria-e-straordinaria-pratica-cil-o-cila#cila>

Vademecum\_APE\_Convenzionale\_11.03.2021.pdf, [https://www.energiaenergetica.enea.it/images/detrazioni/Documenti/Vademecum\\_APE\\_Convenzionale\\_11.03.2021.pdf](https://www.energiaenergetica.enea.it/images/detrazioni/Documenti/Vademecum_APE_Convenzionale_11.03.2021.pdf)

DM-requisiti-minimi-26-06-15.pdf, <https://www.ediltecnico.it/wp-content/uploads/2020/06/DM-requisiti-minimi-26-06-15.pdf>

Qual è il costo pompa di calore (compresa installazione) - GEOTHERM, [https://www.geotherm.it/blog/costo-installazione-pompa-di-calore/#:~:text=Nel%202021%20\(confermati%20anche%20nel,distanti%20entro%205%2D7m\).](https://www.geotherm.it/blog/costo-installazione-pompa-di-calore/#:~:text=Nel%202021%20(confermati%20anche%20nel,distanti%20entro%205%2D7m).)

G.S. Colori | Fasi applicative, <https://www.gscolori.it/approfondimenti/cappotto/fasi-applicative.aspx>

Finestra doppio vetro - Finestre & Finestre Varese, <https://www.finestresozzo.it/cms/finestra-doppio-vetro>

Microsoft Word - Orange Book 14feb (comunità energetiche).docx, <https://www.rse-web.it/wp-content/uploads/2022/02/OrangeBook-22-Le-Comunita-Energetiche-in-Italia-DEF.pdf>