



## Ricerca di Sistema elettrico

Diagnosi energetica di un edificio di edilizia residenziale di proprietà pubblica di riferimento soggetto a tutela sottoposto a riqualificazione energetica nZEB, nella zona climatica del centro Italia e analisi economica degli interventi proposti

G. Piras, F. Nardecchia, F. Rosa, C. Romeo, B. De Lieto Vollaro

DIAGNOSI ENERGETICA DI UN EDIFICIO DI EDILIZIA RESIDENZIALE DI PROPRIETÀ PUBBLICA DI RIFERIMENTO SOGGETTO A TUTELA SOTTOPOSTO A RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA NZEB, NELLA ZONA CLIMATICA DEL CENTRO ITALIA E ANALISI ECONOMICA DEGLI INTERVENTI PROPOSTI

G. Piras, F. Nardecchia, F. Rosa, B. De Lieto Vollaro (Dipartimento di Ingegneria Astronautica Elettrica ed Energetica - Sapienza Università di Roma)

C. Romeo (ENEA)

Settembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA  
Piano Annuale di Realizzazione 2017

Area D: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto D.2: Studi sulla riqualificazione energetica del parco esistente di edifici pubblici mirata a conseguire il raggiungimento della definizione di edifici a energia quasi zero (nZEB)

Obiettivo a.4: Studio di un edificio edilizia residenziale pubblica di riferimento soggetto a tutela nella zona climatica del centro Italia (zona D:  $1.400 < GG \leq 2.100$ )”

Responsabile del Progetto: ing Domenico Iatauro ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione “Diagnosi energetica di un edificio di edilizia residenziale di proprietà pubblica di riferimento soggetto a tutela sottoposto a riqualificazione energetica nZEB, nella zona climatica del centro Italia e analisi economica degli interventi proposti”

Responsabile scientifico ENEA: Arch. Carlo Romeo

Responsabile scientifico D.I.A.E.E (Sapienza): Prof. Giuseppe Piras

## Indice

1	SOMMARIO .....	5
2	INTRODUZIONE ALLA RICERCA E IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO PILOTA.....	7
3	DEFINIZIONE DI NZEB (NEARLY ZERO ENERGY BUILDING, EDIFICIO AD ENERGIA QUASI ZERO) .....	9
4	IL CASO STUDIO: RESIDENZE PUBBLICHE ATER QUARTIERE SAN SABA .....	12
4.1	CARATTERIZZAZIONE DEL CASO STUDIO .....	20
4.1.1	<i>Involucro</i> .....	22
4.1.1.1	Componenti opache .....	22
4.1.1.2	M1 Muratura in mattoni pieni 50 cm .....	23
4.1.1.3	M2 Muratura in mattoni pieni 50 cm .....	24
4.1.1.4	M3 Muratura in mattoni forati 15 cm .....	25
4.1.1.5	M4 Muratura in mattoni forati 15 cm divisorio .....	26
4.1.1.6	M5 Muro perimetrale interno verso scala 50cm .....	27
4.1.1.7	P1 Pavimento controterra in cantina 25 cm .....	29
4.1.1.8	P4 Soletta piana in laterocemento 31cm.....	30
4.1.1.9	P2 Solaio copertura piana terrazzo in laterocemento 31 cm.....	31
4.1.1.10	Componenti trasparenti .....	32
4.1.1.11	W1 finestra a 2 ante .....	32
4.1.1.12	W2 finestra a 1 anta .....	34
4.1.1.13	W3 finestra a 1 anta .....	36
4.1.1.14	W4 porta finestra al piano rialzato .....	38
4.1.1.15	W5 finestra scale condominiali .....	40
4.1.2	<i>Impianti elettrici</i> .....	41
4.1.3	<i>Centrale termica</i> .....	41
4.1.4	<i>Impianti di condizionamento</i> .....	45
4.1.5	<i>Terminali di utenza</i> .....	46
4.1.6	<i>ACS</i> .....	47
5	MODELLAZIONE DELLO STATO DI FATTO.....	48
5.1	INTRODUZIONE AL PACCHETTO SOFTWARE TRNSYS .....	48
5.2	MODELLAZIONE ATTRAVERSO L'INTERFACCIA TRNBUILD.....	48
5.3	SIMULAZIONE DINAMICA CON L'INTERFACCIA SIMULATION STUDIO .....	52
6	ANALISI ENERGETICA DELLO STATO DI FATTO .....	54
6.1	CALCOLO DEI FABBISOGNI NETTI DI ENERGIA .....	54
6.2	CALCOLO DEI FABBISOGNI GLOBALI DI ENERGIA.....	56
6.3	CALIBRAZIONE DEL MODELLO ENERGETICO.....	59
7	IDENTIFICAZIONE E ANALISI ENERGETICA DEI POSSIBILI INTERVENTI DI RETROFIT E DEFINIZIONE DEI RELATIVI COSTI.....	65
7.1	INTERVENTI SUGLI IMPIANTI.....	67
7.1.1	<i>Fotovoltaico</i> .....	67
7.3	INTERVENTI SULL'INVOLUCRO .....	74
7.3.1	<i>Sostituzione infissi</i> .....	75
7.3.2	<i>Coibentazione solaio copertura</i> .....	78
	SCENARIO GLOBALE .....	83
8	ANALISI ECONOMICA DEGLI INTERVENTI .....	92
9	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	98
10	BIBLIOGRAFIA.....	99

11	NOTA SUGLI AUTORI .....	101
13	ALLEGATI .....	103
13.1	CERTIFICAZIONE ENERGETICA EDIFICIO .....	103
13.2	TABELLA RILIEVO RADIATORI .....	111

## 1 SOMMARIO

Nell'ambito della presente ricerca si è valutata la possibilità di riqualificare in nZEB (secondo le definizioni del Dl. 26 giugno 2015 sui "Requisiti minimi") un edificio di edilizia residenziale pubblica soggetto a tutela nella zona climatica del centro Italia (zona D:  $1.400 < GG \leq 2.100$ ).

L'obiettivo di questo lavoro è stato la valutazione dei fabbisogni energetici di un edificio vincolato, tenendo conto della variabilità delle condizioni climatiche e dei carichi interni, della capacità termica dell'involucro, conducendo l'analisi energetica tramite un software di simulazione dinamica (TRNSYS).

Si è dapprima individuato un caso-studio rappresentativo delle tipologie di edifici vincolati uso residenziale della PA e la definizione d'interventi di retrofit inquadrabili in una ristrutturazione importante di 1° livello, tendenti a trasformare l'edificio esistente in edificio a energia quasi zero, qualora possibile, compatibilmente con i vincoli cui l'edificio è sottoposto.

Per la trasformazione dell'edificio in nZEB si è partiti dalla conoscenza del reale comportamento e del consumo energetico del sistema, costituito dall'insieme del fabbricato e da tutti gli impianti e componenti tecnologici presenti al suo interno. Si è proceduto quindi alla raccolta dei dati relativi all'edificio selezionato, attraverso analisi del materiale documentale disponibile, sopralluoghi, colloqui col personale e monitoraggio dei consumi energetici.

Si è quindi affrontata un'analisi dello stato di fatto, realizzata attraverso una diagnosi energetica che ha consentito di costruire il bilancio in usi finali di energia, individuare eventuali cause di sprechi e gli interventi più appropriati da porre in essere per la trasformazione in nZEB dell'edificio, valutandone non solo la fattibilità tecnica, ma anche e soprattutto quella economica.

Gli interventi hanno riguardato sia l'involucro edilizio, sia gli impianti tecnici (in particolare climatizzazione invernale, climatizzazione estiva), sia la generazione efficiente di energia termica ed elettrica. Sono state proposte soluzioni tecnologiche avanzate, ma allo stesso tempo coerenti con i principi di fattibilità tecnico-economica, di compatibilità con i vincoli architettonici e paesaggistici e di replicabilità su larga scala. Le soluzioni proposte sono state orientate all'efficienza energetica, alla gestione intelligente dell'energia e allo sfruttamento delle fonti rinnovabili.

Una volta caratterizzati gli interventi di retrofit più appropriati, è stato verificato che gli stessi consentano o meno la trasformazione in edificio a energia quasi zero (nZEB), vale a dire verificchino il contemporaneo rispetto

- I. di tutti i requisiti previsti dalla lettera b), del comma 2, del paragrafo 3.3 dell'allegato 1 del Decreto Ministeriale 26 giugno 2015 "Requisiti minimi", determinati con i valori vigenti dal 01/01/2019 per gli edifici pubblici;
- II. degli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili secondo i principi minimi di cui all'allegato 3, paragrafo 1, lettera c) del Dlgs 3 marzo 2011, n. 28, incrementati del 10% (edifici pubblici).

The objective of this work was the assessment of the energy needs of a constrained building, taking into account the variability of climatic conditions and internal loads, the thermal capacity of the enclosure, conducting the energy analysis through a dynamic simulation software (TRNSYS ).

It has been first identified a case study representative of the types of buildings linked to residential use of the Public Administration and the definition of retrofit interventions in a major renovation of the 1st level, aimed at transforming the existing building into a nearly zero-energy building. whenever possible, compatibly with the constraints to which the building is subjected.

For the transformation of the building into nZEB we started from the knowledge of the real behavior and energy consumption of the system, consisting of the whole building and all the technological plants and components present inside it. Data were then collected relating to the selected building, through analysis of available documentary material, inspections, interviews with staff and monitoring of energy consumption.

An analysis of the state of affairs was therefore carried out, carried out through an energy diagnosis that made it possible to construct the budget in final uses of energy, identify possible causes of waste and the most appropriate interventions to be implemented for the transformation into nZEB of the building, evaluating not only the technical feasibility, but also and above all the economic one.

The interventions concerned both the building envelope, both the technical systems (in particular winter air conditioning, summer air conditioning, lighting), and the efficient generation of thermal and electrical energy. Advanced technological solutions have been proposed, but at the same time consistent with the principles of technical-economic feasibility, compatibility with architectural and landscape constraints and large-scale replicability. The proposed solutions have been oriented towards energy efficiency, intelligent energy management and the exploitation of renewable sources.

Once the most appropriate retrofit interventions have been characterized, it has been verified that they allow or not the transformation into a building with almost zero energy (nZEB).

## 2 Introduzione alla ricerca e identificazione dell'edificio pilota

Gli edifici storici in Italia rappresentano una componente del parco edilizio rilevante. Quelli del patrimonio residenziale pubblico presentano le stesse tipologie costruttive e tecniche edilizie di quelli privati. Sono le politiche di gestione e conduzione di tale patrimonio che spesso fanno la differenza.

Nell'ambito dell'Accordo di Programma tra il Ministero dello Sviluppo Economico ed ENEA, stipulato in data 21 dicembre 2016, è stata condotta la presente ricerca con particolare riferimento al parco edilizio residenziale pubblico vincolati.

Per l'esecuzione delle linee di attività del Piano Triennale 2015-2017 della Ricerca e Sviluppo di Interesse Generale per il Sistema Elettrico Nazionale è stato concesso uno specifico contributo finanziario.

Il presente lavoro di ricerca si riferisce al Piano Annuale di Realizzazione 2016, per quanto attiene all'Area D *"Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici"*, tema di ricerca "D.2 Edifici a energia quasi zero (nZEB)", progetto D.2.1 *"Studi sulla riqualificazione energetica del parco esistente di edifici pubblici (scuole, ospedali, uffici della PA centrale e locale) mirata a conseguire il raggiungimento della definizione di edifici a energia quasi zero (nZEB)"*, obiettivo *"Studio dell'edificio di riferimento edifici pubblici vincolati uso uffici della PA nella zona climatica Centro Italia (zona D:  $1.400 < GG \leq 2.100$ )"*.

Il tema sviluppato nell'ambito del presente accordo di collaborazione tra ENEA e Dipartimento D.I.A.E.E. della SAPIENZA Università di Roma riguarda la riqualificazione energetica di edifici vincolati uso residenziale della Pubblica Amministrazione, in applicazione del DM 26 giugno 2015 sulle nuove prescrizioni e i requisiti minimi. Nel particolare, la ricerca prevede l'individuazione di un caso-studio rappresentativo delle tipologie di edifici vincolati uso residenziale di proprietà pubblica e la definizione d'interventi di retrofit inquadabili in una ristrutturazione importante di 1° livello, tendenti a trasformare l'edificio esistente in edificio a energia quasi zero, secondo le definizioni del DM 26 giugno 2015 sui "Requisiti minimi" qualora possibile, compatibilmente con i vincoli cui l'edificio è sottoposto.

Ai fini di raggiungere gli obiettivi di miglioramento dell'efficienza energetica annuali, fissati per tutte le P.A. fino al 2020, risulta quindi importante potere effettuare interventi efficaci anche su immobili vincolati che tra l'altro sono particolarmente energivori [1-5].

L'immobile, il fabbricato 1 del Lotto 7 nel quartiere San Saba, è sito nel Comune di Roma ed è di proprietà dell'Azienda Territoriale per l'Edilizia Residenziale di Roma (ATER del Comune di Roma) che ha ereditato il patrimonio immobiliare dell'IACP di Roma (Istituto Autonomo per le Case Popolari della Provincia di Roma), sorto ai primi del '900.

Attualmente l'ATER del Comune di Roma amministra un patrimonio di circa 48000 unità immobiliari, costituito prevalentemente da alloggi destinati all'edilizia sociale. Una parte significativa del patrimonio di proprietà o in gestione dell'ATER è stata realizzata nei primi 40 anni del XX secolo.

Un'attenta analisi energetica di questa tipologia edilizia, prendendo a riferimento un caso studio di un immobile sito al centro di Roma, serve a valutare la possibilità di trasformare tali edifici in edifici a energia quasi zero, secondo la definizione del DM 26 giugno 2015 sui "Requisiti minimi" compatibilmente con i vincoli cui gli immobili sono sottoposti.

La diagnosi energetica effettuata sull'edificio ha permesso quindi di individuare le migliori tecnologie disponibili attualmente sul mercato che possano comunque essere utilizzate in un contesto architettonico di pregio in ottemperanza ai requisiti richiesti dal MIBACT e che, valutate e comparate attraverso una approfondita analisi costi benefici, permettano di avvicinarsi alle prestazioni richieste agli nZEB [6].

Tale approccio di ricerca risulta particolarmente significativo in quanto i risultati ottenuti saranno facilmente trasferibili a numerosissimi altri edifici residenziali di proprietà pubblica oggetti di vincolo architettonico, che si trovano in situazioni analoghe o peggiori e ubicati per la maggior parte nella medesima fascia climatica.

Gli interventi non riguardano l'involucro edilizio, ma gli impianti tecnici (in particolare climatizzazione invernale, climatizzazione estiva), sia la generazione efficiente di energia termica ed elettrica.

Vengono proposte soluzioni tecnologiche avanzate, ma allo stesso tempo coerenti con i principi di fattibilità tecnico-economica, di compatibilità con i vincoli architettonici e paesaggistici e di replicabilità su larga scala.

Le soluzioni proposte sono orientate all'efficienza energetica, alla gestione intelligente dell'energia e allo sfruttamento delle fonti rinnovabili.

Per la trasformazione dell'edificio in nZEB si è partiti dalla conoscenza del reale comportamento e del consumo energetico del sistema costituito dall'insieme del fabbricato e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano al suo interno. L'analisi dello stato di fatto è stata realizzata attraverso una diagnosi energetica che ha consentito di costruire il bilancio in usi finali di energia, individuare eventuali cause di sprechi e gli interventi più appropriati da porre in essere per la trasformazione in nZEB, valutandone non solo la fattibilità tecnica, ma anche e soprattutto quella economica.

La diagnosi energetica ha consentito di individuare le migliori tecnologie disponibili attualmente sul mercato che possano comunque essere utilizzate in un contesto architettonico di pregio in ottemperanza ai requisiti richiesti dal MIBACT.

L'analisi energetica si è basata sui vari indicatori, anche disaggregati per servizio e per vettore energetico.

L'analisi economica [7] comprenderà il calcolo di vari indicatori: tempo di ritorno, costo totale, VAN, indice di profitto. Per quest'ultima analisi sarà previsto l'utilizzo della routine di calcolo "Analisi economica" del software SEAS 3.0 (acronimo di Software Energetico per Audit Semplificati), nato nel precedente PAR da una collaborazione tra ENEA e DESTEC dell'Università di Pisa [8].

Una volta caratterizzati gli interventi di retrofit più appropriati andrà verificato che gli stessi consentano la trasformazione in edificio a energia quasi zero (nZEB), vale a dire verificchino il contemporaneo rispetto

- i. di tutti i requisiti previsti dalla lettera b), del comma 2, del paragrafo 3.3 dell'allegato 1 del Decreto Ministeriale 26 giugno 2015 "Requisiti minimi";
- ii. degli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili secondo i principi minimi di cui all'allegato 3, paragrafo 1, lettera c) del Dlgs 3 marzo 2011, n. 28.

La diagnosi energetica è stata realizzata secondo la metodologia prevista dalla principale normativa tecnica di riferimento (UNI CEI EN 16247 parte 1,2,3 e UNI CEI/TR 11428) con software commerciale EDILCLIMA e quindi ha previsto la costruzione di modelli energetici i cui risultati dovranno convergere con le prestazioni derivanti dai dati di consumo effettivo, così come riportato nello schema proposto (UNI CEI/TR 11428 - figura 1).

Il lavoro è stato strutturato nelle seguenti fasi:

- a. Attività preliminari
  - i. Individuazione del caso studio rappresentativo per gli edifici di proprietà pubblica ad uso residenziale
- b. Analisi dello stato di fatto
  - i. Caratterizzazione del caso studio
  - ii. Modellazione dello stato di fatto
  - iii. Calibrazione Modello con storico dei consumi reali
  - iv. Analisi energetica ed economica dello stato di fatto
- c. Analisi degli interventi di retrofit
  - i. Individuazione degli interventi di retrofit per il raggiungimento della classe nZEB
  - ii. Definizione dei costi degli interventi di retrofit
  - iii. Modellazione degli interventi di retrofit
  - iv. Analisi energetica ed economica degli interventi di retrofit
  - v. Analisi di sensibilità ai parametri economici

Sono state messe in evidenza eventuali criticità riguardanti la fattibilità tecnico-economica degli interventi per il raggiungimento della classe nZEB come riportato in seguito.

La valutazione dei fabbisogni energetici per il servizio di raffrescamento è stata eseguita tramite il software di simulazione dinamica TRNSys 18.0.



### 3 Definizione di nZEB (nearly Zero Energy Building, Edificio ad energia quasi zero)

Gli edifici "ad energia quasi zero" (near zero energy buildings nZEB) sono edifici che consumano pochissima energia ed hanno elevate prestazioni per il loro funzionamento standard [9]. La dicitura "energia zero" deriva da una specifica Direttiva europea, seguita in Italia dal D.Lgs. 192/2005 [10–19].

Gli edifici nZEB sono quindi edifici ad altissima prestazione energetica per i quali sono minimi i consumi legati al riscaldamento, al raffrescamento, alla ventilazione, all'illuminazione e alla produzione di acqua calda sanitaria. Per raggiungere tale classe di efficienza, tali edifici devono necessariamente utilizzare energia da fonti rinnovabili, avere elementi passivi di riscaldamento e raffrescamento, sistemi di ombreggiamento. Inoltre, deve essere garantito per questa tipologia di edifici un'adeguata qualità dell'aria interna e un'adeguata illuminazione naturale [10,20–22].

Con l'emanazione della direttiva 2010/31/UE (la nuova EPBD – Energy Performance Building Directive), dispone che, a partire dal 31 dicembre 2020, tutti i nuovi edifici dovranno essere costruiti con caratteristiche nZEB [23]. Purtroppo, viene lasciata ai singoli Paesi membri l'identificazione di tali caratteristiche. Ed è per questo che ogni Paese europeo ha recepito la direttiva in base alle proprie specifiche esigenze e delle situazioni locali.

L'Italia si è mossa verso il recepimento di tali direttive introducendo i Decreti attuativi, introdotti dal D.L. n. 63/2013, emanati il 26 giugno 2015 ed entrati in vigore il 1 ottobre 2015 (fatta eccezione per il terzo decreto, contenente i modelli della relazione ex. L. n. 10/91, entrato in vigore il 16 luglio 2015), hanno completato il recepimento della Direttiva Europea, definendo parametri e coefficienti di riferimento, valori limite da rispettare e modalità di calcolo.

Inoltre tale D.Lgs. ha introdotto, a partire dal 1 gennaio 2019, l'obbligo di essere "edifici ad energia quasi zero" per tutti gli edifici di nuova costruzione occupati da pubbliche amministrazioni e di proprietà di queste ultime, compresi gli edifici scolastici. Gli obblighi normativi impongono in particolare che l'edificio in oggetto sia messo a confronto con un edificio "di riferimento", vale a dire un edificio identico in termini di geometria, orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno, ma avente caratteristiche termiche e parametri energetici prestabiliti.

L'edificio di riferimento si considera dotato di sistemi di generazione per i servizi energetici di riscaldamento invernale, condizionamento estivo e produzione acqua calda sanitaria della stessa tipologia di quelli presenti nell'edificio reale. Noto dunque l'edificio di riferimento, come indicato nell'Allegato 1, paragrafo 3.4, negli "Edifici ad energia quasi zero", devono essere rispettati tutti i requisiti riportati all'allegato 1, paragrafo 3.3, comma 2, lettera b), che prevedono due distinte modalità di verifica:

- Alcuni parametri ( $H'_T$  e  $A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$ ) devono risultare inferiori rispetto ad un valore limite prefissato e riportato in forma tabellare nell'Appendice A (Tabelle 10 e 11);
- Altri requisiti (relativi alle efficienze degli impianti presenti ed agli indici di prestazione energetica) devono risultare inferiori ai valori dei corrispondenti indici dell'edificio di riferimento, per il quale i parametri energetici, le caratteristiche termiche e di generazione, come già descritto, sono quelli riferiti alla scadenza del 1 gennaio 2019 per gli edifici pubblici o a uso pubblico (e validi dal 1 gennaio 2021 per tutti gli altri edifici).

**Tabella 1 :Efficienze medie dei sottosistemi di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per i servizi di H, C, W e la produzione di energia elettrica in situ (Tabella n. 8, Appendice A, D.I. requisiti Minimi)**

SOTTOSISTEMI DI GENERAZIONE	PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA			PRODUZIONE DI ENERGIA IN SITU
	H	C	W	
Generatore a combustione liquido	0.82	-	0.80	-
Generatore a combustione gassoso	0.95	-	0.85	-
Generatore a combustione solido	0.72	-	0.70	-
Generatore a biomassa solida	0.72	-	0.65	-
Generatore a biomassa liquida	0.82	-	0.75	-
Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico	3.00	(*)	2.50	-
Macchina frigorifera a compressione di vapore con motore elettrico	-	2.50	-	-
Pompa di calore ad assorbimento	1.20	(*)	1.10	-
Macchina frigorifera a fiamma indiretta	-	0.60* $\eta_{gen}$ (**)	-	-
Macchina frigorifera a fiamma diretta	-	0.60	-	-
Pompa di calore a compressione di vapore a motore endotermico	1.15	1.00	1.05	-
Cogeneratore	0.55	-	0.55	0.25
Riscaldamento con resistenza elettrica	1.00	-	-	-
Teleriscaldamento	0.97	-	-	-
Teleraffrescamento	-	0.97	-	-
Solare termico	0.3	-	0.3	-
Solare fotovoltaico	-	-	-	0.1
Mini-eolico e mini-idroelettrico	-	-	-	(**)

NOTA: per i combustibili tutti i dati fanno riferimento al potere calorifico inferiore.  
 (\*) Per pompe di calore che prevedono la funzione di raffrescamento si considera lo stesso valore delle macchine frigorifere della stessa tipologia.  
 (\*\*) Si assume l'efficienza media del sistema installato nell'edificio reale.

I parametri da rispettare per il caso studio sono stati quindi ricavati dalle tabelle del D.I. Requisiti Minimi o calcolati con il calcolo dell'edificio di riferimento, modellato con i valori limite obbligatori al 1 gennaio 2019 per gli edifici pubblici. Tali parametri sono riassunti nella tabella sottostante:

**Tabella 2 Valori limite da rispettare.**

Efficienza, parametro, indice di prestazione	U.M.	Valore limite	Rif. normativo
$H'_T$	W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,53	Tabella 10, appendice A –D.I. Requisiti Minimi
$A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$	-	≤ 0,040	Tabella 11, Appendice A –D.I. Requisiti Minimi
$EP_{H,nd}$	kWh/m <sup>2</sup>	≤ $EP_{H,nd}$ , edificio di riferimento 2019/2021	Punto b), comma 2, par. 3.3, Appendice A, D.I. Requisiti Minimi
$\eta_H$	-	≥ $\eta_H$ edificio di riferimento 2019/2021	Punto b), comma 2, par. 3.3, Appendice A, D.I. Requisiti Minimi
$EP_H$	kWh/m <sup>2</sup>	Verifica non prevista	
$EP_{W,nd}$	kWh/m <sup>2</sup>	≤ $EP_{W,nd}$ , edificio di riferimento 2019/2021	Punto b), comma 2, par. 3.3, Appendice A, D.I. Requisiti Minimi
$\eta_W$	-	≥ $\eta_W$ edificio di riferimento 2019/2021	Punto b), comma 2, par. 3.3, Appendice A, D.I. Requisiti Minimi
$EP_W$	kWh/m <sup>2</sup>	Verifica non prevista	
$EP_V$	kWh/m <sup>2</sup>	Verifica non prevista	
$EP_{C,nd}$	kWh/m <sup>2</sup>	≤ $EP_{C,nd}$ , edificio di riferimento 2019/2021	Punto b), comma 2, par. 3.3, Appendice A, D.I. Requisiti Minimi
$\eta_C$	-	≥ $\eta_C$ edificio di riferimento 2019/2021	Punto b), comma 2, par. 3.3, Appendice A, D.I. Requisiti Minimi
$EP_C$	kWh/m <sup>2</sup>	Verifica non prevista	
$EP_L$	kWh/m <sup>2</sup>	Verifica non prevista	
$EP_T$	kWh/m <sup>2</sup>	Verifica non prevista	
$EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_C + EP_V + EP_L + EP_T$	kWh/m <sup>2</sup>	≤ $EP_g$ edificio di riferimento 2019/2021	Punto b), comma 2, par. 3.3, Appendice A, D.I. Requisiti Minimi

Inoltre, Il D.I. Requisiti Minimi impone agli edifici ad energia quasi zero la percentuale più gravosa di copertura del fabbisogno energetico con fonte rinnovabile, almeno pari al 50% (55% per edifici pubblici), prevista per i casi in cui la richiesta del pertinente titolo edilizio sia rilasciata dal 1° gennaio 2017. Si osserva però che tale copertura è relativa esclusivamente ai fabbisogni di riscaldamento, raffrescamento e produzione di ACS, mentre è completamente trascurato il contributo dovuto all'illuminazione, sebbene esso incida sul valore complessivo della prestazione energetica globale; sono trascurati anche altri servizi energetici: ventilazione, trasporto di cose o persone.

I limiti da verificare per un "edificio ad energia quasi zero", sono riportati nella seguente tabella seguente:

**Tabella 3 Applicazione del D.Lgs. n. 28/2011, parametri limite da rispettare per edifici nZEB.**

Efficienza, parametro, indice di prestazione	U.M.	Valore limite da rispettare	Rif. Normativo
Copertura del fabbisogno energetico con fonti rinnovabili (riscaldamento + condizionamento + ACS)	%	≥ 55	D. Lgs. n. 28/2011, Allegato 3, comma 1, lettera c) e comma 6
Copertura del fabbisogno energetico con fonti rinnovabili (riferito alla sola produzione di ACS)	%	≥ 55	D. Lgs. n. 28/2011, Allegato 3, comma 1, lettera c) e comma 6
Potenza elettrica di impianti alimentati da fonti rinnovabili	kWe	≥ P * (1/k)*S	D. Lgs. n. 28/2011, Allegato 3, comma 3, lettera c)



## 4 Il caso studio: residenze pubbliche ATER quartiere San Saba

Il quartiere San Saba di Roma costituisce uno dei primi interventi rappresentativi della politica di decentramento residenziale promossa dall'I.C.P., Istituto Case Popolari di Roma. Il quartiere, infatti, costruito tra il 1906 e il 1923 su progetto di Quadrio Pirani e Giovanni Bellucci [24], rappresenta il primo intervento organico dell'I.C.P., destinato ad ospitare gli operai della zona industriale a sud di Roma.

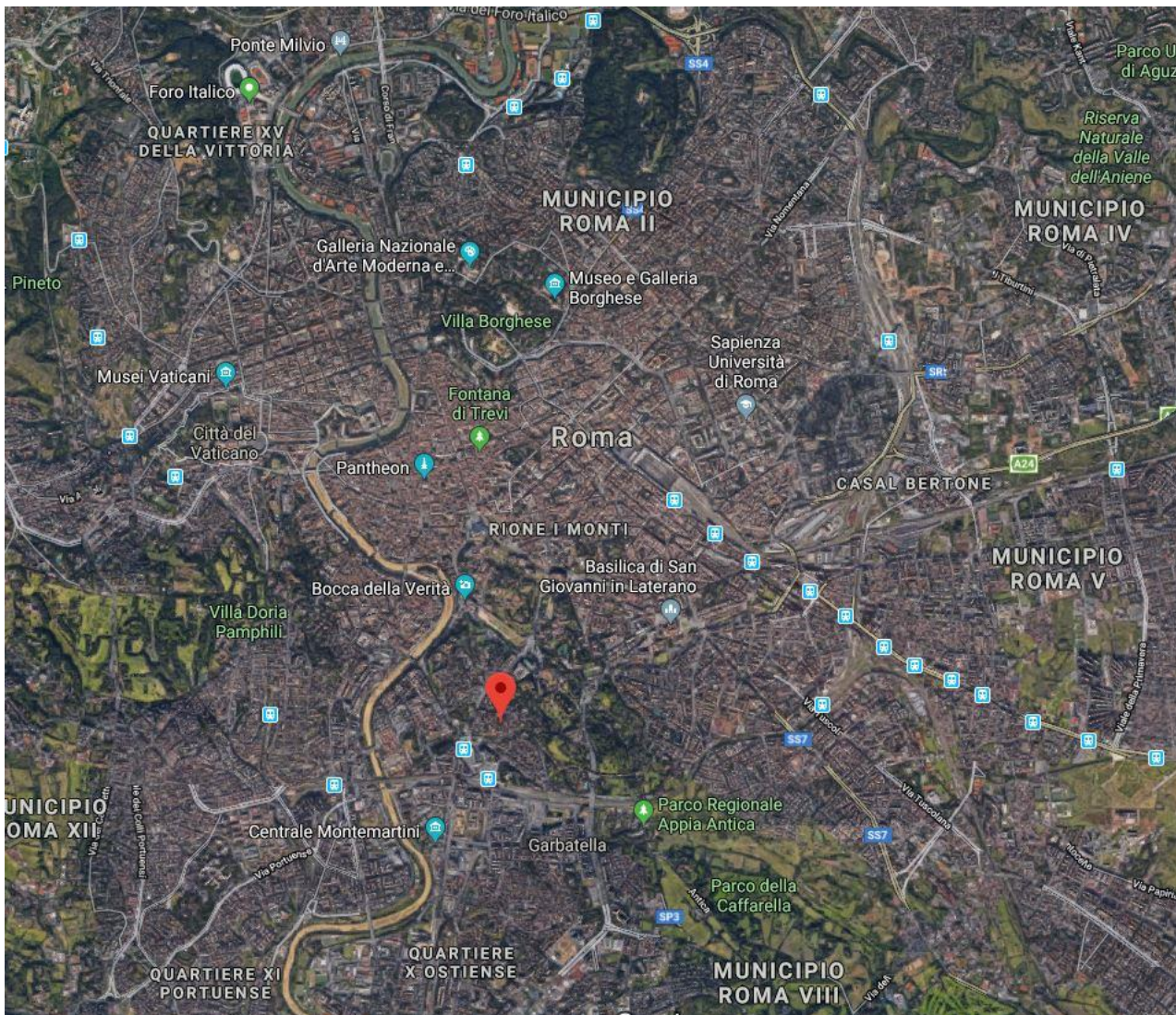


Figura 1 :Ubicazione dell'edificio del Lotto 7 Fabbricato 1

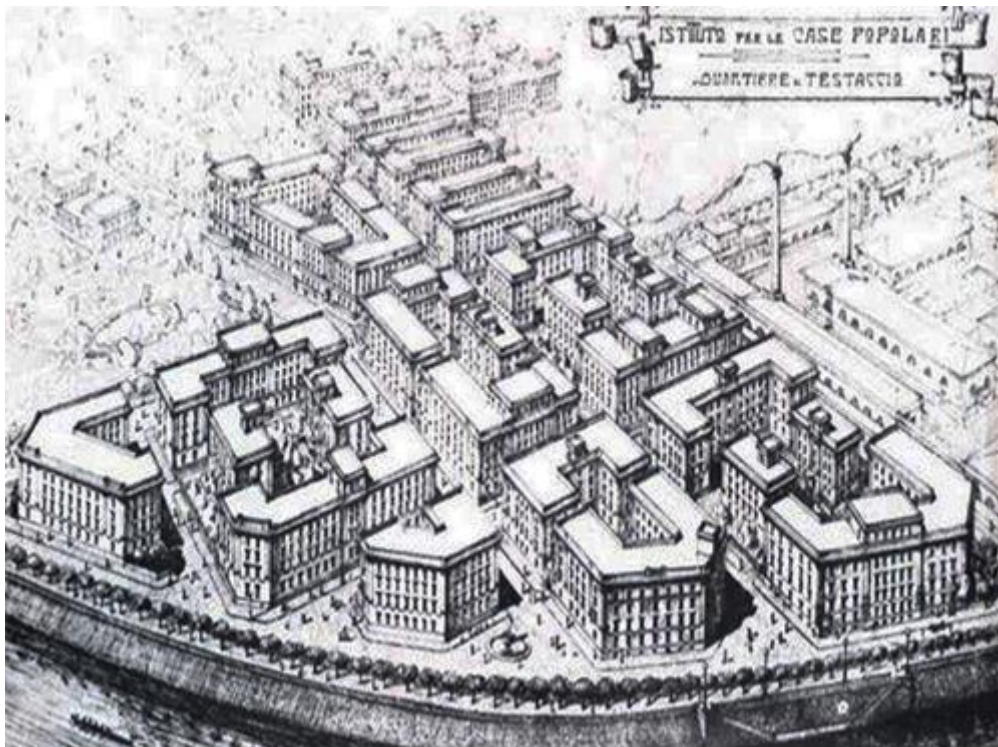
La struttura del quartiere è sottolineata dalla presenza di giardini pubblici e privati, ed è la combinazione di differenti tipi edilizi: villini isolati, edifici a schiera ed in linea.





**Figura 2: Edificio 7 del Lotto 1**

Tutti i prospetti sono stati concepiti con un rigore formale, caratterizzato dalla presenza in facciata di più o meno elaborate partiture in laterizio, alternate a elementi lapidei (travertino, tufo, peperino) e campi di intonaco.



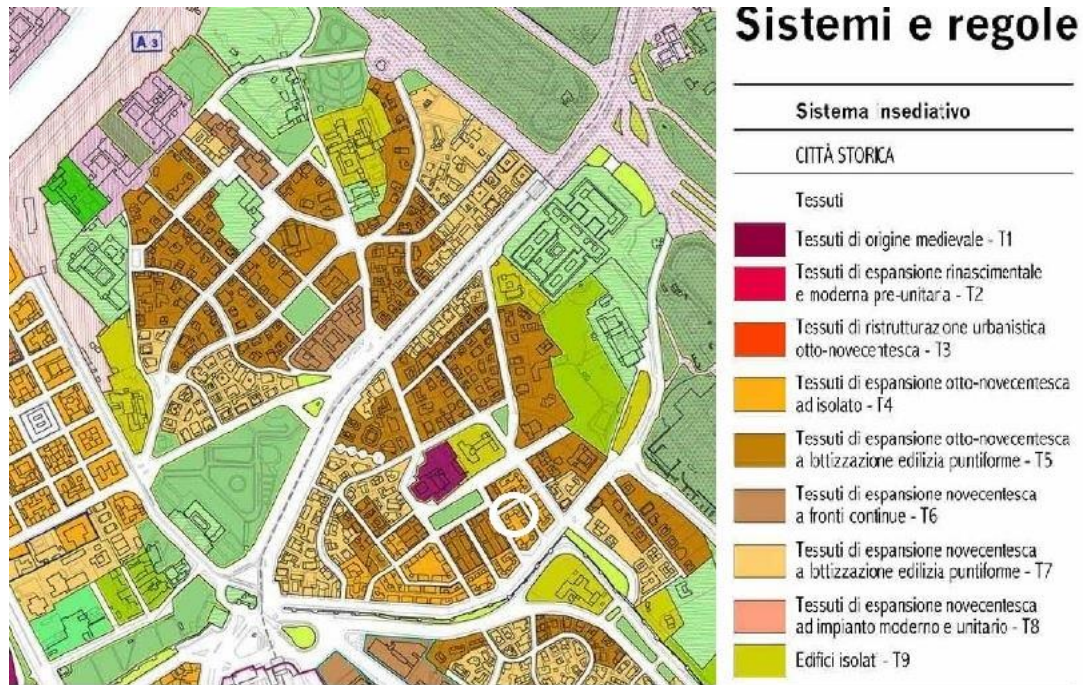
**Figura 3 :terrazzo copertura fabbricato 1 con torrini di accesso scale A e B**

L'edificio si colloca ad un'altitudine di 20 metri sul livello del mare, ad una latitudine nord di  $41^{\circ}52'41.2''$  e una longitudine est di  $12^{\circ}29'13.5''$ .

Il fabbricato 1 del Lotto 7 si inserisce all'interno della città storica rientrando nel tessuto di espansione novecentesca ad isolato (T4) come definito dalle Norme tecniche del PRG vigente nel comune di Roma.



Sono tessuti di espansione otto-novecentesca ad isolato i tessuti intensivi di espansione post-unitaria ad isolati regolari prevalentemente residenziali, interni ed esterni alle Mura Aureliane, realizzati in genere sulla base di impianti urbani pianificati nei piani regolatori del 1883 e 1909.



**Figura 4 tessuto urbanistico in cui ricade il Palazzo ATER**

I caratteri peculiari sono:

- a) la regolarità geometrica e la compattezza degli isolati di tipo "umbertino",
- b) una regola di disposizione degli edifici caratterizzata da allineamenti lungo il filo stradale e dalla continuità,
- c) allineamento e unitarietà degli isolati;
- d) una suddivisione fondiaria che si presenta sia con i caratteri della parcellizzazione regolare, generalmente nel caso di lottizzazioni private, sia della unitarietà spaziale e gestionale, generalmente nel caso di interventi pubblici di case economiche e popolari;
- e) la presenza di spazi aperti interni che, ove non definiscono corti e cortili architettonicamente e funzionalmente integrate con gli edifici, sono di tipo residuale con semplice funzione di aerazione e illuminazione;
- f) una prevalenza di tipi edilizi seriali appartenenti alle famiglie delle "case d'affitto" postunitarie e delle case in linea novecentesche.



**Figura 5** vista dell'edificio del Lotto 7 Fabbricato esposizione Nord

La classificazione ATER, rimasta invariata da quella definita dai progettisti, suddivide il quartiere in lotti e fabbricati.

Sono state condotte ricerche bibliografiche e di archivio per l'inquadramento storico architettonico del fabbricato 1 del lotto 7. Sono state ritrovate copie degli originali progettuali a firma dell'Ing. Quadrio Pirani, presso l'archivio dell'ATER e preso l'Archivio Storico Capitolino. Il materiale ha rappresentato una valida base di partenza per l'inquadramento architettonico tipologico, distributivo e delle tecniche edilizie utilizzate.



**Figura 6:** Inquadramento urbanistico dal progetto originale



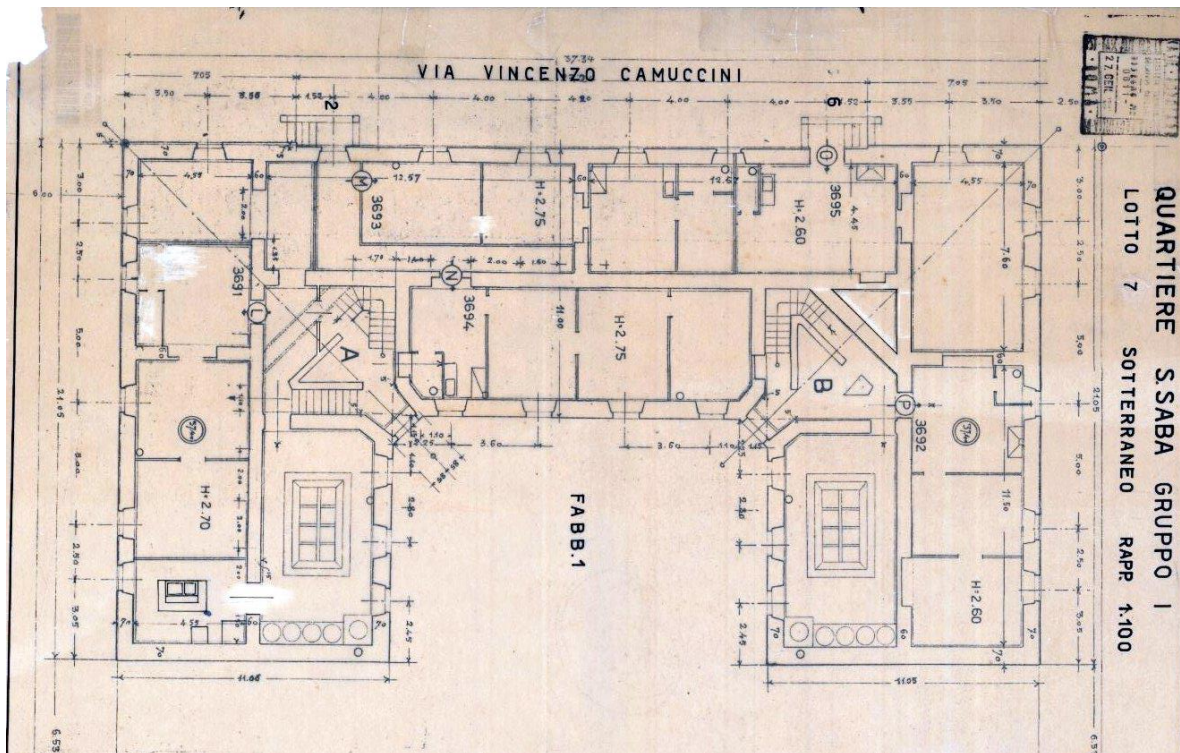


Figura 6: pianta piano interrato progetto originale Fabbricato 1 Lotto 7

È stato possibile poter acquisire sezioni di alcuni fabbricati dai quali è stato possibile individuare le tecnologie costruttive dell'epoca e le sezioni di progetto delle strutture portanti realizzate in tecnica mista, muratura portante e ferro.

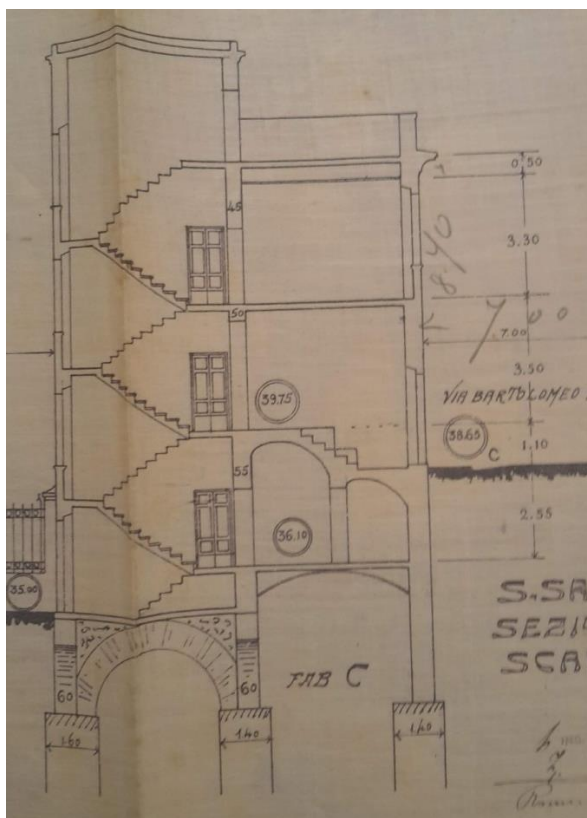


Figura 7: Sezione di uno dei fabbricati con in evidenza le tecniche costruttive delle strutture portanti



I sopralluoghi effettuati hanno permesso di caratterizzare nel dettaglio l'involucro edilizio e gli impianti presenti all'interno.



**Figura 8: particolare di uno dei prospetti del fabbricato 1 in intonaco e laterizi**

È stato possibile da alcuni rilievi fotografici caratterizzare la stratigrafia dei muri perimetrali, in blocchi di tufo irregolare al piano terra e primo piano e in mattoni pieni ai piani successivi come si evince dalle successive foto.



**Figura 9: composizione delle apparecchiature murarie a diversi piani del fabbricato**

Durante le fasi del sopralluogo la presenza di lavori di manutenzione straordinaria sugli impianti di distribuzione in bassa tensione all'interno degli spazi comuni ha permesso di poter evidenziare le tecniche edilizie e i materiali dell'epoca di realizzazione del complesso di San Saba.



**Figura 10 :terrazzo copertura fabbricato 1 con torrini di accesso scale A e B**

Dalla fotografia successiva, soffitto di copertura dell'androne delle scale, è possibile desumere che le partizioni orizzontali sono state realizzate in tecnica mista, travi in ferro e laterizi.



**Figura 11: solai copertura androne scale. Si noti l'orditura del solaio con travi in ferro tipiche dell'epoca e delle tecniche costruttive dell'area romana.**

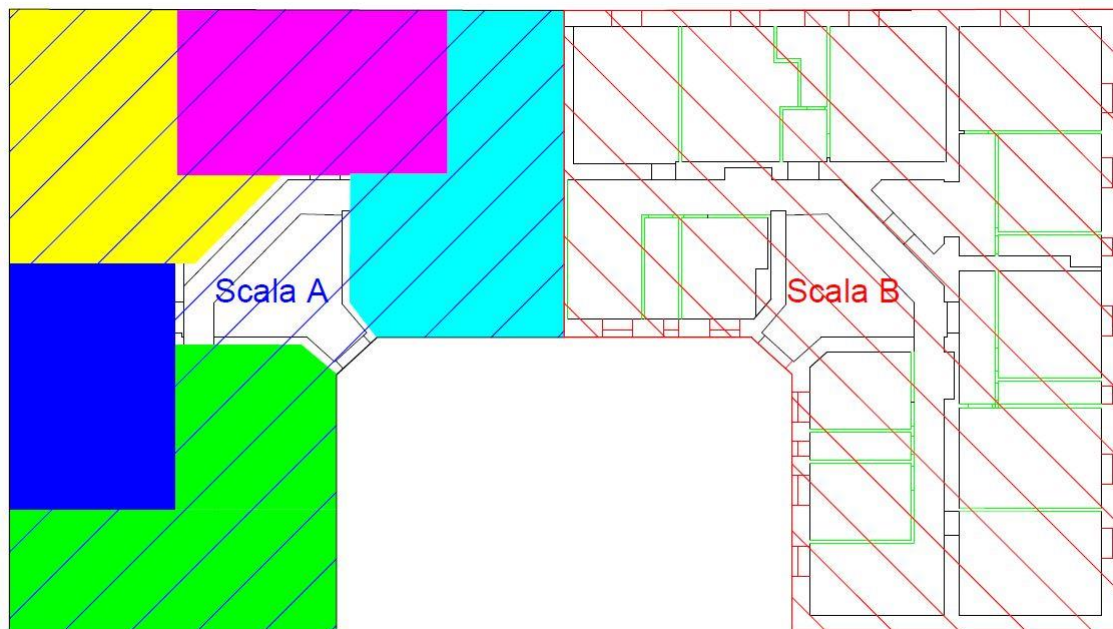


La copertura del fabbricato è piana, con terrazzo pedonabile e due torrini di accesso per le scale A e B in cui risulta suddiviso il fabbricato



**Figura 12 : terrazzo copertura fabbricato 1 con torrini di accesso scale A e B**

Gli appartamenti, 10 per ogni piano, articolati intorno a 2 scale A e B per 40 unità complessive, presentano una distribuzione funzionale di vani e servizi tale da connotare l'articolazione della facciata.



**Figura 13: planimetria del piano tipo del fabbricato 1 con la perimetrazione delle scale A e B**

L'ingresso alla corte e quindi a ciascuna scala è reso possibile da un'ampia da due cancelli in corrispondenza delle aperture della corte sui fronti laterali.

#### 4.1 Caratterizzazione del caso studio

L'edificio preso in esame ha una configurazione impiantistica standard: impianto centralizzato di riscaldamento ad acqua con generatore alimentato a metano, valvole termostatiche e contabilizzatori del calore per ogni ambiente. In alcune unità abitative i singoli utenti hanno installato impianti di condizionamento ad espansione diretta per il raffrescamento estivo.

L'ufficio manutenzione e gestione dell'ATER ha fornito al gruppo di ricerca la seguente documentazione tecnica:

- a) Attestato di certificazione energetica redatto in data 12 dicembre 2011.
- b) Relazione tecnica come da Legge 10/91 e DLgs 311 29/12/2006
- c) Allegati grafici
- d) Allegato di calcolo componenti opachi e trasparenti
- e) Stratigrafie e calcolo trasmittanze strutture opache

Essendo però un bene di notevole interesse storico, e quindi soggetto a vincoli di vario tipo, gli interventi sull'intero sistema edificio-impianto devono essere pianificati in una visione strategica, che tenga conto dell'elevato pregio del complesso, garantendone la massima efficienza dal punto di vista dei consumi energetici.

Gli ambienti climatizzati dell'edificio sono mantenuti a temperatura uniforme attraverso una centrale termica impianti collocato nel seminterrato.

Il responsabile dell'impianto è l'ATER ROMA -TERMICO che ha affidato la responsabilità alla CPL Concordia Soc. Coop.

Il processo manutentivo degli impianti tecnologici è a carico sempre della CPL.

Nella presente analisi energetica sono stati individuati i principali impianti tecnologici, di climatizzazione ed elettrici, e sono state individuate e definite le aree termiche omogenee ad esse asservite: ciascuna area è stata caratterizzata per superficie e volume in relazione ai piani all'interno degli edifici.

Per area termica omogenea si intende un singolo appartamento caratterizzato da superficie, occupanti e presenza di impianti di condizionamento ad espansione diretta autonomi gestiti dai singoli utenti

Nella tabella seguente i dati per singolo appartamento corrispondono per colore a quelli della planimetria in figura 14. Il numero di occupanti stimato per l'intero edificio è pari a 92 unità.

**Tabella 4 : definizione delle aree termiche omogenee all'interno dell'edificio ATER**

Appartamento 1 59 mq 4 occupanti
Appartamento 2 38 mq, 1 occupanti + CDZ dual
Appartamento 3 42 mq 2 occupanti
Appartamento 4 41 mq 2 occupanti
Appartamento 5 53 mq 3 occupanti



**Figura 14 : vista in 3D del modello dell'edificio**

Il modello del sistema edificio-impianto finale è risultato articolato tramite i volumi analizzati. I dati caratteristici delle superfici e dei volumi sono riportati in Tabella 5:

**Tabella 5 : caratteristiche dimensionali dell'edificio**

Superficie utile riscaldata (m <sup>2</sup> ) :	<b>1834,40</b>
Superficie utile raffrescata (m <sup>2</sup> ) :	<b>1834,40</b>
Volume lordo riscaldato (m <sup>3</sup> ) :	<b>5914,00</b>
Volume lordo raffrescato (m <sup>3</sup> ) :	<b>5914,00</b>

L'edificio è costituito da un seminterrato non riscaldato, da un piano rialzato e da 3 piani superiori, per un totale di 4 piani fuori terra.

Gli appartamenti sono costituiti da 5 tipologie aventi le seguenti misure e che si ripetono per singolo piano e scala:

**Tabella 6: dati architettonici delle 5 tipologie di appartamento per singola scala A e B e per intero piano**

	App.to	Ambiente 1 [mq]	Ambiente 2 [mq]	Ambiente 3 [mq]	Ambiente 4 [mq]	Ambiente 5 [mq]	Ambiente 6 [mq]	vano scala	Sup_Tot_App.to	h inter	Volume
1	A.E.1	8.66	3.21	8.75	10.9	16.68	7	23.2	<b>59.2</b>	3.5	207.2
2	A.E.2	5.49	12.45	2.7	16.1				<b>38</b>	3.5	133
3	A.E.3	9.68	2.86	11.3	16.6				<b>41.6</b>	3.5	145.6
4	A.E.4	2.65	17.54	3.29	15.62				<b>40.2</b>	3.5	140.7
5	A.E.5	5.71	16.8	12.24	3.88	9.25			<b>53.4</b>	3.5	186.9
6	B.E.21	5.71	16.8	12.24	3.88	9.25		23.2	<b>53.4</b>	3.5	186.9
7	B.E.22	2.65	17.54	3.29	15.62				<b>40.2</b>	3.5	140.7
8	B.E.23	9.68	2.86	11.3	16.6				<b>41.6</b>	3.5	145.6
9	B.E.24	5.49	12.45	2.7	16.1				<b>38</b>	3.5	133
10	B.E.25	8.66	3.21	8.75	10.9	16.68	7		<b>59.2</b>	3.5	207.2

Il piano tipo dell'intero edificio è distribuito su due edifici, scala A e scala B, di identica superficie e speculari fra loro con 5 appartamenti per edificio e per piano. L'insieme dei due edifici per singolo piano sommano 10 appartamenti per un totale complessivo di 40 appartamenti per l'intero edificio scala A + scala B.

#### 4.1.1 *Involucro*

Il lavoro di reperimento dati per quanto riguarda la parte impiantistica è stato condotto facendo richiesta di tutta la documentazione relativa agli impianti agli uffici tecnici dell'ATER. Si allegano alla presente i seguenti documenti ricevuti:

- Relazione tecnica D.LGs 311/ 2006
- Attestato di certificazione energetica
- Libretto di impianto secondo DPR 74/2013 e DM 20 febbraio 2014 compilato dalla CPL Concordia

##### 4.1.1.1 *Componenti opache*

La struttura portante è costituita da muratura in pietra nei primi due piani rialzati e da mattoni pieni alla romana per i restanti.

I prospetti hanno un elevato pregio architettonico dovuto alle particolari soluzioni decorative realizzate con i laterizi a faccia vista per alcune partiture.



**Figura 15: particolari delle soluzioni decorative in laterizio di un portone d'ingresso al fabbricato e una delle cantonate**

Tutti i componenti opachi e finestrati sono stati rilevati attraverso il software commerciale Edilclima sono stati modellati per determinarne le caratteristiche architettoniche e il comportamento termofisico come previsto dalla normativa [25–27]. Si riportano di seguito i componenti opachi dell'edificio per tipologia:



Muri:

**Tabella 7: componenti opachi verticali**

Cod	Tipo	Descrizione	Sp [mm]	Ms [kg/m <sup>2</sup> ]	Y <sub>IE</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Sfasamento [h]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]	ε [-]	α [-]	θ [°C]	Ue [W/m <sup>2</sup> K]
M1	T	Muro perimetrale	500	966	0.14	-14.03	68.68	0.90	0.60	0.0	1.85
M2	D	Muro perimetrale interno	500	966	0.10	-14.45	68.13	0.90	0.60	-	1.65
M3	D	Tramezzi	150	78	1.23	-4.56	58.61	0.90	0.60	-	1.71
M4	N	Divisori appartamenti	150	78	1.25	-4.39	55.82	0.90	0.60	20.0	1.69
M5	U	Muro perimetrale interno verso scala	500	966	0.10	-14.45	68.13	0.90	0.60	7.0	1.65

Pavimenti:

**Tabella 8: proprietà componenti orizzontali: pavimenti**

Cod	Tipo	Descrizione	Sp [mm]	Ms [kg/m <sup>2</sup> ]	Y <sub>IE</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Sfasamento [h]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]	ε [-]	α [-]	θ [°C]	Ue [W/m <sup>2</sup> K]
P1	G	Pavimento controterra	250	441	0.84	-7.63	65.02	0.90	0.60	0.0	0.00
P2	T	Solaio copertura	310	395	0.45	-9.11	61.34	0.90	0.60	0.0	1.47
P4	N	Pavimento interpiano	310	384	0.31	-9.83	61.11	0.90	0.60	20.0	1.29

Soffitti:

**Tabella 9: proprietà componenti orizzontali: soffitti interpiano**

Cod	Tipo	Descrizione	Sp [mm]	Ms [kg/m <sup>2</sup> ]	Y <sub>IE</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Sfasamento [h]	C <sub>T</sub> [kJ/m <sup>2</sup> K]	ε [-]	α [-]	θ [°C]	Ue [W/m <sup>2</sup> K]
S1	N	Solai interpiano	300	368	0.60	-8.52	85.37	0.90	0.60	20.0	1.60
S2	T	Solai copertura	300	359	0.56	-8.69	87.81	0.90	0.60	0.0	1.47
S3	T	Solaio copertura	358	459	0.42	-10.22	97.58	0.90	0.60	0.0	1.49

Legenda simboli

Sp	Spessore struttura
Ms	Massa superficiale della struttura senza intonaci
Y <sub>IE</sub>	Trasmittanza termica periodica della struttura
Sfasamento	Sfasamento dell'onda termica
C <sub>T</sub>	Capacità termica areica
ε	Emissività
α	Fattore di assorbimento
θ	Temperatura esterna o temperatura locale adiacente
Ue	Trasmittanza di energia della struttura

#### 4.1.1.2 M1 Muratura in mattoni pieni 50 cm

**Descrizione della struttura: Muro perimetrale**

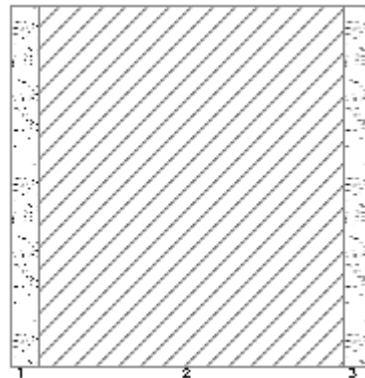
**Codice: M1**

Trasmittanza termica **1.85** W/m<sup>2</sup>K

Spessore **500** mm

Temperatura esterna **0.0** °C  
(calcolo potenza invernale)

Permeanza		<b>0.048</b>	$10^{-12}$ kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)		<b>1094</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)		<b>966</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica		<b>0.14</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore di attenuazione		<b>0.077</b>	-
Sfasamento onda termica		<b>-14.0</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0.13	-	-	-
1	Intonaco di calce e sabbia	40	0.80	0.05	1600	1.00	10
2	Tufo	420	1.70	0.25	2300	1.00	10000
3	Intonaco di calce e sabbia	40	0.80	0.05	1600	1.00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0.064	-	-	-

**Legenda simboli**

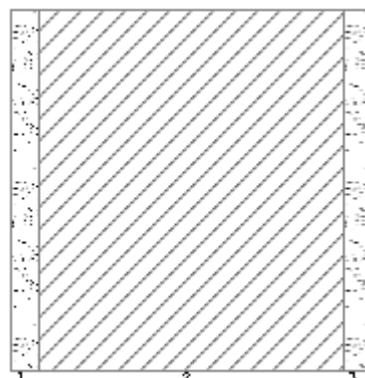
s	Spessore	mm
Cond.	Conducibilità termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

**4.1.1.3 M2 Muratura in mattoni pieni 50 cm**

**Descrizione della struttura: Muro perimetrale interno**

**Codice: M2**

Trasmittanza termica		<b>1.65</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore		<b>500</b>	mm
Permeanza		<b>0.048</b>	$10^{-12}$ kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)		<b>1094</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)		<b>966</b>	kg/m <sup>2</sup>





Trasmittanza periodica	<b>0.10</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore di attenuazione	<b>0.060</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-14.4</b>	h

### Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0.13	-	-	-
1	Intonaco di calce e sabbia	40	0.80	0.05	1600	1.00	10
2	Tufo	420	1.70	0.25	2300	1.00	10000
3	Intonaco di calce e sabbia	40	0.80	0.05	1600	1.00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0.13	-	-	-

### Legenda simboli

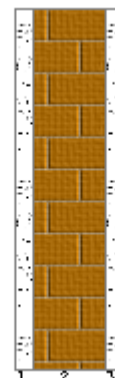
s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

#### 4.1.1.4 M3 Muratura in mattoni forati 15 cm

**Descrizione della struttura:** *Tramezzi*

**Codice:** *M3*

Trasmittanza termica	<b>1.71</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>150</b>	mm
Permeanza	<b>100</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>168</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>78</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>1.23</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0.72</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-4.6</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0.13	-	-	-
1	Malta di calce o di calce e cemento	25	0.90	0.028	1800	1.00	22
2	Mattone forato	100	0.30	0.27	780	0.84	9
3	Malta di calce o di calce e cemento	25	0.90	0.028	1800	1.00	22
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0.13	-	-	-

**Legenda simboli**

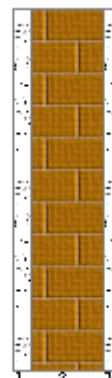
s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

**4.1.1.5 M4 Muratura in mattoni forati 15 cm divisorio**

**Descrizione della struttura: Divisorio appartamenti**

**Codice: M4**

Trasmittanza termica	<b>1.69</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>150</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>20.0</b>	°C
Permeanza	<b>142.86</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>158</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>78</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>1.25</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore di attenuazione	<b>0.74</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-4.4</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0.13	-	-	-
1	Intonaco di calce e sabbia	25	0.80	0.031	1600	1.00	10
2	Mattone forato	100	0.37	0.27	780	0.84	9
3	Intonaco di calce e sabbia	25	0.80	0.031	1600	1.00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0.13	-	-	-

### Legenda simboli

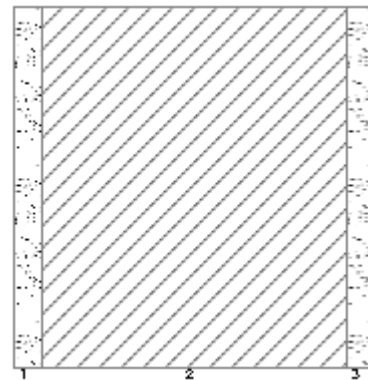
s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

#### 4.1.1.6 M5 Muro perimetrale interno verso scala 50cm

**Descrizione della struttura:** *Muro perimetrale interno verso scala*

**Codice:** *M5*

Trasmittanza termica	<b>1.65</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>500</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>7.0</b>	°C
Permeanza	<b>0.05</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>1094</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>966</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0.10</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore di attenuazione	<b>0.060</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-14.4</b>	h



### Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0.13	-	-	-
1	Intonaco di calce e sabbia	40	0.80	0.050	1600	1.00	10
2	Tufo	420	1.70	0.25	2300	1.00	10000
3	Intonaco di calce e sabbia	40	0.80	0.050	1600	1.00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0.13	-	-	-

### Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W

ACCORDO DI PROGRAMMA MSE-ENEA

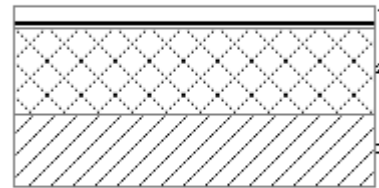
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

#### 4.1.1.7 P1 Pavimento controterra in cantina 25 cm

**Descrizione della struttura:** *Pavimento controterra*

**Codice:** *P1*

Trasmittanza termica	<b>2.02</b>	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza controterra	<b>0</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>250</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>0.0</b>	°C
Permeanza	<b>0.001</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>441</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>441</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0.84</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore di attenuazione	<b>∞</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-7.6</b>	h



#### Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0.17	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	30	1.30	0.023	2300	0.84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	120	0.70	0.17	1600	0.88	20
3	Calcare leggero	100	1.10	0.091	1800	1.00	40
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0.040	-	-	-

#### Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

4.1.1.8 P4 Soletta piana in laterocemento 31cm

**Descrizione della struttura:** *Pavimento interpiano*

**Codice:** *P4*

Trasmittanza termica	<b>1.29</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>310</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>20.0</b>	°C
Permeanza	<b>0.001</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>424</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>384</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0.31</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore di attenuazione	<b>0.24</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-9.8</b>	h



**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0.17	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	25	1.30	0.02	2300	0.84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	80	0.70	0.11	1600	0.88	20
3	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	180	0.66	0.27	1100	0.84	7
4	Intonaco di calce e sabbia	25	0.80	0.031	1600	1.00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0.17	-	-	-

**Legenda simboli**

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

#### 4.1.1.9 P2 Solaio copertura piana terrazzo in laterocemento 31 cm

##### Descrizione della struttura: **Solaio copertura**

**Codice: P2**

Trasmittanza termica	<b>1.47</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>310</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>0</b>	°C
Permeanza	<b>0.001</b>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>427</b>	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>395</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>0.45</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore di attenuazione	<b>0.30</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-9.1</b>	h



##### Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0.17	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	15	1.30	0.012	2300	0.84	9999999
2	Sottofondo di cemento magro	50	0.70	0.071	1600	0.88	20
3	Impermeabilizzazione in asfalto	20	0.70	0.029	2100	1.00	188000
4	Sottofondo di cemento magro	25	0.70	0.036	1600	0.88	20
5	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	180	0.66	0.27	1100	0.84	7
6	Intonaco di calce e sabbia	20	0.80	0.025	1600	1.00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0.064	-	-	-

##### Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

4.1.1.10 Componenti trasparenti

**Tabella 10: proprietà dei componenti trasparenti presenti nell'edificio**

Cod	Tipo	Descrizione	vetro	$\epsilon$	ggl,n	fc inv	fc est	H [cm]	L [cm]	Ug [W/m <sup>2</sup> K]	Uw [W/m <sup>2</sup> K]	$\theta$ [°C]	Agf [m <sup>2</sup> ]	Lgf [m]
W1	T	Finestra 2 ante	Singolo	0.837	0.839	1.00	1.00	180	100	5.040	4.500	0.0	1.445	8.500
W2	T	Finestra anta singola	Singolo	0.837	0.839	1.00	1.00	150	35	5.065	4.293	0.0	0.383	3.380
W3	T	Finestra anta singola 2	Singolo	0.837	0.839	1.00	1.00	150	50	5.040	4.360	0.0	0.582	3.660
W4	T	Porta Finestra	Singolo	0.837	0.839	1.00	1.00	240	10	5.040	4.463	0.0	1.913	12.400
W5	E	Finestre scale	Singolo	0.837	0.000	1.00	1.00	180	100	5.065	5.242	0.0	1.636	17.960

Legenda simboli

$\epsilon$	Emissività
ggl,n	Fattore di trasmittanza solare
fc inv	Fattore tendaggi (energia invernale)
fc est	Fattore tendaggi (energia estiva)
H	Altezza
L	Larghezza
Ug	Trasmittanza vetro
Uw	Trasmittanza serramento
$\theta$	Temperatura esterna o temperatura locale adiacente
Agf	Area del vetro
Lgf	Perimetro del vetro

Gli infissi presenti sono stati rilevati e classificati nel seguente modo

4.1.1.11 W1 finestra a 2 ante

**Descrizione della finestra: Finestra 2 ante**

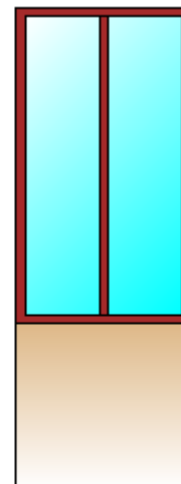
**Codice: W1**

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	<b>Singolo</b>		
Classe di permeabilità	<b>Senza classificazione</b>		
Trasmittanza termica	U <sub>w</sub>	<b>3.46</b>	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza solo vetro	U <sub>g</sub>	<b>5.04</b>	W/m <sup>2</sup> K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	$\epsilon$	<b>0.84</b>	-
Fattore tendaggi (invernale)	f <sub>c inv</sub>	<b>1.00</b>	-
Fattore tendaggi (estivo)	f <sub>c est</sub>	<b>1.00</b>	-
Fattore di trasmittanza solare	ggl,n	<b>0.85</b>	-





### Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure	<b>0.14</b>	m <sup>2</sup> K/W
f shut	<b>0.6</b>	-

### Dimensioni del serramento


Larghezza	<b>100</b>	cm
Altezza	<b>180</b>	cm

### Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U <sub>f</sub>	<b>2.30</b>	W/m <sup>2</sup> K
K distanziale	K <sub>d</sub>	<b>0,00</b>	W/mK
Area totale	A <sub>w</sub>	<b>1.80</b>	m <sup>2</sup>
Area vetro	A <sub>g</sub>	<b>1.44</b>	m <sup>2</sup>
Area telaio	A <sub>f</sub>	<b>0.35</b>	m <sup>2</sup>
Fattore di forma	F <sub>f</sub>	<b>0.80</b>	-
Perimetro vetro	L <sub>g</sub>	<b>8.5</b>	m
Perimetro telaio	L <sub>f</sub>	<b>5.6</b>	m

### Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	<b>0.130</b>
Primo vetro	<b>4.0</b>	<b>1.00</b>	<b>0.004</b>
Resistenza superficiale esterna	-	-	<b>0.064</b>



### Legenda simboli

s	Spessore	mm
λ	Conduttività termica	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W

### Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo	U	<b>2.85</b>	W/m <sup>2</sup> K
---------------------------------	---	-------------	--------------------

### Muro sottofinestra

Struttura opaca associata	<b>M3</b>	<b>Tramezzi</b>	
Trasmittanza termica	U	<b>1.71</b>	W/m <sup>2</sup> K
Altezza	H <sub>sott</sub>	<b>95.0</b>	cm
Area		<b>0.95</b>	m <sup>2</sup>

Ponte termico del serramento

Ponte termico associato			
Trasmittanza termica lineica	$\Psi$	<b>0</b>	W/mK
Lunghezza perimetrale		<b>5.6</b>	m

4.1.1.12 W2 finestra a 1 anta

Descrizione della finestra: Finestra anta singola

Codice: W2

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento		<b>Singolo</b>	
Classe di permeabilità		<b>Senza classificazione</b>	
Trasmittanza termica	$U_w$	<b>3.33</b>	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza solo vetro	$U_g$	<b>5.06</b>	W/m <sup>2</sup> K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	$\epsilon$	<b>0.84</b>	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	<b>1.00</b>	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	<b>1.00</b>	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	<b>0.85</b>	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		<b>0.14</b>	m <sup>2</sup> K/W
f shut		<b>0.6</b>	-

Dimensioni del serramento

Larghezza		<b>35</b>	cm
Altezza		<b>150</b>	cm


Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	$U_f$	<b>2.20</b>	W/m <sup>2</sup> K
K distanziale	$K_d$	<b>0</b>	W/mK
Area totale	$A_w$	<b>0.52</b>	m <sup>2</sup>
Area vetro	$A_g$	<b>0.38</b>	m <sup>2</sup>
Area telaio	$A_f$	<b>0.12</b>	m <sup>2</sup>
Fattore di forma	$F_f$	<b>0.73</b>	-
Perimetro vetro	$L_g$	<b>3.38</b>	m
Perimetro telaio	$L_f$	<b>3.7</b>	m



### Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	$\lambda$	R
Resistenza superficiale interna	-	-	<b>0.130</b>
Primo vetro	<b>3.0</b>	<b>1.00</b>	<b>0.003</b>
Resistenza superficiale esterna	-	-	<b>0.064</b>



### Legenda simboli

s	Spessore	mm
$\lambda$	Conduttività termica	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W

### Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **2.70** W/m<sup>2</sup>K

### Muro sottofinestra

Struttura opaca associata **M3 Tramezzi**

Trasmittanza termica U **1.71** W/m<sup>2</sup>K

Altezza H<sub>sott</sub> **95.0** cm

Area **0.33** m<sup>2</sup>

### Ponte termico del serramento

Ponte termico associato

Trasmittanza termica lineica  $\Psi$  **0.0** W/mK

Lunghezza perimetrale **3.70** m

4.1.1.13 W3 finestra a 1 anta

**Descrizione della finestra: Finestra anta singola 2**

**Codice: W3**

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	<b>Singolo</b>		
Classe di permeabilità	<b>Senza classificazione</b>		
Trasmittanza termica	$U_w$	<b>3.37</b>	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza solo vetro	$U_g$	<b>5.04</b>	W/m <sup>2</sup> K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	$\epsilon$	<b>0.84</b>	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	<b>1.00</b>	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	<b>1.00</b>	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	<b>0.85</b>	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		<b>0.14</b>	m <sup>2</sup> K/W
f shut		<b>0.6</b>	-

Dimensioni del serramento

Larghezza		<b>50.0</b>	cm
Altezza		<b>150.0</b>	cm




Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	$U_f$	<b>2.00</b>	W/m <sup>2</sup> K
K distanziale	$K_d$	<b>0.00</b>	W/mK
Area totale	$A_w$	<b>0.75</b>	m <sup>2</sup>
Area vetro	$A_g$	<b>0.58</b>	m <sup>2</sup>
Area telaio	$A_f$	<b>0.17</b>	m <sup>2</sup>
Fattore di forma	$F_f$	<b>0.78</b>	-
Perimetro vetro	$L_g$	<b>3.66</b>	m
Perimetro telaio	$L_f$	<b>4.00</b>	m

### Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	$\lambda$	R
Resistenza superficiale interna	-	-	<b>0.130</b>
Primo vetro	<b>4.0</b>	<b>1.00</b>	<b>0.004</b>
Resistenza superficiale esterna	-	-	<b>0.064</b>



### Legenda simboli

s	Spessore	mm
$\lambda$	Conducibilità termica	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W

### Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo      U      **2.72** W/m<sup>2</sup>K

### Muro sottofinestra

Struttura opaca associata      **M3 Tramezzi**

Trasmittanza termica      U      **1.71** W/m<sup>2</sup>K

Altezza      H<sub>sott</sub>      **95.0** cm

Area      **0.47** m<sup>2</sup>

### Ponte termico del serramento

Ponte termico associato

Trasmittanza termica lineica       $\Psi$       **0** W/mK

Lunghezza perimetrale      **4.00** m

4.1.1.14 W4 porta finestra al piano rialzato

**Descrizione della finestra: Porta Finestra**

**Codice: W4**

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	<b>Singolo</b>		
Classe di permeabilità	<b>Senza classificazione</b>		
Trasmittanza termica	$U_w$	<b>3.43</b>	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza solo vetro	$U_g$	<b>5.04</b>	W/m <sup>2</sup> K

Dati per il calcolo degli apporti solari

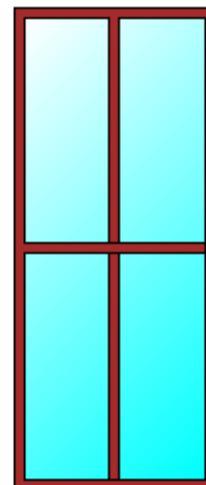
Emissività	$\epsilon$	<b>0.84</b>	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	<b>1.00</b>	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	<b>1.00</b>	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	<b>0.85</b>	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		<b>0.14</b>	m <sup>2</sup> K/W
f shut		<b>0.6</b>	-

Dimensioni del serramento

Larghezza		<b>100</b>	cm
Altezza		<b>240</b>	cm




**Caratteristiche del telaio**

Trasmittanza termica del telaio	$U_f$	<b>2.20</b>	W/m <sup>2</sup> K
K distanziale	$K_d$	<b>0</b>	W/mK
Area totale	$A_w$	<b>2.40</b>	m <sup>2</sup>
Area vetro	$A_g$	<b>1.91</b>	m <sup>2</sup>
Area telaio	$A_f$	<b>0.49</b>	m <sup>2</sup>
Fattore di forma	$F_f$	<b>0.80</b>	-
Perimetro vetro	$L_g$	<b>12.4</b>	m
Perimetro telaio	$L_f$	<b>6.8</b>	m

### Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	$\lambda$	R
Resistenza superficiale interna	-	-	<b>0.130</b>
Primo vetro	<b>4.0</b>	<b>1.00</b>	<b>0.004</b>
Resistenza superficiale esterna	-	-	<b>0.064</b>



### Legenda simboli

s	Spessore	mm
$\lambda$	Conducibilità termica	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W

### Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo      U      **3.43** W/m<sup>2</sup>K

### Ponte termico del serramento

Ponte termico associato

Trasmittanza termica lineica       $\Psi$       **0** W/mK

Lunghezza perimetrale      **6.80** m

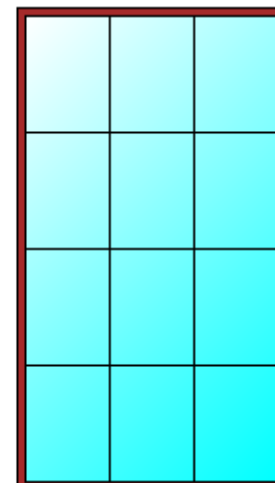
4.1.1.15 W5 finestra scale condominiali

**Descrizione della finestra: *Finestre scale***

**Codice: W5**

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	<b>Singolo</b>		
Classe di permeabilità	<b>Senza classificazione</b>		
Trasmittanza termica	$U_w$	<b>4.23</b>	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza solo vetro	$U_g$	<b>5.06</b>	W/m <sup>2</sup> K



Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	$\epsilon$	<b>0.84</b>	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	<b>1.00</b>	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	<b>1.00</b>	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	<b>0.85</b>	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		<b>0.09</b>	m <sup>2</sup> K/W
f shut		<b>0.6</b>	-

Dimensioni del serramento


Larghezza		<b>100</b>	cm
Altezza		<b>180</b>	cm

**Caratteristiche del telaio**

Trasmittanza termica del telaio	$U_f$	<b>7.00</b>	W/m <sup>2</sup> K
K distanziale	$K_d$	<b>0</b>	W/mK
Area totale	$A_w$	<b>1.8</b>	m <sup>2</sup>
Area vetro	$A_g$	<b>1.64</b>	m <sup>2</sup>
Area telaio	$A_f$	<b>0.16</b>	m <sup>2</sup>
Fattore di forma	$F_f$	<b>0.91</b>	-
Perimetro vetro	$L_g$	<b>17.96</b>	m
Perimetro telaio	$L_f$	<b>5.60</b>	m

**Stratigrafia del pacchetto vetrato**

Descrizione strato	s	$\lambda$	R
Resistenza superficiale interna	-	-	<b>0.130</b>
Primo vetro	<b>3.0</b>	<b>1.00</b>	<b>0.003</b>
Resistenza superficiale esterna	-	-	<b>0.064</b>





### Legenda simboli

s	Spessore	mm
$\lambda$	Conduttività termica	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W

### Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **4.23** W/m<sup>2</sup>K

Tutte le superfici finestrate classiche hanno schermature solari costituite da persiane.  
La superficie totale degli elementi vetrati è di 468 m<sup>2</sup>.

#### *4.1.2 Impianti elettrici*

La fornitura dell'energia elettrica è con potenze da 3 kW per singola utenza più l'utenza condominiale per l'illuminazione delle scale

#### *4.1.3 Centrale termica*

La centrale termica è posizionata in un locale dedicato nel seminterrato dell'edificio. Recenti lavori di manutenzione straordinaria, eseguiti nel 2010, hanno portato alla sostituzione del gruppo termico installandone uno marca ICI modello GREENOX/E25 alimentato a gas metano dalla potenza termica utile nominale di 250 kW.

Le caldaie di questa serie sono a 3 giri di fumo con focolare senza inversione di fiamma.

Tale soluzione consente di limitare al massimo la formazione degli ossidi di azoto (NOx) la cui origine è legata all'elevata temperatura della fiamma ed alla lunga permanenza dei prodotti della combustione nel focolare, tipico delle caldaie tradizionali.

L'altra caratteristica principale, per le versioni BT, è il funzionamento a bassa temperatura con ritorno a 35 °C; a tale scopo risulta di fondamentale importanza l'impiego del doppio tubo e di una speciale protezione refrattaria nella camera fumo per mantenere elevata la temperatura delle parti a contatto con i prodotti di combustione ed evitare la formazione di condensa.

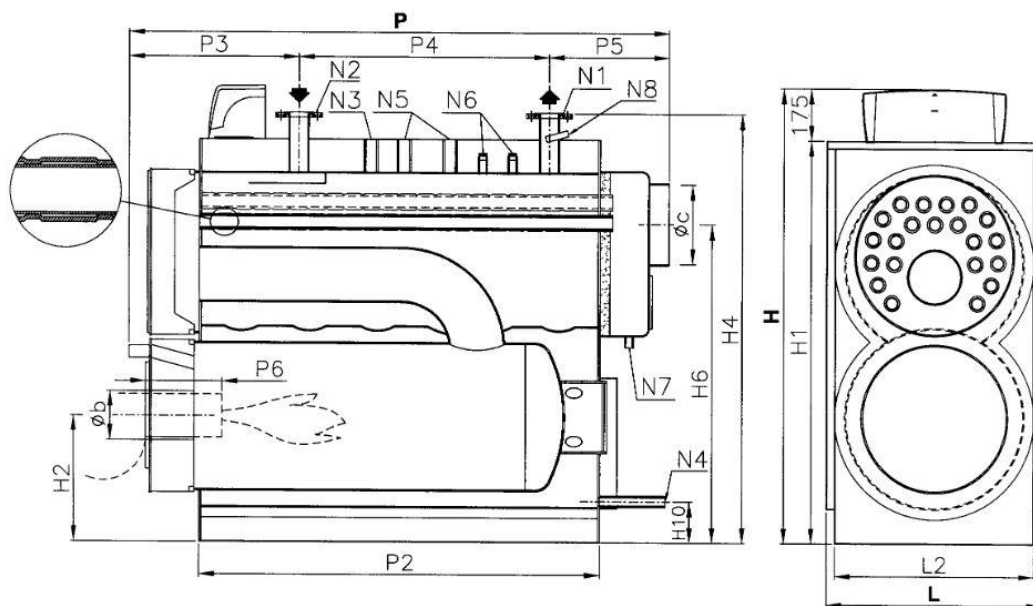


Figura 16: dimensioni generatore marca ICI modello GREENOX/E25

La sostituzione ha incrementato la potenza in quanto il precedente gruppo della Marchetti aveva una potenza utile nominale di 233 kW.

Il bruciatore installato è un Baltur modello BTG28ME modulante a gas metano con potenze termiche max e min nominale compres. fra 280 e 80 kW.



Figura 17: bruciatore Baltur modello BTG28ME

Bruciatore di gas omologato CE secondo normativa europea EN676, funzionamento modulante tramite montaggio del regolatore automatico di modulazione con rapporto di modulazione 1:3. Bruciatore a basse emissioni di NOx e CO secondo la normativa europea EN676: classe 2.



Figura 18: dati identificativi centrale termica gestita da CPL Concordia per conto ATER

Nell'edificio è presente un sistema di regolazione e contabilizzazione con impostazione della curva climatica indipendente.

Il sistema di regolazione è della Honeywell modello XL50 e valvole di regolazione sempre Honeywell modello DR65GFLA.



**Figura 19: Accentratore segnali della Honeywell**

Il sistema effettua telelettura e telegestione dei consumi con contabilizzazione indiretta dei per quanto riguarda il riscaldamento.

Il sistema di distribuzione dell'acqua è a diramazione orizzontale coibentate nelle cantine e successivamente a colonne montanti. La pompa di circolazione dell'acqua è una WILO TO/30/10 e una Vergani TRK50D entrambi a tecnologia inverter con potenza nominale da 0.18 kW ognuna.

Il sistema di emissione è a radiatori con differenti soluzioni. Per maggiori dettagli si rimanda all'allegato presente alla fine della relazione

L'orario di accensione ed il funzionamento dell'impianto di riscaldamento centralizzato con termoregolazione e contabilizzazione individuale del calore, è regolato dal D.P.R. 412/93, che presenta due possibilità:

- 12 ore impostabili fra le 5:00 e le 23:00, se in centrale termica è installata una centralina climatica con una sola curva di regolazione, che regola la temperatura di mandata dell'acqua calda di riscaldamento in funzione della temperatura esterna.
- L'erogazione del calore può eccedere in termini di orario da quello previsto dalla normativa vigente (12 ore a Roma, 14 a Torino e Milano), fino alle 24 ore, se è installata una centralina climatica a due curve di regolazione, grazie alla quale è possibile impostare un regime pieno (confort) = 20 + 2 °C ed un regime attenuato = 16 + 2 °C, a patto che la caldaia abbia un rendimento di combustione nei limiti di legge.

Il riscaldamento degli ambienti avviene secondo gli orari riportati in tabella a pagina seguente mediante l'unica centrale termica che serve le due scale dell'edificio A e B.

**Tabella 10: Orari di funzionamento impianto di riscaldamento centralizzato**

<b>Stagione invernale</b>	
	Lun-Dom
<b>EDIFICIO Scale A e B</b>	0 - 24

Per quanto riguarda il periodo di accensione dei 12 impianti di condizionamento ad espansione diretta installati dai singoli utenti si è ipotizzato un periodo di accensione

**Tabella 11: Orari di funzionamento impianti di condizionamento individuali**

Stagione estiva	Condizionamento		
	Lun-Ven	Sab.	Dom.
<b>EDIFICIO Scale A e B</b>	5	5	5

#### 4.1.4 Impianti di condizionamento

In 12 appartamenti sono stati installate impianti di condizionamento ad espansione diretta con 7 soluzioni mono e 12 dual. Un rilievo di tale unità è stato riportato nella tabella in formato excel che si allega alla fine del presente report



**Figura 20 : Impianti ad espansione diretta singoli appartamenti tipo Mono e/o Dual**

La distribuzione degli impianti di condizionamento ad espansione diretta con unità interne split è quella riportata per i 12 appartamento dell'edificio nella tabella seguente:

**Tabella 12: impianti condizionamento ad espansione diretta presenti nei 12 appartamenti**

Interno	Tipo impianto	kWf	EER
2	Mono	2.7	3.8
4	Mono	3.6	3.6
6	Dual	5.2	3.4
9	Mono	3.6	3.9
10	Dual	5.2	3.4
11	Dual	5.2	3.3
12	Mono	2.7	3.8
15	Mono	3.6	3.6
25	Dual	5.2	3.5
27	Mono	2.8	3.5
30	Dual	4.8	3.7
38	Mono	3.6	3.9
<b>Totale</b>		<b>48.2</b>	

#### 4.1.5 Terminali di utenza

All'interno dell'edificio sono presenti le seguenti tipologie di terminali d'utenza:

- Radiatori in alluminio;
- Radiatori a piastre;
- Unità split collegati a unità esterne multi a servizio di alcuni uffici.

Si riportano di seguito immagini di alcuni terminali all'interno delle unità abitative



**Figura 21: rilievo fotografico di un radiatore a piastre all'interno di un appartamento**

Per maggiori dettagli si rimanda alla tabella Excel in allegato in cui sono riportate le caratteristiche dimensionali e tipologiche di tutti i terminali presenti nel fabbricato 1. I dati sono stati forniti dall'ufficio tecnico e patrimonio dell'ATER ed estrapolati dalla documentazione tecnica progettuale per la



contabilizzazione e termoregolazione del calore. Dato molto importante ai fini del calcolo dei carichi termici sono le potenze in Watt per singolo radiatore.

#### 4.1.6 ACS

La produzione di Acqua Calda Sanitaria avviene all'interno dei singoli appartamenti con boiler elettrici e sono dotati di una serpentina che viene attraversata dall'acqua e riscaldata tramite una resistenza.

La capacità media è di 50 lt per una potenza di 1200 W a 230 V. Il tempo di riscaldamento ( $Dt = 45\text{ °C}$ ): 2.20 h, minimo per una temperatura massima d'esercizio: 75 °C.

## 5 Modellazione dello stato di fatto

### 5.1 Introduzione al pacchetto software TRNSYS

La simulazione è stata effettuata tramite la versione 18 del programma TRNSYS [28]. Tale programma è stato sviluppato dall'Università del Wisconsin e da quella del Colorado intorno al 1975 e viene periodicamente aggiornato e migliorato.

L'analisi compiuta dal programma viene definita dinamica in quanto, nella definizione di alcuni parametri, essi non sono costanti nel tempo bensì variano. A differenza di un regime stazionario, in un regime dinamico si considerano i dati climatici variabili nel corso della giornata (nel caso specifico su base oraria). La simulazione stazionaria permette di analizzare solo parzialmente le prestazioni di un edificio perché considera la variazione ciclica delle temperature e i contributi dovuti alla radiazione solare trascurabili. Al contrario quella dinamica riesce a fornire un'analisi più completa e dettagliata delle prestazioni di un edificio sia in regime invernale che estivo. Il reale comportamento termico dell'edificio è funzione delle oscillazioni delle condizioni interne, dipendenti dalla modalità di occupazione e di gestione degli impianti, e delle fluttuazioni delle condizioni climatiche esterne [29].

TRNSYS è composto da diversi sottoprogrammi:

- Simulation Studio: è il motore di calcolo della simulazione costituito da una serie di componenti, detti type;
- TRNExe: esegue la simulazione vera e propria tramite un processo iterativo risolve ad ogni passo le equazioni del sistema;
- TRNBuild: è un'interfaccia che permette la realizzazione del modello dell'edificio tramite la definizione di zone climatiche, di cui successivamente Simulation Studio determinerà i parametri di interesse.

### 5.2 Modellazione attraverso l'interfaccia TRNBuild

TRNBuild è l'interfaccia che permette di configurare il modello dell'edificio ed i relativi dati di input-output [30].

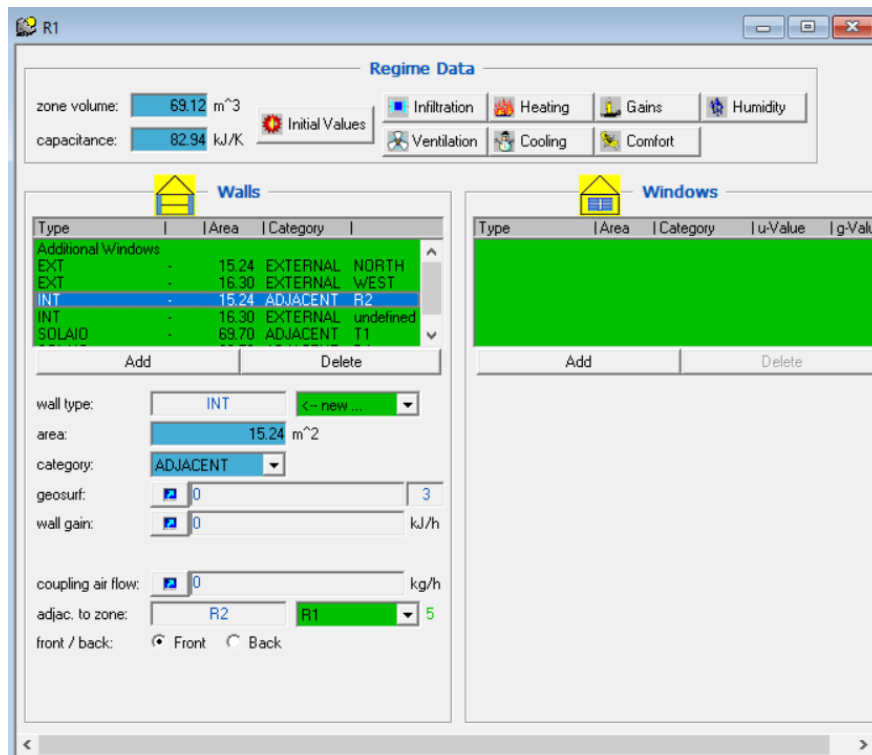
Si possono inserire i dati generali del progetto e definirne "input" ed "output", cioè i dati in ingresso ed in uscita richiesti dall'utente.

Tramite questa interfaccia si possono inoltre creare e gestire le zone termiche. Si è deciso di identificare ogni locale con una zona termica invece che condensare in macro-zone più stanze di uno stesso piano; questo per poter effettuare un'analisi più dettagliata e precisa dell'edificio. Questa finestra descrive tutte quelle informazioni che definiscono una zona termica che a loro volta si dividono in quattro gruppi principali:

In Figura 23 è rappresentata l'interfaccia attraverso la quale il software permette di definire le caratteristiche di ogni zona termica:

- Dimensioni della zona termica;
- Definizione di pareti confinanti con altre zone termiche (Adjacent) o con l'ambiente esterno (External);
- Caratteristiche termotecniche delle superfici opache e trasparenti;
- Definizione dei carichi termici interni alla zona termica;
- Frequenza oraria di ricambi d'aria;
- Caratteristiche dell'impianto di riscaldamento;
- Caratteristiche dell'impianto di raffrescamento;
- Caratteristiche dell'impianto di ventilazione;
- Caratteristiche igrometriche dell'aria.





**Figura 22: Interfaccia TRNSYS per la definizione dei parametri di zona**

Si è proceduto all'individuazione delle aree termiche da analizzare nel corso dello studio. La ripartizione dei vari piani in zone termiche è stata effettuata sempre seguendo le direttive imposte dalla norma UNI/TS 11300-1 [25] che detta le condizioni per la suddivisione dell'edificio in sotto aree denominate "Zone Termiche": "ogni porzione di edificio, climatizzata ad una determinata temperatura con identiche modalità di regolazione, costituisce una zona termica".

La zonizzazione non è richiesta se si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni:

- le temperature interne di regolazione per il riscaldamento differiscono di non oltre 4K;
- gli ambienti non sono raffrescati o comunque le temperature interne di regolazione per il raffrescano differiscono di non oltre 4K;
- gli ambienti sono serviti dallo stesso impianto di climatizzazione;
- se vi è un impianto di ventilazione meccanica, almeno l'80% dell'area climatizzata è servita dallo stesso impianto di ventilazione con tassi di ventilazione nei diversi ambienti che non differiscono di un fattore maggiore di 4;
- se vi è il controllo dell'umidità, le umidità relative interne di regolazione differiscono non oltre 20 punti percentuali".

Seguendo tale definizione è stato possibile suddividere tutto l'edificio in 40 zone termiche, pari a gli appartamenti presenti.

Seguendo tale definizione è stato possibile suddividere tutto l'edificio in 5 aree termiche univoche relative alle 5 tipologie di appartamenti presenti nell'edificio.

Il dettaglio della ripartizione dell'edificio è riportato nelle planimetrie seguenti:

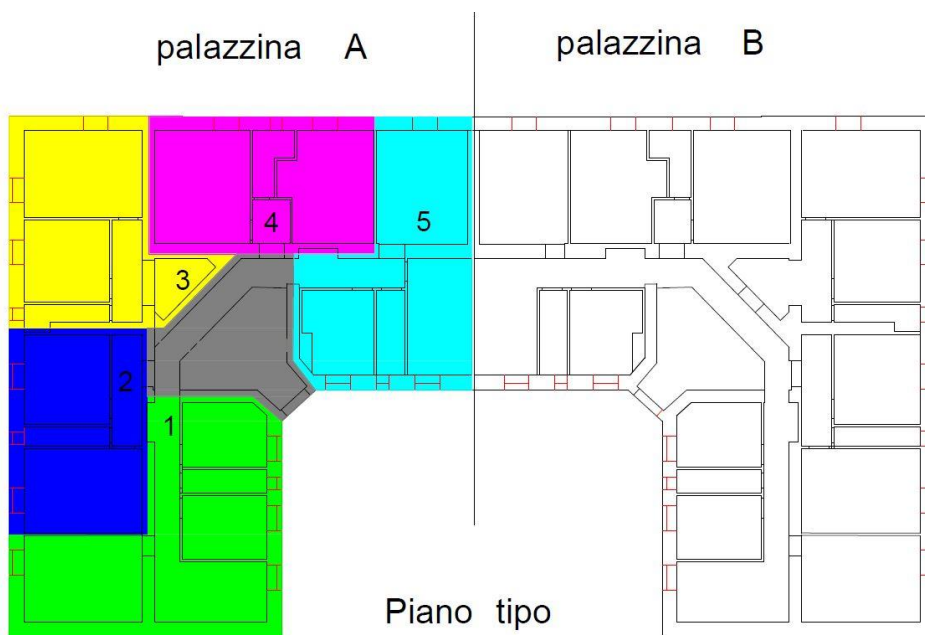


Figura 23: aree termiche uniformi relative alle 5 tipologie di appartamento

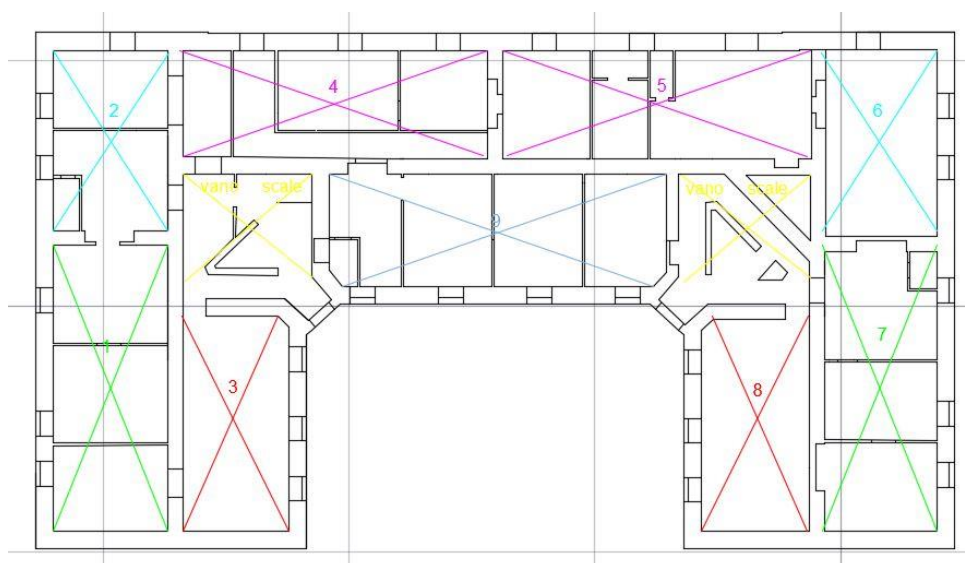


Figura 24: Planimetria piano interrato area non riscaldata

Definita la ripartizione dell’edificio si è proceduto alla caratterizzazione di ogni singola zona termica determinandone le proprietà indispensabili per il calcolo del regime termico all’interno dell’edificio. Come prima cosa vengono specificati i dati iniziali, che sono rappresentati dal volume della zona, dalla sua capacità termica (calcolata in maniera automatica dal software una volta inserito il volume, moltiplicando tale dato per 1.2), e dalla temperatura e umidità iniziali (rispettivamente poste uguali a 20 °C e 50 U.R.). Una volta definite le aree termiche e le loro caratteristiche iniziali si passa all’inserimento delle componenti opache, che possono essere selezionate dalla libreria presente nel programma oppure definite dall’utente in base alle proprie esigenze. Ogni parete ha una specifica stratigrafia, che a sua volta può essere determinata da materiali edili contenuti nella libreria del programma oppure definiti dall’utente, impostandone i valori di densità, capacità termica specifica e conducibilità termica. TRNBuild permette allo sviluppatore del modello di creare nuovi pacchetti murari che abbiano le caratteristiche desiderate, attraverso l’opzione “Wall Type Manager”. Tramite il software, quindi, sono stati implementati i pacchetti murari esterni, interni, i solai interpiano, il solaio di fondazione, il tetto e le finestrate che appartengono ad ogni singola zona termica.

Le finestre presenti nell'edificio sono state modellate tramite la funzione "Windows Type Manager" che ha permesso di definire le caratteristiche termiche della vetrata presente nell'edificio.

La stratigrafia e le proprietà dei materiali componenti l'involucro e le finestre sono state ampiamente già descritte nel paragrafo 4.1.

Ogni zona è infine caratterizzata da diversi regimi e carichi termici:

1. Infiltrazione: definisce il tasso di ricambio dell'aria che si sposta da una zona all'altra (anche verso l'esterno);
2. Ventilazione: definisce se è presente o meno un flusso d'aria proveniente dal terminale di riscaldamento o raffrescamento o proveniente da un sistema proprio di ventilazione meccanica;
3. Riscaldamento: definisce se nella zona è presente o meno il riscaldamento e ne specifica la temperatura di settaggio, il potere di riscaldamento radiante e l'umidificazione dell'aria;
4. Raffrescamento: analogamente definisce se è presente o no il raffrescamento e le sue specifiche;
5. Apporti interni: definisce i diversi carichi interni dovuti alla presenza di persone, di elettrodomestici, lampade ed illuminazione od altri carichi energetici.

Si è quindi andati a definire per ogni zona la presenza o meno di tali regimi. Per quanto riguarda il riscaldamento ed il raffrescamento sono stati definiti stato di fatto con temperature di settaggio rispettivamente di 20 °C per la stagione invernale e 26 °C per la stagione estiva. Nella stagione del riscaldamento si calcolerà il profilo termico sul solo carico sensibile mentre nel caso del raffrescamento è inclusa anche la parte latente dell'energia richiesta, impostando il valore dell'umidità relativa a 50.

Nello "stato di fatto" il tasso di ricambio dell'aria per infiltrazione è stato posto uguale a 0.9 Vol/h poiché l'isolamento termico dell'involucro è praticamente assente; questo perché è stato realizzato in un periodo storico in cui non veniva posta alcuna attenzione alla tenuta termica dell'involucro.

L'unica ventilazione presente è quella naturale, che corrisponde all'infiltrazione definita precedentemente.

L'entità dei carichi interni è stata calcolata tenendo conto delle persone e delle attività che svolgono nell'edificio. Il programma TRNBuild, fa riferimento alla normativa ISO 7730 e permette di definire tramite l'opzione dei regimi heat gains il numero di persone che svolgono una attività, il grado d'intensità di questa occupazione e dunque il suo relativo carico totale (diviso in sensibile e latente). Di seguito viene allegata la Tabella in cui sono riportate le diverse attività svolte nell'edificio ed il relativo carico sensibile/latente.

**Tabella 13 : Apporto termico derivante dall'occupancy**

No.	Degree of Activity	Typical Application	Total Heat Adjusted		Sensible Heat		Latent Heat	
			Watts	Btu/h	Watts	Btu/h	Watts	Btu/h
<input type="radio"/> 01	Seated at rest	Theatre, Movie	100	350	60	210	40	140
<input type="radio"/> 02	Seated, very light writing	Office, Hotels, Apts	120	420	65	230	55	190
<input type="radio"/> 03	Seated, eating	Restaurant	170	580	75	255	95	325
<input checked="" type="radio"/> 04	Seated, light work, typing	Office, Hotels, Apts	150	510	75	255	75	255
<input type="radio"/> 05	Standing, light work or working slowly	Retail Store, Bank	185	640	90	315	95	325
<input type="radio"/> 06	light bench work	Factory	230	780	100	345	130	435
<input type="radio"/> 07	walking 1,3 m/s (3 mph) light machine work	Factory	305	1040	100	345	205	695
<input type="radio"/> 08	Bowling	Bowling Alley	280	960	100	345	180	615
<input type="radio"/> 09	moderate dancing	Dance Hall	375	1280	120	405	255	875
<input type="radio"/> 10	Heavy work, lifting Heavy machine work	Factory	470	1600	165	565	300	1035
<input type="radio"/> 11	Heavy work, athletics	Gymnasium	525	1800	185	635	340	1165

Per determinare la quota parte di carichi dovuti all'illuminazione è stato moltiplicato il valore di densità di potenza installata ( $W/m^2$ ) per l'estensione della superficie. Tramite il software è stata selezionata una strategia di controllo dell'accensione dell'impianto di illuminazione all'interno della zona termica. Allo stato attuale nell'edificio di ATER non esiste un sistema di controllo e gestione dell'impianto di illuminazione centralizzato e per tale motivo si è optato per la tipologia di accensione manuale. Il software permette anche di stabilire il fenomeno per cui avviene la trasmissione del calore (irraggiamento, convezione o conduzione). Attualmente l'illuminazione è affidata sostanzialmente a lampade a fluorescenza. Oltre ai carichi termici relativi all'illuminazione sono stati implementati gli altri carichi termici derivanti dalle apparecchiature elettriche quali: computer, stampanti ed elettrodomestici. Per ognuno di questi sono stati definiti, l'orario di funzionamento e la potenza termica generata sulla base della schedule di occupancy.

### 5.3 Simulazione dinamica con l'interfaccia Simulation Studio

Una volta completata la configurazione dell'edificio, tramite questa interfaccia è possibile assemblare i diversi componenti che andranno a creare la simulazione. Ogni type è definita da un modello matematico, in Fortran o mediante i più comuni linguaggi (C++, Pascal), che ne descrive il comportamento.

Nelle type vengono letti i dati di input provenienti da altre type o file esterni, vengono elaborati secondo il loro modello matematico e viene restituito gli output, che possono essere visualizzati su un file esterno od analogamente possono diventare i dati di input di altre type. Oltre alle type è necessario impostare i parametri generali della simulazione, cioè le modalità con cui interagiranno i componenti, l'intervallo temporale in cui avviene la simulazione ed il passo al quale calcolare i dati.

Il calcolo del fabbisogno di energia in regime dinamico si differenzia notevolmente rispetto quello in regime stazionario, cioè quello indicato dalla norma UNI TS 11300. Quello dinamico si basa principalmente su un bilancio termico su base oraria che tiene conto dell'accumulo e del rilascio termico dei componenti dell'edificio:

$$DQ_{air}dt + Q_{heat} - Q_{cool} + Q_{inf} + Q_{vent} + Q_{coup} + Q_{trasm} + Q_{Gint} + Q_{Wgain} + Q_{sol-gain} = 0 \quad (1)$$

dove, avendo tutti la stessa unità di misura kJ/h:

- $DQ_{air}dt$  rappresenta la variazione di energia interna alla zona;
- $Q_{heat}$  rappresenta il fabbisogno energetico utile per riscaldare la zona;
- $Q_{cool}$  rappresenta il fabbisogno energetico utile per raffreddare la zona;
- $Q_{inf}$  rappresenta la quantità di energia dovuta agli apporti per infiltrazione;
- $Q_{vent}$  rappresenta la quantità di energia dovuta agli apporti per ventilazione;
- $Q_{coup}$  rappresenta l'apporto per convezione del flusso d'aria che va da una zona all'altra;
- $Q_{trasm}$  rappresenta la quantità di energia termica scambiata per trasmissione dai componenti edilizi opachi;
- $Q_{Gint}$  rappresenta la quantità di energia dovuta agli apporti interni;
- $Q_{Wgain}$  rappresenta l'energia interna dei componenti edilizi;
- $Q_{sol-gain}$  rappresenta la quantità d'energia fornita dagli apporti solari tramite parti opache e trasparenti.

Ad ogni zona termica è associata una determinata quantità di volume d'aria ed i flussi termici scambiati attraverso i vari componenti dell'involucro sono determinati attraverso i fattori di risposta.

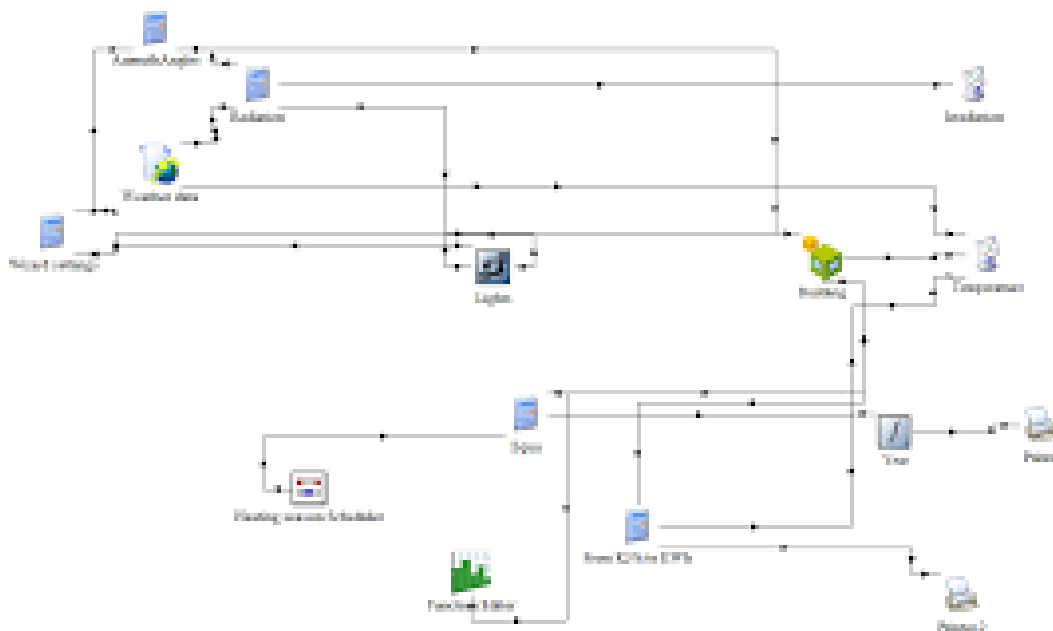
Vengono integrate le equazioni differenziali con condizioni al contorno note come funzioni continue ad intervalli discreti.

Di seguito sono state riportate le type utilizzate nella simulazione e le loro relative configurazioni:

- Type 9 = Questo componente legge i dati ad intervalli regolari di tempo da un file esterno a Simulation Studio, convertirli nelle unità di misura desiderate e renderle disponibili per gli altri componenti come funzioni tempo-dipendenti;

- Type 25 = La type stampante è usata per visualizzare le variabili del sistema;
- Type 33 = Questa type ha come input la temperatura di bulbo secco e l'umidità relativa dell'aria ambiente;
- Type 56 = Con questa type si modella il comportamento termico di un edificio;
- Type 69 = Questo componente determina l'effettiva temperatura del cielo, che è usata per calcolare lo scambio di radiazione ad alta lunghezza d'onda tra una arbitraria superficie esterna e l'atmosfera;
- Type 109 = Questa type legge i dati meteorologici ad intervalli regolari di tempo da un file dati esterno, convertirli nelle unità di misura desiderate ed in seguito processare i dati della radiazione solare per ottenere la radiazione sulla superficie inclinata ed il relativo angolo d'incidenza.

Si collegano le diverse type tra di loro (come illustrato nella Figura 26), vengono cioè assegnati i valori dei parametri di ogni type e vengono creati i file esterni che sono necessari per poter leggere i dati in ingresso.



**Figura 25:** Schermata connessioni dei componenti della simulazione

## 6 Analisi energetica dello stato di fatto

Nel seguente paragrafo verranno illustrati i risultati ottenuti con il modello precedentemente illustrato relativi allo stato di fatto dello stabile oggetto dello studio. L'analisi condotta verrà analizzerà i consumi derivanti dal condizionamento degli ambienti evidenziando la ripartizione dei consumi elettrici e termici tra le varie zone termiche. I risultati ottenuti verranno successivamente confrontati con i consumi fatturati in bolletta.

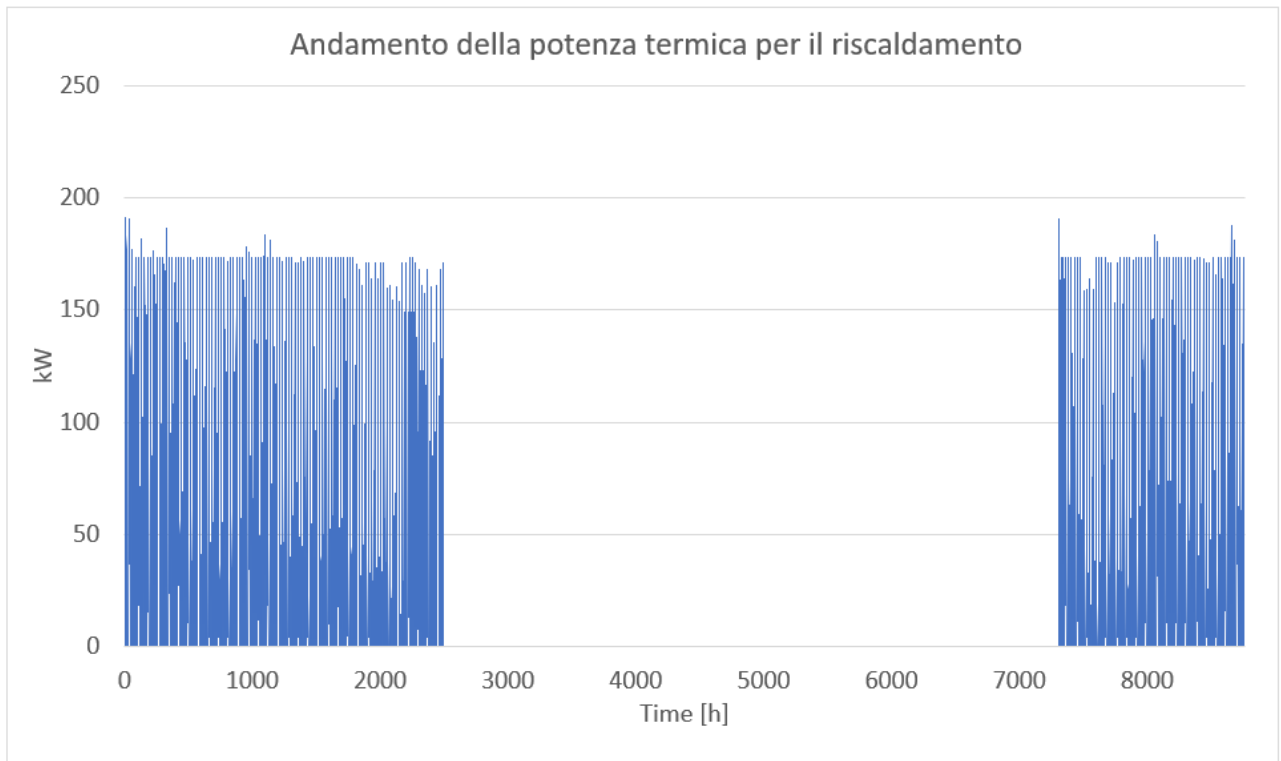
### 6.1 Calcolo dei fabbisogni netti di energia

I risultati che si ricavano da Simulation Studio sono i valori ottenuti ora per ora nell'intervallo di un anno per lo "stato di fatto" dei fabbisogni di energia per climatizzare ogni singola zona. I fabbisogni così calcolati sono stati suddivisi in regime di riscaldamento e raffrescamento, a sua volta in carico sensibile e latente, per poi sommare il valore di ogni singola zona ottenendo così il valore globale mensile dell'edificio; dai valori mensili infine si può ricavare facilmente il fabbisogno annuo dell'intero edificio, come riportata nella Tabella seguente.

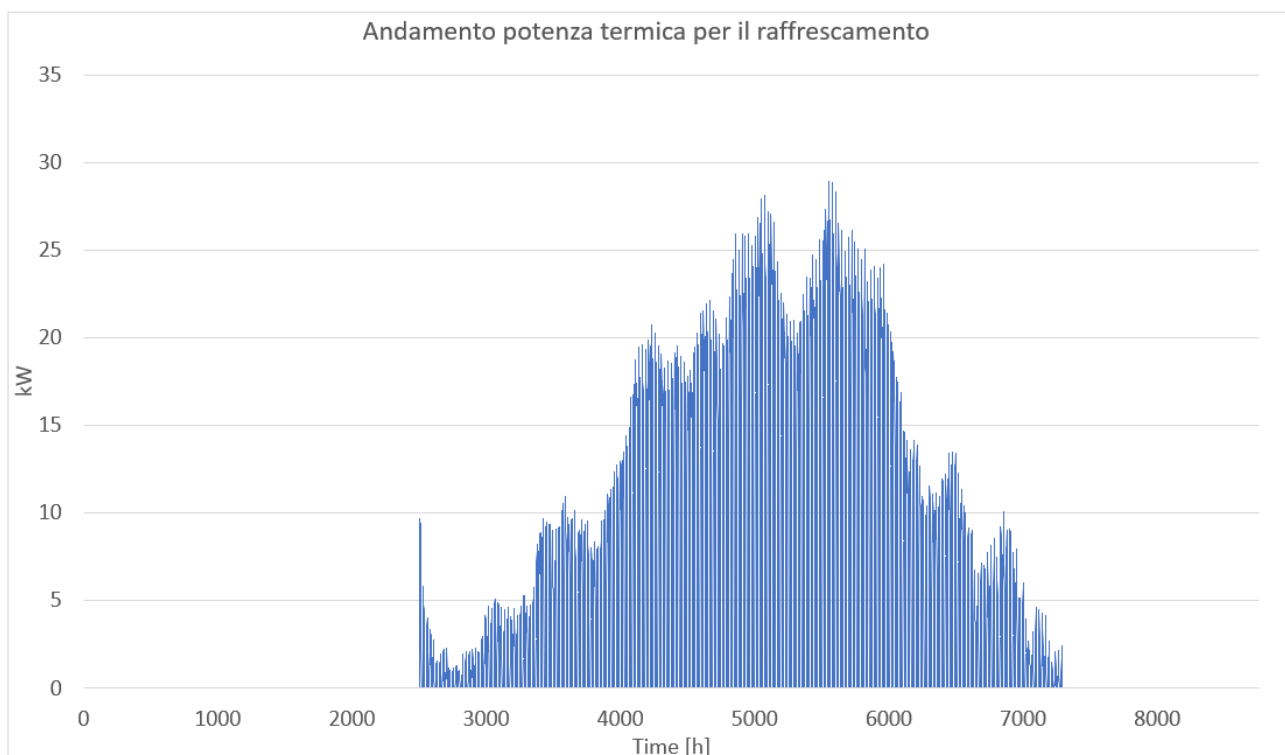
**Tabella 14: Elenco dei fabbisogni netti di riscaldamento, raffrescamento sensibile/latente]**

<b>SDF</b>	<b>Fabbisogno globale riscaldamento [kWh]</b>	<b>Fabbisogno globale ACS [kWh]</b>
Gennaio	45680	10847
Febbraio	38823	9767
Marzo	35655	10847
Aprile	16134	10499
Maggio	0	10847
Giugno	0	8582
Luglio	0	8868
Agosto	0	8868
Settembre	0	8996
Ottobre	1577	9924
Novembre	37350	10499
Dicembre	44152	10847
<b>TOTALE</b>	<b>219372</b>	<b>119390</b>

Vengono inoltre proposti gli andamenti della potenza termica per riscaldamento, Figura 27, e della potenza termica per raffrescamento, Figura 26:



**Figura 26:** Andamento potenza termica oraria per riscaldamento



**Figura 27 :** Andamento potenza termica oraria per raffrescamento

Per quanto riguarda l'energia necessaria a produrre e fornire l'acqua calda sanitaria si è adoperato il metodo illustrato nella norma UNI/TS 11300-2. La temperatura di alimentazione è pari a 13.1 °C, valore misurato; quella di erogazione invece deve essere di almeno 40 °C.

$$Q_{ACS,i} = \sum \rho c V_{ACS,i} ( t_{EROG} - t_{ALIM} ) G_i \quad (2)$$

dove l'indice i rappresenta i mesi, a partire da Gennaio per i=1.

I valori del fabbisogno termico per l'acqua calda sanitaria sono riportati nella tabella di seguito riportata:

**Tabella 15: Elenco dei fabbisogni netti di ACS per l'edificio**

SDF	Fabbisogno netto ACS [kWh]
Gennaio	8558
Febbraio	7706
Marzo	8558
Aprile	8283
Maggio	8558
Giugno	6771
Luglio	6997
Agosto	6997
Settembre	7098
Ottobre	7830
Novembre	8283
Dicembre	8558
<b>Totale</b>	<b>94195</b>

## 6.2 Calcolo dei fabbisogni globali di energia

Tramite la simulazione dinamica del programma TRNSYS si è riusciti a stimare il fabbisogno mensile per lo "stato di fatto", dell'energia necessaria al riscaldamento, al raffrescamento ed alla produzione di acqua calda sanitaria.

Bisogna però tenere conto anche delle prestazioni energetiche degli impianti e delle relative perdite e dissipazioni, per fare ciò ci si affida nuovamente alla norma UNI TS 11300-2. Si procede dividendo il sistema generale dei diversi impianti in ulteriori sottosistemi e si assegna un rendimento stagionale ad ognuno di loro. Generalmente i sottosistemi in cui si divide un sistema più grande risultano essere:

- Emissione
- Regolazione
- Distribuzione
- Accumulo
- Generazione

Per lo "stato di fatto" tali valori sono interamente stimati tramite i procedimenti della norma UNI TS 11300-2, risulta quindi per l'impianto di riscaldamento nella sua totalità:

1. Emissione: l'edificio ha un carico termico medio annuo maggiore di 10 W/m<sup>3</sup>, l'altezza media dei locali è minore di 4 m ed i terminali di impianto sono dei radiatori posizionati su pareti esterne che non sono isolate, pertanto il valore finale corrisponde a 0.92 - 0.04 = 0.88;



2. Regolazione: avendo un sistema di emissione a bassa inerzia termica e la regolazione dell'edificio a zona con regolatore on/off, risulta un valore di 0.93;
3. Distribuzione: l'edificio ha un isolamento termico praticamente inesistente ed ha un impianto di riscaldamento centralizzato tradizionale per il quale risulta quindi un valore pari a 0.887.

Si ottiene dunque un valore del rendimento globale, comprendente anche il rendimento di generazione, pari al 72.59%, che insieme ai valori mensili di energia termica utile ci permette di ricavare il fabbisogno mensile di energia primaria dell'edificio.

**Tabella 16: Fabbisogni globali di riscaldamento, raffrescamento ed ACS per lo "stato di fatto"**

SDF	Fabbisogno globale riscaldamento [kWh]	Fabbisogno globale ACS [kWh]
Gennaio	45680	10847
Febbraio	38823	9767
Marzo	35655	10847
Aprile	16134	10499
Maggio	0	10847
Giugno	0	8582
Luglio	0	8868
Agosto	0	8868
Settembre	0	8996
Ottobre	1577	9924
Novembre	37350	10499
Dicembre	44152	10847
<b>Totale</b>	<b>219372</b>	<b>119390</b>

Per quanto riguarda il sottosistema dell'acqua calda sanitaria si ha che il valore del rendimento medio stagionale corrisponde a 78.897%, ed è stato ricavato dai seguenti rendimenti:

Erogazione = 0.95

Distribuzione utenza = 0.893

Accumulo = 0.893

I grafici sotto riportati evidenziano la prevalenza di calore sensibile legato al riscaldamento in quanto il sistema di climatizzazione estiva è presente in soli 12 appartamento dell'edificio su 40 totali.

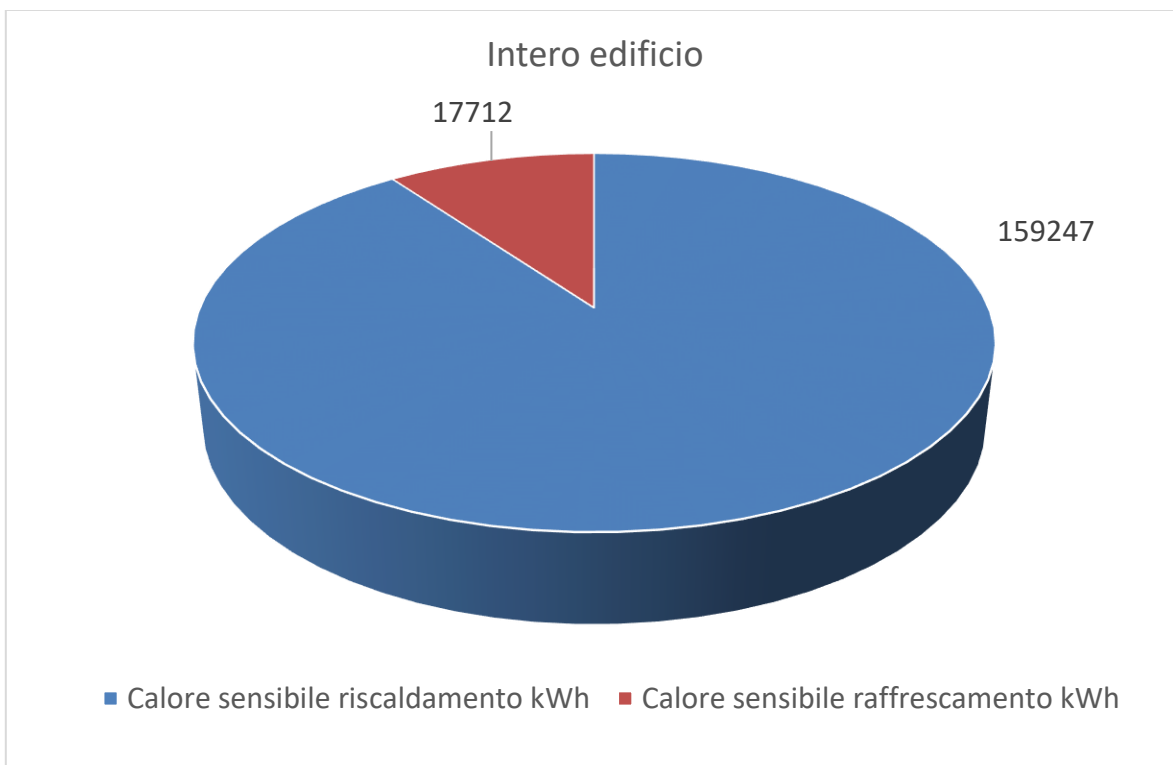


Figura 28: Ripartizione energia termica distribuita

Il consumo elettrico delle 14 pompe di calore è riportato in Figura 30, mentre in Tabella 17 è riportato l'assorbimento annuale di energia elettrica dalla rete di distribuzione elettrica.

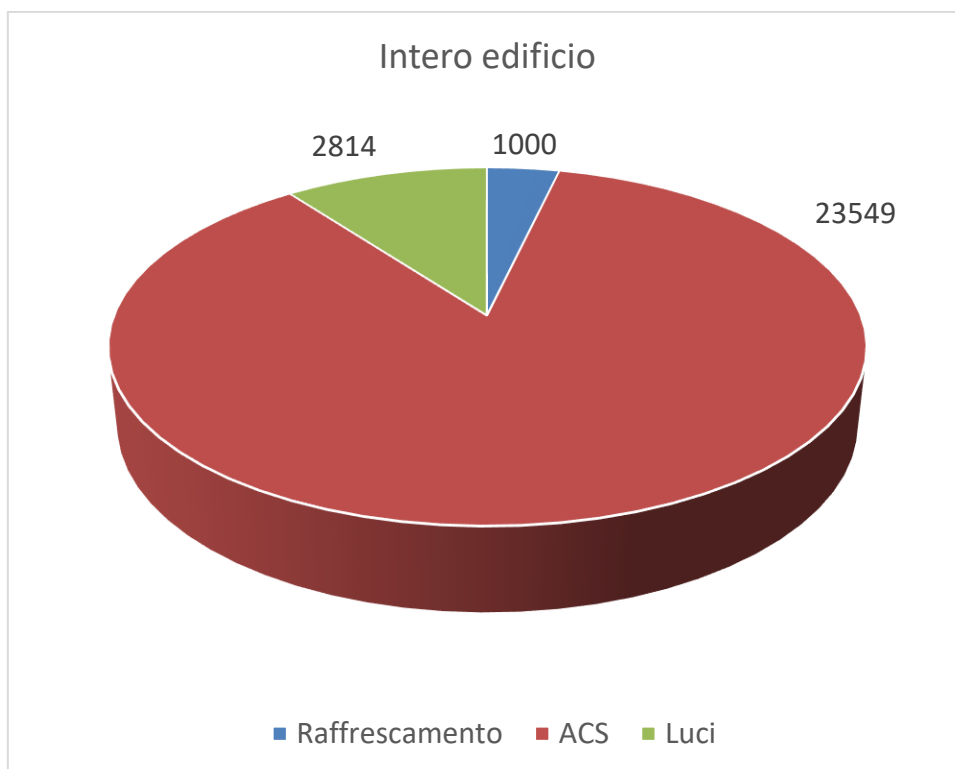


Figura 29: Andamento Energia elettrica oraria assorbita dalle Pompe di calore

**Tabella 17 Assorbimenti elettrici annuo**

<b>RIPARTIZIONE ASSORBIMENTO ELETTRICO CLIMATIZZAZIONE</b>	
Apparato di generazione	MWh/anno
Pompe di calore	1
Illuminazione	2.81
<b>TOTALE</b>	<b>3.81</b>

Per la ripartizione dell'assorbimento elettrico annuo le pompe di calore raggiungono i consumi di 1 MWh/anno.

### 6.3 Calibrazione del modello energetico

La calibrazione del modello dell'edificio è stata effettuata confrontando le firme energetiche ottenute dalla valutazione d'esercizio e dalla valutazione adattata all'utenza, sia per la componente elettrica che per la componente termica per 5 tipologie di appartamento tipo, che si possono ritrovare nell'immobile.

I risultati vengono riportati nelle Tabelle 18-27 per cinque tipologie di appartamento, che sono rappresentative dell'interno edificio.

Le caratteristiche degli appartamenti presi in esame per la calibrazione del codice sono state riassunte precedentemente, nella tabella 6.

**Tabella 18 : Confronto fra la valutazione d'esercizio e la valutazione adattata all'utenza parte termica APPARTAMENTO 1**

<b>Confronto APPARTAMENTO 1</b>			
<b>MESE</b>	<b>Componente termica</b>		
	<b>Valutazione d'esercizio [kWh]</b>	<b>Valutazione Adattata all'utenza [kWh]</b>	<b>Differenza Percentuale [%]</b>
<b>GENNAIO</b>	32.10	33.70	-5%
<b>FEBBRAIO</b>	28.90	29.65	-3%
<b>MARZO</b>	33.70	35.70	-6%
<b>APRILE</b>	34.50	32.47	6%
<b>MAGGIO</b>	37.50	33.38	11%
<b>GIUGNO</b>	40.20	37.69	6%
<b>LUGLIO</b>	38.10	36.14	5%
<b>AGOSTO</b>	35.90	33.38	7%
<b>SETTEMBRE</b>	28.10	28.14	0%
<b>OTTOBRE</b>	27.30	29.04	-6%
<b>NOVEMBRE</b>	35.50	32.67	8%
<b>DICEMBRE</b>	37.10	33.70	9%

**Tabella 19 : Confronto fra la valutazione d’esercizio e la valutazione adattata all’utenza parte elettrica  
APPARTAMENTO 1**

<b>Confronto APPARTAMENTO 1</b>			
<b>MESE</b>	<b>Componente elettrica</b>		
	<b>Valutazione d’esercizio [kWh]</b>	<b>Valutazione Adattata all’utenza [kWh]</b>	<b>Differenza Percentuale [%]</b>
<b>GENNAIO</b>	388	430	-11%
<b>FEBBRAIO</b>	362	385	-6%
<b>MARZO</b>	399	421	-5%
<b>APRILE</b>	371	377	-2%
<b>MAGGIO</b>	339	373	-10%
<b>GIUGNO</b>	359	357	0%
<b>LUGLIO</b>	367	366	0%
<b>AGOSTO</b>	281	366	-30%
<b>SETTEMBRE</b>	351	355	-1%
<b>OTTOBRE</b>	379	376	1%
<b>NOVEMBRE</b>	379	410	-8%
<b>DICEMBRE</b>	451	429	5%

**Tabella 20 : Confronto fra la valutazione d’esercizio e la valutazione adattata all’utenza parte termica  
APPARTAMENTO 2**

<b>Confronto APPARTAMENTO 2</b>			
<b>MESE</b>	<b>Componente termica</b>		
	<b>Valutazione d’esercizio [kWh]</b>	<b>Valutazione Adattata all’utenza [kWh]</b>	<b>Differenza Percentuale [%]</b>
<b>GENNAIO</b>	8.92	7.74	-13%
<b>FEBBRAIO</b>	7.99	6.95	-13%
<b>MARZO</b>	8.72	7.73	-11%
<b>APRILE</b>	8.73	7.47	-14%
<b>MAGGIO</b>	8.79	7.77	-12%
<b>GIUGNO</b>	9.10	7.56	-17%
<b>LUGLIO</b>	8.90	7.78	-13%
<b>AGOSTO</b>	3.99	7.77	95%
<b>SETTEMBRE</b>	7.90	7.46	-6%
<b>OTTOBRE</b>	8.80	7.72	-12%
<b>NOVEMBRE</b>	9.20	7.49	-19%
<b>DICEMBRE</b>	9.70	7.74	-20%

**Tabella 21 Confronto fra la valutazione d'esercizio e la valutazione adattata all'utenza parte elettrica  
APPARTAMENTO 2**

<b>Confronto APPARTAMENTO 2</b>			
<b>MESE</b>	<b>Componente elettrica</b>		
	<b>Valutazione d'esercizio [kWh]</b>	<b>Valutazione Adattata all'utenza [kWh]</b>	<b>Differenza Percentuale [%]</b>
<b>GENNAIO</b>	183	168	8%
<b>FEBBRAIO</b>	171	151	12%
<b>MARZO</b>	191	162	15%
<b>APRILE</b>	138	147	-7%
<b>MAGGIO</b>	158	145	8%
<b>GIUGNO</b>	131	136	-4%
<b>LUGLIO</b>	201	187	7%
<b>AGOSTO</b>	196	194	1%
<b>SETTEMBRE</b>	143	139	3%
<b>OTTOBRE</b>	150	149	1%
<b>NOVEMBRE</b>	134	158	-18%
<b>DICEMBRE</b>	152	167	-10%

**Tabella 22 : Confronto fra la valutazione d'esercizio e la valutazione adattata all'utenza parte termica  
APPARTAMENTO 3**

<b>Confronto APPARTAMENTO 3</b>			
<b>MESE</b>	<b>Componente termica</b>		
	<b>Valutazione d'esercizio [kWh]</b>	<b>Valutazione Adattata all'utenza [kWh]</b>	<b>Differenza Percentuale [%]</b>
<b>GENNAIO</b>	14.21	15.93	-12%
<b>FEBBRAIO</b>	11.61	13.83	-19%
<b>MARZO</b>	13.39	15.36	-15%
<b>APRILE</b>	13.21	14.46	-9%
<b>MAGGIO</b>	15.30	15.74	-3%
<b>GIUGNO</b>	11.10	14.82	-34%
<b>LUGLIO</b>	14.93	15.22	-2%
<b>AGOSTO</b>	12.10	15.74	-30%
<b>SETTEMBRE</b>	15.20	15.60	-3%
<b>OTTOBRE</b>	18.20	16.14	11%
<b>NOVEMBRE</b>	14.82	15.43	-4%
<b>DICEMBRE</b>	14.20	15.93	-12%



**Tabella 23 : Confronto fra la valutazione d’esercizio e la valutazione adattata all’utenza parte elettrica  
APPARTAMENTO 3**

<b>Confronto APPARTAMENTO 3</b>			
<b>MESE</b>	<b>Componente elettrica</b>		
	<b>Valutazione d’esercizio [kWh]</b>	<b>Valutazione Adattata all’utenza [kWh]</b>	<b>Differenza Percentuale [%]</b>
<b>GENNAIO</b>	211	204	3%
<b>FEBBRAIO</b>	189	181	4%
<b>MARZO</b>	218	194	11%
<b>APRILE</b>	176	174	1%
<b>MAGGIO</b>	179	173	3%
<b>GIUGNO</b>	167	161	4%
<b>LUGLIO</b>	181	166	9%
<b>AGOSTO</b>	169	166	1%
<b>SETTEMBRE</b>	178	169	5%
<b>OTTOBRE</b>	193	180	7%
<b>NOVEMBRE</b>	202	193	4%
<b>DICEMBRE</b>	301	203	33%

**Tabella 24 : Confronto fra la valutazione d’esercizio e la valutazione adattata all’utenza parte termica  
APPARTAMENTO 4**

<b>Confronto APPARTAMENTO 4</b>			
<b>MESE</b>	<b>Componente termica</b>		
	<b>Valutazione d’esercizio [kWh]</b>	<b>Valutazione Adattata all’utenza [kWh]</b>	<b>Differenza Percentuale [%]</b>
<b>GENNAIO</b>	18.20	16.21	11%
<b>FEBBRAIO</b>	15.30	14.44	6%
<b>MARZO</b>	17.40	16.98	2%
<b>APRILE</b>	14.80	15.82	-7%
<b>MAGGIO</b>	17.70	16.20	8%
<b>GIUGNO</b>	18.10	17.52	3%
<b>LUGLIO</b>	17.98	17.15	5%
<b>AGOSTO</b>	15.10	16.20	-7%
<b>SETTEMBRE</b>	13.20	13.86	-5%
<b>OTTOBRE</b>	15.90	14.31	10%
<b>NOVEMBRE</b>	17.20	15.70	9%
<b>DICEMBRE</b>	21.10	16.21	23%

**Tabella 25 : Confronto fra la valutazione d’esercizio e la valutazione adattata all’utenza parte elettrica  
APPARTAMENTO 4**

<b>Confronto APPARTAMENTO 4</b>			
<b>MESE</b>	<b>Componente elettrica</b>		
	<b>Valutazione d’esercizio [kWh]</b>	<b>Valutazione Adattata all’utenza [kWh]</b>	<b>Differenza Percentuale [%]</b>
<b>GENNAIO</b>	253	241	5%
<b>FEBBRAIO</b>	238	216	9%
<b>MARZO</b>	265	236	11%
<b>APRILE</b>	239	212	11%
<b>MAGGIO</b>	242	207	14%
<b>GIUGNO</b>	257	207	19%
<b>LUGLIO</b>	255	259	-2%
<b>AGOSTO</b>	179	259	-45%
<b>SETTEMBRE</b>	218	196	10%
<b>OTTOBRE</b>	245	207	16%
<b>NOVEMBRE</b>	289	229	21%
<b>DICEMBRE</b>	310	241	22%

**Tabella 26 : Confronto fra la valutazione d’esercizio e la valutazione adattata all’utenza parte termica  
APPARTAMENTO 5**

<b>Confronto APPARTAMENTO 5</b>			
<b>MESE</b>	<b>Componente termica</b>		
	<b>Valutazione d’esercizio [kWh]</b>	<b>Valutazione Adattata all’utenza [kWh]</b>	<b>Differenza Percentuale [%]</b>
<b>GENNAIO</b>	15.40	16.90	-10%
<b>FEBBRAIO</b>	13.20	14.95	-13%
<b>MARZO</b>	18.30	18.09	1%
<b>APRILE</b>	15.30	16.47	-8%
<b>MAGGIO</b>	18.80	16.79	11%
<b>GIUGNO</b>	21.60	19.13	11%
<b>LUGLIO</b>	17.40	18.26	-5%
<b>AGOSTO</b>	15.80	16.79	-6%
<b>SETTEMBRE</b>	12.30	14.12	-15%
<b>OTTOBRE</b>	13.50	14.56	-8%
<b>NOVEMBRE</b>	16.90	16.39	3%
<b>DICEMBRE</b>	18.70	16.90	10%

**Tabella 27: Confronto fra la valutazione d’esercizio e la valutazione adattata all’utenza parte elettrica APPARTAMENTO 5**

<b>Confronto APPARTAMENTO 5</b>			
<b>MESE</b>	<b>Componente elettrica</b>		
	<b>Valutazione d’esercizio [kWh]</b>	<b>Valutazione Adattata all’utenza [kWh]</b>	<b>Differenza Percentuale [%]</b>
<b>GENNAIO</b>	298	285	4%
<b>FEBBRAIO</b>	261	256	2%
<b>MARZO</b>	255	281	-10%
<b>APRILE</b>	247	252	-2%
<b>MAGGIO</b>	230	247	-7%
<b>GIUGNO</b>	227	236	-4%
<b>LUGLIO</b>	236	240	-2%
<b>AGOSTO</b>	230	240	-4%
<b>SETTEMBRE</b>	255	235	8%
<b>OTTOBRE</b>	238	249	-5%
<b>NOVEMBRE</b>	252	273	-8%
<b>DICEMBRE</b>	271	285	-5%

L’obiettivo della calibrazione del modello è validare i risultati ottenuti tramite il modello software e i consumi reali rilevati.

Si nota che lo scarto percentuale medio annuo per l’elettrico varia dal 2% all’ 11%, con discostamenti mensili abbastanza costanti per tutti gli appartamenti presi in considerazione. Ci sono alcuni casi in cui si nota una differenza percentuale molto alta, come ad esempio per il mese di Agosto dell’Appartamento 2. Questo potrebbe essere dovuto ad un non prevedibile cambio di occupancy durante tale mese.

Analizzando il consumo termico, anche qui la differenza percentuale media annua è in linea con in comparto elettrico, attestandosi tra l’1% e l’8%. I maggiori discostamenti si possono riscontrare nei mesi di Agosto e Dicembre. Anche in questo caso, essendo mesi particolari, si ipotizza che cambi l’occupancy all’interno degli appartamenti che purtroppo è una variabile non del tutto controllabile.

Nonostante alcuni valori fuori range, si può affermare che il software riesce a simulare con buona precisione l’andamento reale dei fabbisogni di energia elettrica e del gas per gli appartamenti considerati.

## 7 Identificazione e analisi energetica dei possibili interventi di retrofit e definizione dei relativi costi

Lo step fondamentale di una diagnosi energetica è l'individuazione di strategie valide per migliorare la situazione energetica del sito oggetto di studio. In questa sezione verranno descritti gli interventi proposti per efficientare energeticamente ATER al fine di raggiungere i parametri minimi per rientrare nella classe nZEB.

Gli interventi proposti sono volti al raggiungimento dei requisiti minimi per poter classificare l'edificio come nZEB. In Tabella 17 sono riportati i valori dei parametri per il calcolo dei requisiti nZEB riferiti allo stato attuale.

**Tabella 28 : Parametri nZEB**

SDF			
Parametri	u.m.	Requisiti	Stato Attuale
$H'_T$	[W/m <sup>2</sup> K]	≤ 0.68	1.47
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	[-]	≤ 0.040	0.05
$\eta_H$	[%]	≥ 0.81	0.72
$Ep_H$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 61.22	36.47
$Ep_{H,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 64.28	38.29
$\eta_w$	[%]	≥ 0.70	0.79
$Ep_w$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 6.12	6.12
$Ep_{w,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 6.43	6.43
$\eta_c$	[%]	≥ 0.81	0.85
$Ep_c$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 45.22	0.32
$Ep_{c,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 45.22	0.32
$Ep_t$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 2.5	-
$Ep_v$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	servizio energetico assente	
$Ep_L$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 26.15	-
$Ep_{gl}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 141.21	84.8
$P_{el,ren}$	[kW]	≥ 19.84	-
$CFE_{ren,ACS+CLIM}$	[%]	≥ 55.00	-
$CFE_{ren,ACS}$	[%]	≥ 55.00	-

**Tabella 29: Legenda parametri nZEB**

$H_T$ [W/ m <sup>2</sup> K]	coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente
$A_{sol,est}/ A_{sup\ utile}$ [-]	area solare equivalente estiva per unità di superficie utile;
$EP_{H,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
$\eta_H$ [-]	efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale;
$EP_H$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot") ;
$EP_{w,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria;
$\eta_w$ [-]	efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria;
$EP_w$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot");
$EP_v$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica per la ventilazione. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot");
$EP_{c,nd}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione termica utile per il raffrescamento;
$\eta_c$ [-]	efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità);
$EP_c$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità). Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot");
$EP_L$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale. Questo indice non si calcola per la categoria E.1, fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3). Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot");
$EP_T$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili). Questo indice non si calcola per la categoria E.1, fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3);
$EP_{gl} = EP_H + EP_w + EP_v + EP_c + EP_L + EP_T$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	indice di prestazione energetica globale dell'edificio. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot").

La tabella sopra esposta mostra come allo stato attuale l'edificio risulti al di fuori di alcuni dei parametri per essere classificato come nZEB. Gli indici di prestazione energetica relativi ai singoli servizi energetici presenti nell'edificio risultano essere al di sotto dei valori di soglia stabiliti in seguito allo studio dell'edificio di riferimento, come riportato nella norma UNI TS 11300. La presenza di pompe di calore e VRV consente di essere al di sopra delle soglie di produzione di energia termica (per ACS e ACS con riscaldamento e raffrescamento) da fonte rinnovabile.

Trattandosi di un edificio storico non può essere soggetto ad interventi che coinvolgano la muratura esterna, per tale motivo è di difficile raggiungimento il valore soglia di 0.53 del parametro di scambio termico globale dell'edificio.

L'intervento proposto è finalizzato quindi al raggiungimento del valore soglia di produzione di potenza elettrica da fonti rinnovabili, che nel caso oggetto di studio si attesta su di un valore di 9 kWp. Per tale motivo è stata prevista l'installazione di un impianto fotovoltaico da 9 kWp posizionato sulla copertura dell'edificio.



## 7.1 Interventi sugli impianti

La componente impiantistica condominiale sulla quale si è previsto un intervento migliorativo è l'impianto elettrico al quale collegare un nuovo impianto fotovoltaico.

### 7.1.1 Fotovoltaico

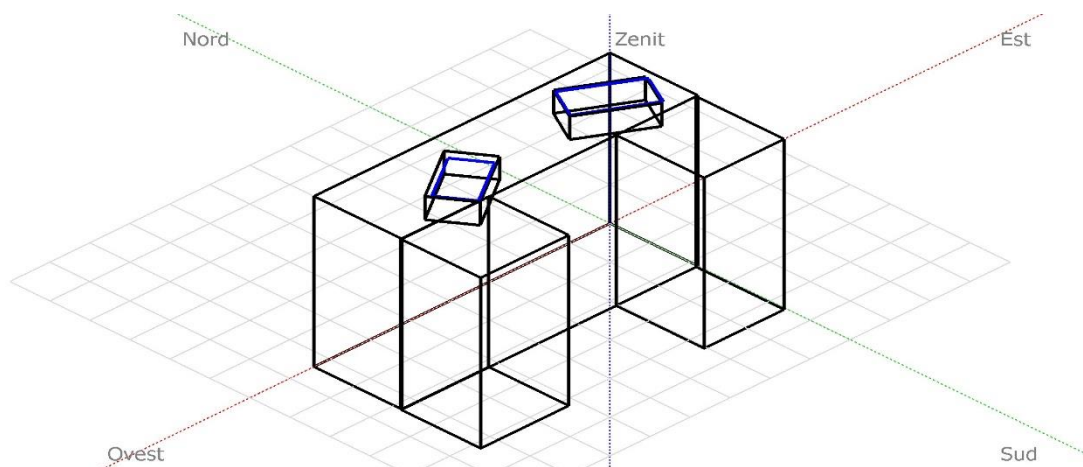
L'intervento di efficientamento che si propone prevede una soluzione solare sulle coperture dei due torrini delle scale A e B dell'edificio di Via Bramante.



**Figura 30 Torrino copertura vano scala condominiale**

La soluzione per ragioni di efficienza ed elevata integrazione impiantistica nell'involucro edilizio è ricaduta sulle uniche parti a basso impatto visivo e basso livello di ombreggiamento. Infatti, la posa è orizzontale integrata nel pavimento di copertura dei due torrini delle scale A e B massimizzando l'installazione di moduli nello spazio disponibile.

È stata effettuata una simulazione di calcolo mediante il software di progettazione solare PVsyst V6.75 che permette di modellare l'edificio, posizionare le superfici solari attive e fornire dati calcolo di dettaglio.



**Figura 31 Particolare della modellazione per le analisi solari condotte con PVsyst**

Le aree selezionate sono una per torrino di 26 mq di area pe un totale di 52 mq.

La potenza installata è pari a 9 kW<sub>p</sub> e prevede complessivamente 30 moduli, 15 per singolo torrino, da 300 Wp, orientati a Sud-Est (Azimut -25°) in posizione orizzontale (tilt=0°).

In tabella sono riportate le caratteristiche dell'intervento proposto e il relativo costo di fornitura ed installazione, ipotizzando un costo del singolo modulo FV di 315.56 euro ed un costo di installazione pari al 20% del costo di fornitura.

**Tabella 30 : Dati intervento proposto**

<b>Potenza modulo monocristallino</b>	[Wp]	300
<b>Efficienza modulo</b>	[%]	18.3
<b>Numero moduli</b>	[-]	30
<b>Potenza totale impianto</b>	[kWp]	9
<b>Numero Inverter</b>	[-]	2
<b>Efficienza Ausiliari</b>	[%]	82,13
<b>Costo Totale FV</b>	[€]	6420
<b>Costo Inverter</b>	[€]	3000
<b>Costi aggiuntivi: Quadri di parallelo, canalizzazioni, collegamenti, ecc..</b>	[€]	10970
<b>Costo Fornitura Totale</b>	[€]	20390
<b>Costo Manodopera</b>	[€]	3070
<b>INVESTIMENTO</b>	[€]	<b>23460</b>

È stata condotta un'analisi energetica dell'intervento proposto. La produzione energetica oraria nell'arco dell'anno è riportata nella figura sottostante:

**Tabella 31: dati di calcolo impianto fotovoltaico**

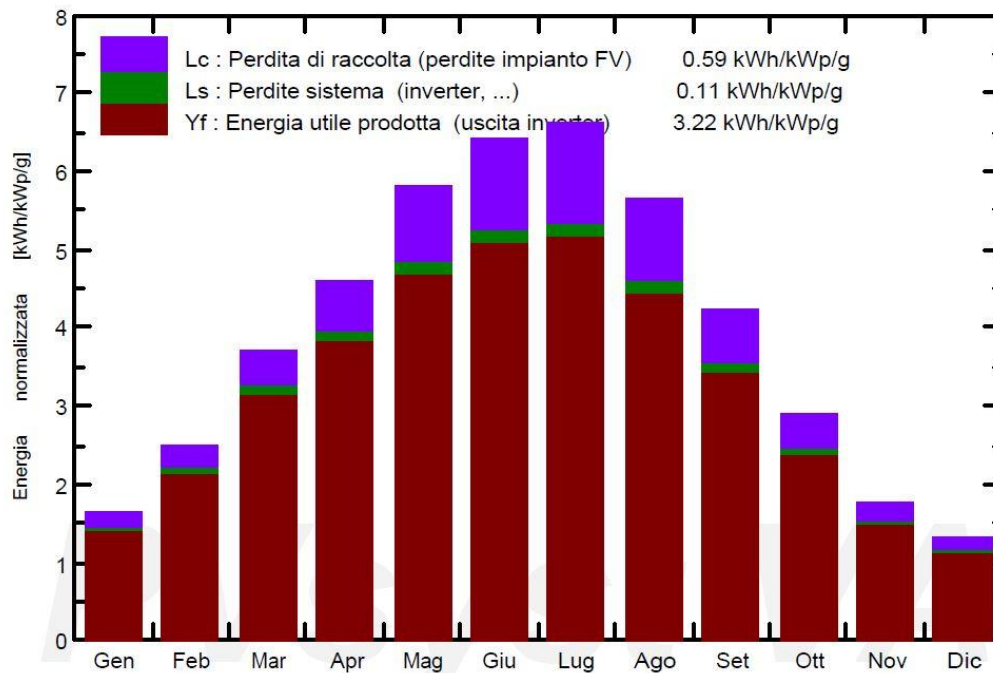
	<b>GlobHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>DiffHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>T Amb</b> °C	<b>GlobInc</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>GlobEff</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>EArray</b> MWh	<b>E_Grid</b> MWh	<b>PR</b>
Gennaio	50.7	30.00	7.48	50.7	47.3	0.414	0.397	0.870
Febbraio	69.0	32.70	8.70	69.0	64.9	0.561	0.541	0.871
Marzo	114.5	51.50	11.79	114.5	109.1	0.916	0.886	0.860
Aprile	137.4	72.60	14.72	137.4	131.6	1.079	1.045	0.845
Maggio	179.4	83.10	19.76	179.4	172.8	1.359	1.316	0.815
Giugno	191.7	82.00	23.42	191.7	184.8	1.428	1.383	0.802
Luglio	204.7	80.30	26.36	204.7	197.6	1.490	1.444	0.784
Agosto	175.0	76.40	26.38	175.0	168.4	1.288	1.247	0.792
Settembre	126.1	54.20	21.47	126.1	120.5	0.961	0.929	0.819
Ottobre	89.1	40.70	17.95	89.1	84.3	0.697	0.672	0.838
Novembre	53.2	28.60	12.60	53.2	49.7	0.424	0.406	0.848
Dicembre	40.8	25.40	8.68	40.8	37.9	0.331	0.315	0.859
Anno	1431.6	657.49	16.66	1431.6	1368.8	10.948	10.582	0.821

**Tabella 32: legenda dati calcolo impianto fotovoltaico**

<b>GlobHor</b>	<i>Irraggiamento orizz. globale</i>	<b>GlobEff</b>	<i>Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre</i>
<b>DiffHor</b>	<i>Irraggiamento diffuso orizz.</i>	<b>EArray</b>	<i>Energia effettiva in uscita campo</i>
<b>T Amb</b>	<i>Temperatura ambiente</i>	<b>E_Grid</b>	<i>Energia iniettata nella rete</i>
<b>GlobInc</b>	<i>Globale incidente piano coll.</i>	<b>PR</b>	<i>Indice di rendimento</i>

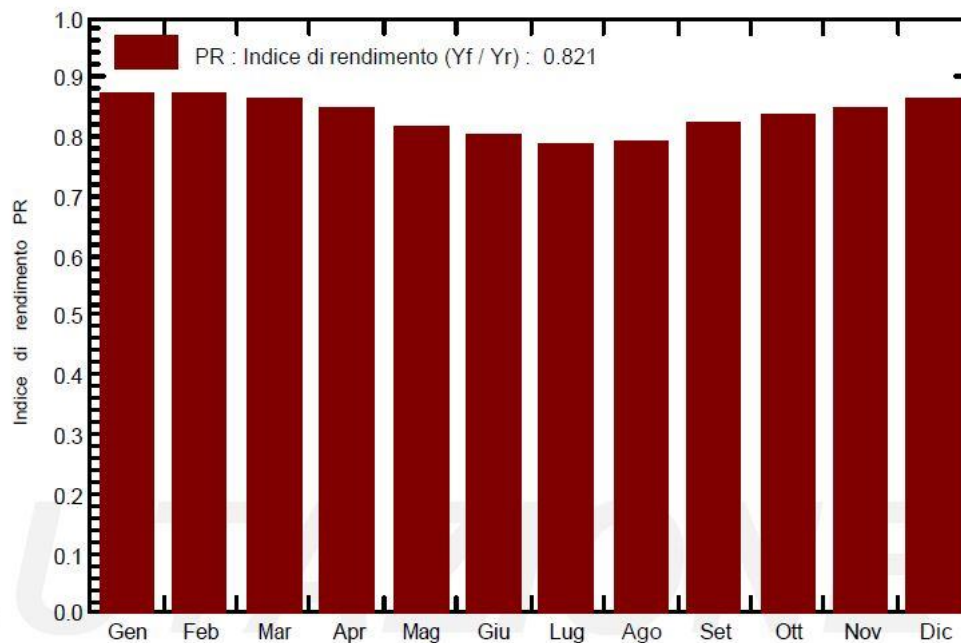
In Figura 32 è riportata la rappresentazione grafica della produzione mensile di energia elettrica calcolata con PVSyst:

**Produzione normalizzata (per kWp installato): Potenza nominale 9.00 kWp**



**Figura 32: Produzione mensile fotovoltaica normalizzata**

Energia prodotta è pari a 10.58 MWh/anno con una produzione specifica pari a 1176 kWh/kWp/anno pari ad un indice di rendimento (PR) dell'82.13 del quale se ne riporta l'andamento nel grafico sottostante:



**Figura 33: Indice di rendimento (pr)**

La produzione annua (10.58 MWh) subisce delle perdite con un andamento rappresentato nel diagramma sottostante:

kWh

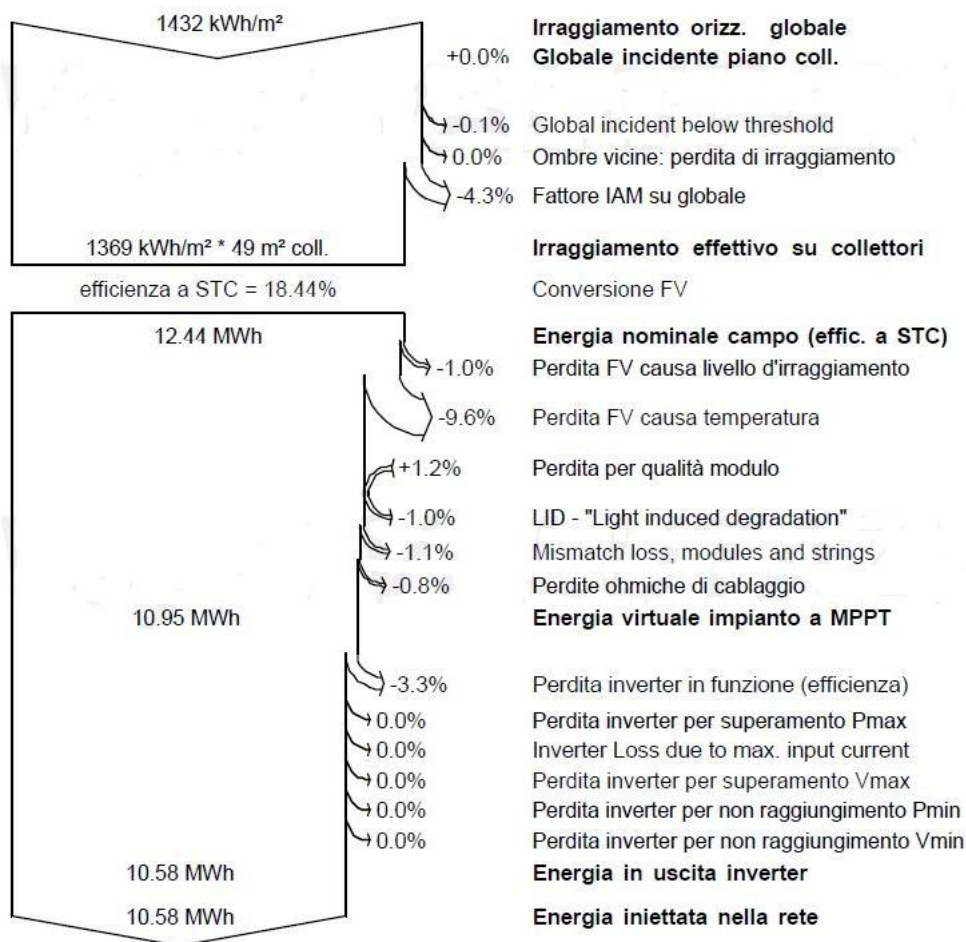


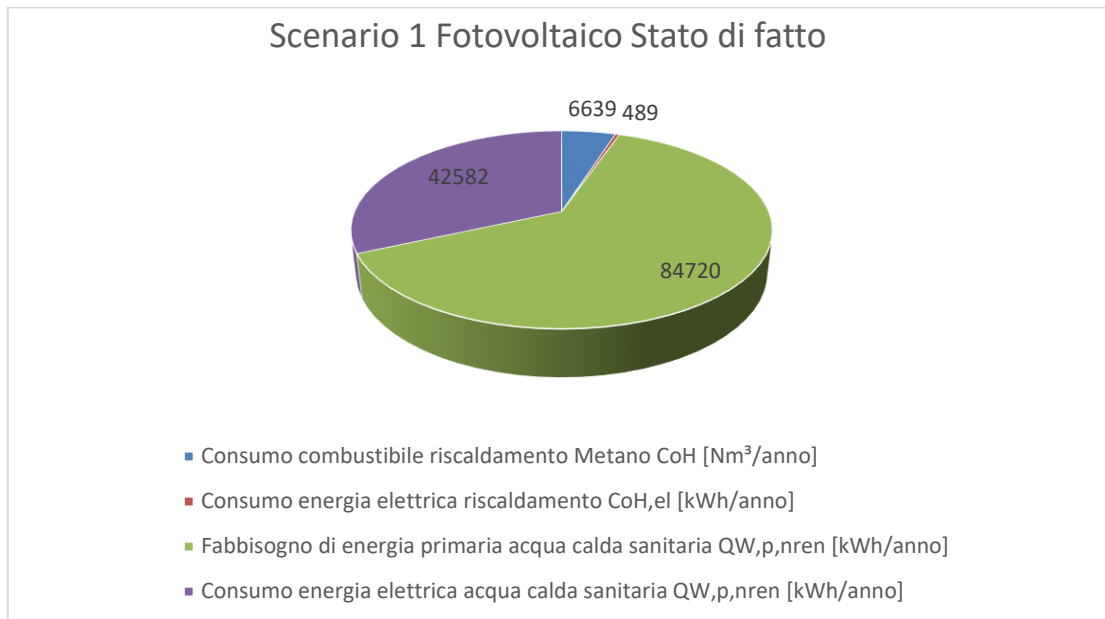
Figura 34: Diagramma delle perdite sull'anno intero

Il presente scenario ha evidenziato i dati riportati nella tabella sottostante dalla quale si può notare un buon contributo alla riduzione dei consumi di energia elettrica nei vari usi con un picco del 21.1 % in quello dell'ACS.

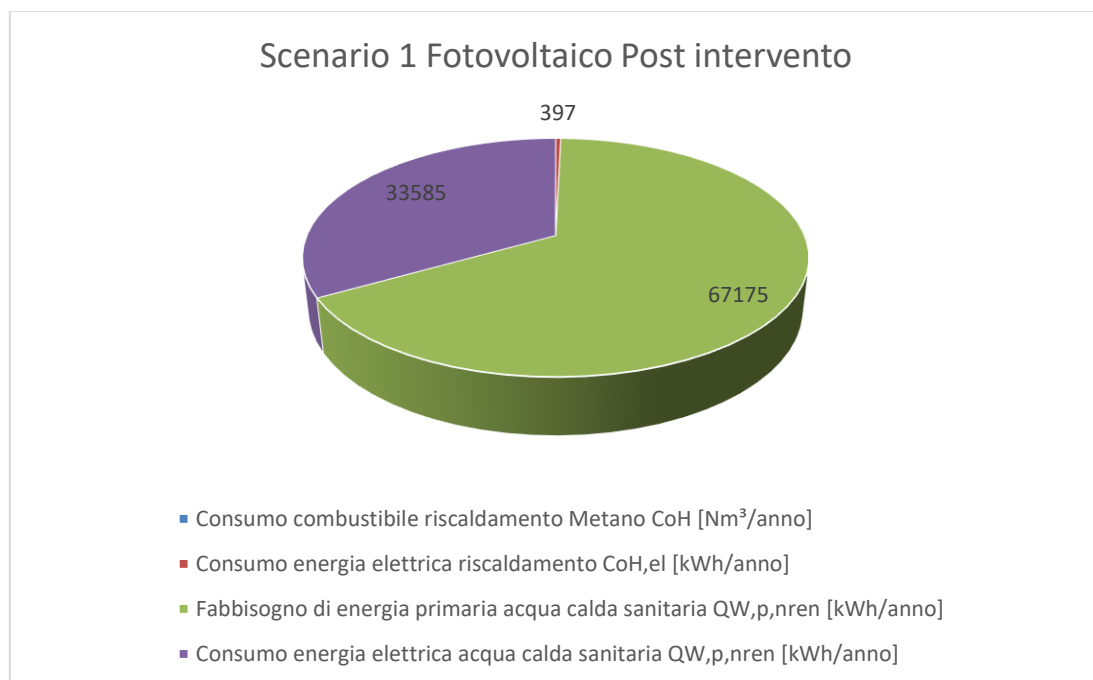
Tabella 33 consumi e fabbisogni di energia relativi allo Scenario 1 Fotovoltaico

SCENARIO 1 : Fotovoltaico						
Descrizione	Simbolo	U.M.	Stato di fatto	Post intervento	Miglioram.	Var %
Consumo combustibile riscaldamento Metano	CoH	Nm <sup>3</sup> /anno	6639	6639	0	0
Consumo energia elettrica riscaldamento	CoH,el	kWh/anno	489	397	92	18.8
Fabbisogno di energia primaria acqua calda sanitaria	QW,p,nren	kWh/anno	84720	67175	17545	20.7
Consumo energia elettrica acqua calda sanitaria	CoW,el	kWh/anno	42582	33585	8997	21.1

Nei grafici sottostanti si riportano i dati per consumi e fabbisogno relativi allo scenario 1 allo stato di fatto e post intervento.



**Figura 35** rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 1 allo stato di fatto



**Figura 36** rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 1 Post intervento

Le prestazioni energetiche di scenario in relazione al raffrescamento nel caso del numero 1 evidenziano una riduzione molto piccola, pari allo 0,07 %.

**Tabella 34 confronto stato di fatto e post intervento scenario 1**

<b>SCENARIO 1: Fotovoltaico</b>				
Descrizione	Stato di fatto	Scenario	Miglioram.	Var %
Consumo combustibile riscaldamento Metano CoH [Nm <sup>3</sup> /anno]	6639	6639	0	0
Consumo energia elettrica riscaldamento CoH,el [kWh/anno]	489	397	92	18,8
Fabbisogno di energia primaria acqua calda sanitaria QW,p,nren [kWh/anno]	84720	67175	17545	20,7
Consumo energia elettrica acqua calda sanitaria QW,p,nren [kWh/anno]	42582	33585	8997	21,1

I valori delle emissioni EmCO<sub>2</sub> [kg] e le variazioni fra lo stato di fatto e il post intervento in relazione allo scenario 1 vengono riportate nella tabella sottostante:

**Tabella 35 Emissioni (EmCO<sub>2</sub>) [kg]**

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	14082.99	14040.64	-0.3
Acqua calda sanitaria (W)	19924.69	15785.94	-20.8
Raffrescamento (C)	139.52	109.78	-21.3
Ventilazione (V)	0	0	0
Illuminazione (L)	0	0	0
Trasporto (T)	0	0	0
<b>Globale (gl)</b>	<b>34147.2</b>	<b>29936.4</b>	<b>-12.3</b>



Di seguito sono riportati i valori dei parametri nZEB della soluzione con fotovoltaico.

**Tabella 36 : Classificazione nZEB per efficientamento con fotovoltaico**

PV			
Parametri	u.m.	Requisiti	Stato nZEB2
$H'_T$	[W/m <sup>2</sup> K]	≤ 0.68	1.47
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	[-]	≤ 0.040	0.05
$\eta_H$	[%]	≥ 0.81	0.74
$E_{pH}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 61.22	36.47
$E_{pH,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 64.28	38.19
$\eta_w$	[%]	≥ 0.70	0.79
$E_{pw}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 6.12	6.12
$E_{pw,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 6.43	6.43
$\eta_c$	[%]	≥ 0.81	0.85
$E_{pc}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 45.22	0.25
$E_{pc,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 45.22	0.25
$E_{pt}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 2.5	-
$E_{pv}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	servizio energetico assente	
$E_{pl}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 26.15	-
$E_{pgl}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 138.71	75.07
$P_{el,ren}$	[kW]	≥ 19.84	20
$CFE_{ren,ACS+CLIM}$	[%]	≥ 55	-
$CFE_{ren,ACS}$	[%]	≥ 55	-

Dalla Tabella 33 è possibile notare il raggiungimento del requisito di potenza di picco installata. In conclusione, tramite questo intervento verrà ridotto il consumo di energia elettrica assorbita dalla rete di quasi il 10%. L'intervento proposto permette di superare la soglia di autoproduzione da fonte rinnovabile ma non permette, da solo, di raggiungere tutti i parametri per la classificazione dell'edificio come nZEB.

### 7.3 Interventi sull'involucro

L'involucro edilizio del fabbricato 7 presenta soluzioni architettoniche ed elaborate partiture in laterizio di notevole pregio sui quali non è possibile intervenire con interventi di manutenzione e riqualificazione energetica. Infatti, le specchiature realizzate in intonaco alla "Romana" in calce e pozzolana potrebbero essere ricostruite con la realizzazione di un cappotto esterno esclusivamente su tali superfici.



**Figura 37 particolare delle specchiature dell'intonaco e le partiture in laterizio sulle facciate dell'edificio**

Il posizionamento del materiale isolante però aumenterebbe la sezione stratigrafica dell'attuale intonaco di almeno 6-8 cm. Tale intervento altererebbe in maniera non accettabile l'aspetto esteriore dell'involucro in

quanto la nuova stratigrafia porterebbe la nuova superficie dell'intonaco oltre lo spessore delle partiture in laterizio.

### 7.3.1 Sostituzione infissi

In questo scenario di simulazione viene variata esclusivamente la trasmittanza delle superfici trasparenti mantenendo inalterati gli altri parametri della simulazione. Lo stato attuale degli infissi è abbastanza scadente con la presenza di serramenti con telaio in legno e vetro singolo.

Di seguito vengono riportate nella Tabella 36 le caratteristiche delle nuove finestre.

**Tabella 37: Caratteristiche finestre prima e dopo l'intervento di efficientamento**

	Tipologia	Spessore vetro esterno [mm]	Spessore intercapedine [mm]	Spessore vetro interno [mm]	Trasmittanza [W/m <sup>2</sup> ·K]
<b>Pre intervento</b>	Vetro singolo	4	-	-	5.040
<b>Post intervento</b>	Doppio vetro	4	12	4	1.359

La proposta di sostituzione di tutto gli infissi ha generato i dati che si riportano nelle tabelle seguenti. Gli interventi sui serramenti vengono riassunti nella tabella seguente:

**Tabella 38: dati intervento migliorativo relativi alla sostituzione infissi intero edificio**

N.	Cod. struttura	STATO DI FATTO			INTERVENTO MIGLIORATIVO			
		S <sub>cal</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>sdf</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>w_sdf</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Tipo serramento/vetro	U <sub>g_im</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>w_im</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Costo [€/m <sup>2</sup> ]
1	W1	207.15	5.040	4.500	Alluminio taglio termico - 75mm/Doppio vetro 4+12+4 argon	1.300	1.359	450.00

#### Legenda simboli

S <sub>cal</sub>	Superficie di calcolo interessata dall'intervento
U <sub>sdf</sub>	Trasmittanza iniziale della struttura senza considerare l'intervento migliorativo (stato di fatto)
λ	Conduttività termica del materiale isolante utilizzato nell'intervento migliorativo
s	Spessore dell'isolante utilizzato nell'intervento migliorativo
U <sub>im</sub>	Trasmittanza finale della struttura a seguito dell'intervento migliorativo ipotizzato
U <sub>g_sdf</sub>	Trasmittanza iniziale solo vetro senza considerare l'intervento migliorativo (stato di fatto)
U <sub>w_sdf</sub>	Trasmittanza iniziale serramento senza considerare l'intervento migliorativo (stato di fatto)
U <sub>g_im</sub>	Trasmittanza finale solo vetro a seguito dell'intervento migliorativo ipotizzato
U <sub>w_im</sub>	Trasmittanza finale serramento a seguito dell'intervento migliorativo ipotizzato

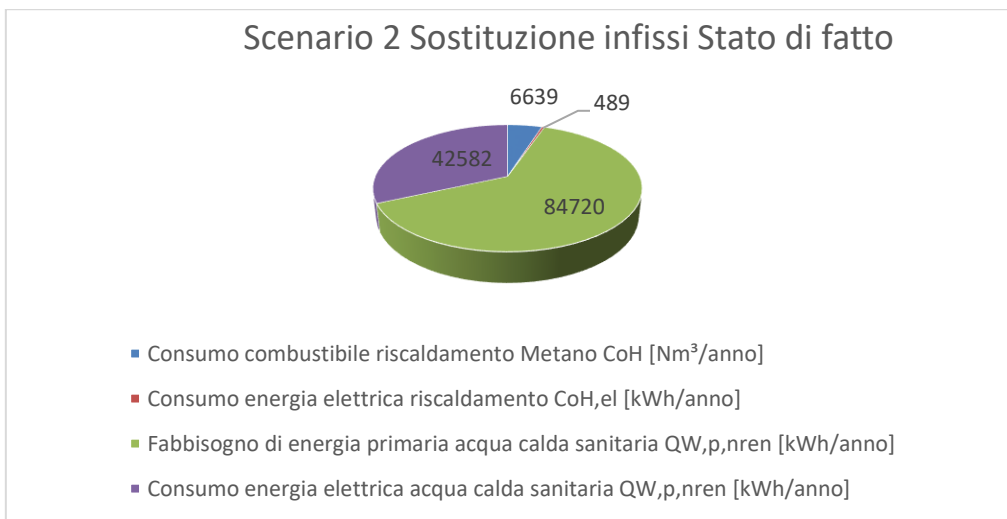
Gli interventi sono volti a ridurre il fabbisogno termico dell'intero edificio ed in effetti dalle simulazioni effettuate si evidenzia una riduzione dell'energia termica fornita per la climatizzazione. Si sottolinea che i valori scelti sono in linea con la classificazione di edificio storico, che caratterizza il caso studiato.

Tale scenario va da incidere prevalentemente su gli usi termici con una riduzione del consumo di gas del 15.1%

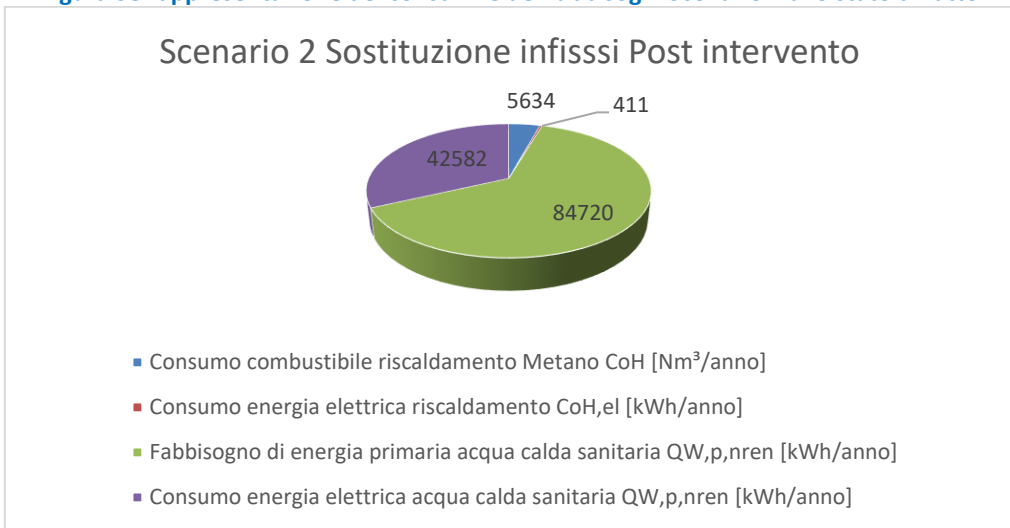
**Tabella 39 consumi e fabbisogni di energia relativi allo Scenario 2 Sostituzione infissi**

<b>SCENARIO 2 : Sostituzione infissi</b>							
Descrizione	Simbolo	U.M.	Stato di fatto	Post intervento	Miglioram.	Var %	
Consumo combustibile riscaldamento Metano	CoH	Nm <sup>3</sup> /anno	6639	5634	1005	15.1	
Consumo energia elettrica riscaldamento	CoH,el	kWh/anno	489	411	78	15.9	
Fabbisogno di energia primaria acqua calda sanitaria	QW,p,nren	kWh/anno	84720	84720	0	0	
Consumo energia elettrica acqua calda sanitaria	CoW,el	kWh/anno	42582	42582	0	0	

Nei grafici sottostanti si riportano i dati per consumi e fabbisogno relativi allo scenario 2 allo stato di fatto e post intervento.



**Figura 38 rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 2 allo stato di fatto**



**Figura 39 rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 2 Post intervento**

I valori delle emissioni  $Em_{CO_2}$  [kg] e le variazioni fra lo stato di fatto e il post intervento in relazione allo scenario 2 vengono riportate nella tabella sottostante:

**Tabella 40 Emissioni ( $Em_{CO_2}$ ) [kg]**

Servizio	Stato di fatto	Scenario	$\Delta$ [%]
<b>Riscaldamento (H)</b>	14082.99	11949.36	-15.2
<b>Acqua calda sanitaria (W)</b>	19924.69	19924.69	0
<b>Raffrescamento (C)</b>	139.52	123.91	-11.2
<b>Ventilazione (V)</b>	0	0	0
<b>Illuminazione (L)</b>	0	0	0
<b>Trasporto (T)</b>	0	0	0
<b>Globale (gl)</b>	<b>34147.2</b>	<b>31997.96</b>	<b>-6.3</b>

Di seguito la tabella riportante i parametri nZEB per lo scenario di efficientamento per la finestratura.

**Tabella 40: Classificazione ZEB per efficientamento di finestratura**

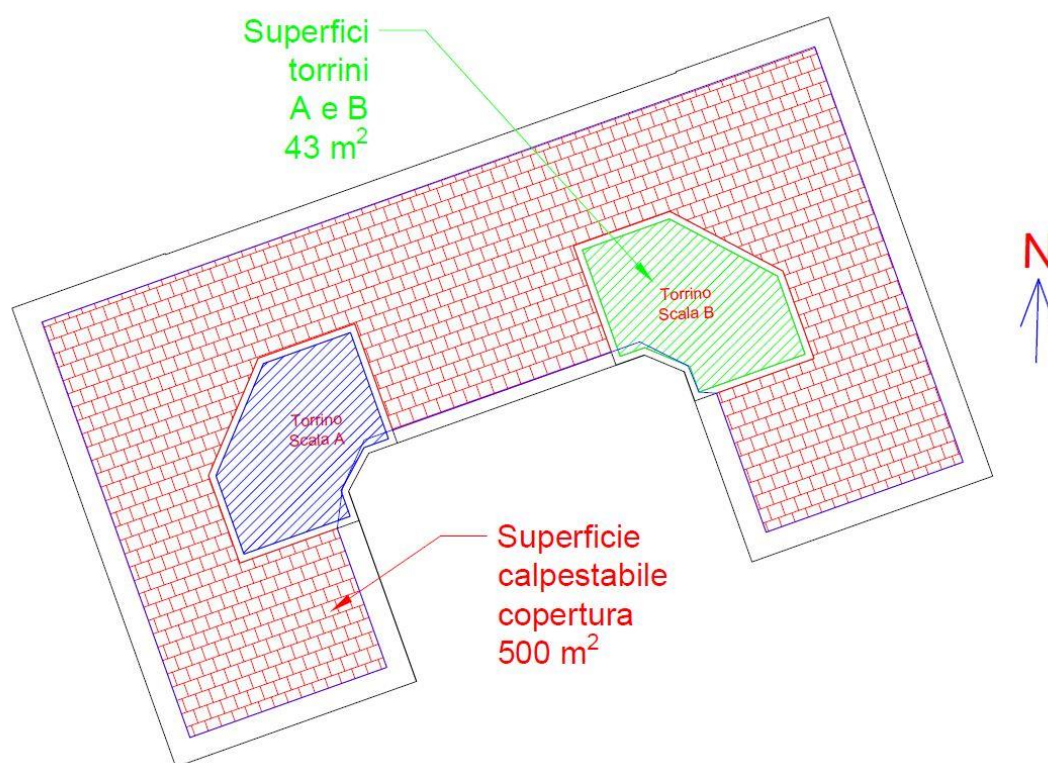
Infissi			
Parametri	u.m.	Requisiti	Stato Attuale
$H'_T$	[W/m <sup>2</sup> K]	≤ 0.68	0.94
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	[-]	≤ 0.040	0.03
$\eta_H$	[%]	≥ 0.81	0.69
$Ep_H$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 61.22	32.34
$Ep_{H,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 64.28	33.96
$\eta_w$	[%]	≥ 0.70	0.79
$Ep_w$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 6.12	6.12
$Ep_{w,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 6.43	6.43
$\eta_c$	[%]	≥ 0.81	0.85
$Ep_c$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 45.22	0.29
$Ep_{c,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 45.22	0.29
$Ep_t$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 2,5	-
$Ep_v$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	servizio energetico assente	
$Ep_L$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 26.15	-
$Ep_{gl}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 141.21	80.44
$P_{el,ren}$	[kW]	≥ 19.84	-
$CFE_{ren,ACS+CLIM}$	[%]	≥ 55.00	-
$CFE_{ren,ACS}$	[%]	≥ 55.00	-



Anche in questo caso, è possibile notare come l'intervento proposto porti all'aumento di solo alcuni dei parametri necessari per la classificazione nZEB. Nonostante l'intervento comporti un miglioramento delle caratteristiche termiche dell'involucro esterno, il parametro  $H_T$  risulta ancora di valore troppo elevato per ottenere una classificazione nZEB.

### 7.3.2 Coibentazione solaio copertura

Il fabbricato 1 del Lotto 7 ha una copertura calpestabile netta della terrazza condominiale di 500 m<sup>2</sup>. I due singoli torrini di copertura dei vani scala condominiali A e B hanno entrambi 43 mq di superficie utile netta.



**Figura 40: planimetria della copertura dell'edificio e misure del terrazzo e delle coperture piane dei torrini delle scale condominiali A e B**

L'unica superficie dell'involucro opaco su cui è possibile intervenire con interventi di manutenzione straordinaria mirata all'efficientamento è appunto tale copertura.

Con un intervento di manutenzione sulle coperture e pavimentazioni dei torrini è possibile intervenire installando moduli fotovoltaici monocristallini integrati nel pavimento. La soluzione completamente integrata permette di evitare l'impatto visivo dei moduli su un edificio vincolato e allo stesso tempo non interferire con le funzioni svolte dalla copertura piana.

L'attuale pacchetto stratigrafico, come riportato in allegato dalla relazione di certificazione energetica presenta una trasmittanza totale pari a 1.467 Wm<sup>2</sup>K.



I dati dell'intervento sulla copertura vengono riportati nella tabella sottostante:

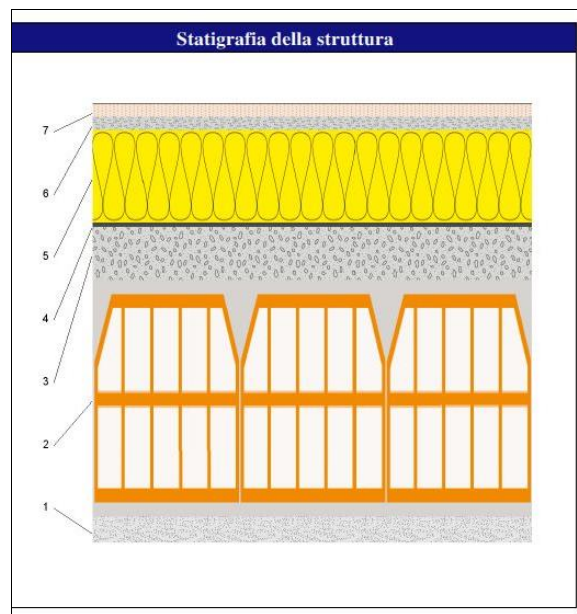
**Tabella 41: dati intervento migliorativo relativi alla coibentazione del terrazzo dell'edificio per le scale A e B**

N.	Cod. struttura	STATO DI FATTO		INTERVENTO MIGLIORATIVO				
		S <sub>cal</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>sdf</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Tipo isolante	λ [W/mK]	s [mm]	U <sub>im</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Costo [€/m <sup>2</sup> ]
1	S2	500.20	1.467	Pannelli in poliuretano 40 kg/m <sup>3</sup>	0.028	105	0.252	38.25

Legenda simboli

- S<sub>cal</sub> Superficie di calcolo interessata dall'intervento
- U<sub>sdf</sub> Trasmittanza iniziale della struttura senza considerare l'intervento migliorativo (stato di fatto)
- λ Conduttività termica del materiale isolante utilizzato nell'intervento migliorativo
- s Spessore dell'isolante utilizzato nell'intervento migliorativo
- U<sub>im</sub> Trasmittanza finale della struttura a seguito dell'intervento migliorativo ipotizzato
- U<sub>g<sub>sdf</sub></sub> Trasmittanza iniziale solo vetro senza considerare l'intervento migliorativo (stato di fatto)
- U<sub>w<sub>sdf</sub></sub> Trasmittanza iniziale serramento senza considerare l'intervento migliorativo (stato di fatto)
- U<sub>g<sub>im</sub></sub> Trasmittanza finale solo vetro a seguito dell'intervento migliorativo ipotizzato
- U<sub>w<sub>im</sub></sub> Trasmittanza finale serramento a seguito dell'intervento migliorativo ipotizzato

Il pacchetto di isolamento è quello proposto nella stratigrafia riportata nella seguente figura:



**Figura 41: pacchetto stratigrafico dell'intervento di coibentazione proposto**

La trasmittanza finale che si ottiene è pari a 0.278 W/m<sup>2</sup>K inferiore al valore di 0.28 previsto dalla legge con una riduzione complessiva rispetto allo stato di fatto dell'82.8 %.

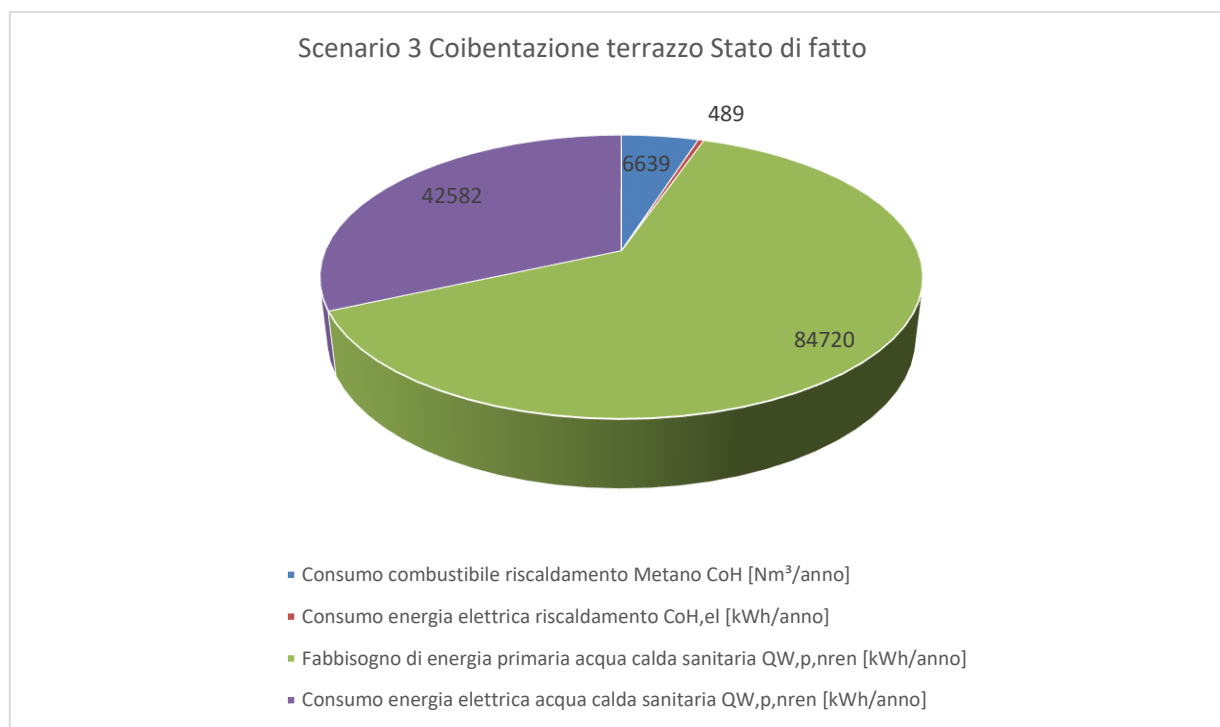
Lo spessore finale dell'intero nuovo pacchetto è pari a 33.3 cm che risulta aumentato di 3 cm rispetto all'attuale. Tale aumento non apporta nessun problema architettonico in quanto assolutamente tollerabile. Sui torrini non viene previsto alcun intervento di isolamento in quanto viene considerata la realizzazione dell'impianto fotovoltaico di cui al paragrafo precedente.

Tale scenario di intervento, il numero 3, presenta dei buoni miglioramenti per quanto riguarda la riduzione del consumo di gas metano che alimenta la centrale termica condominiale infatti si ottiene una riduzione dei consumi del 35% come riportato nella tabella sottostante.

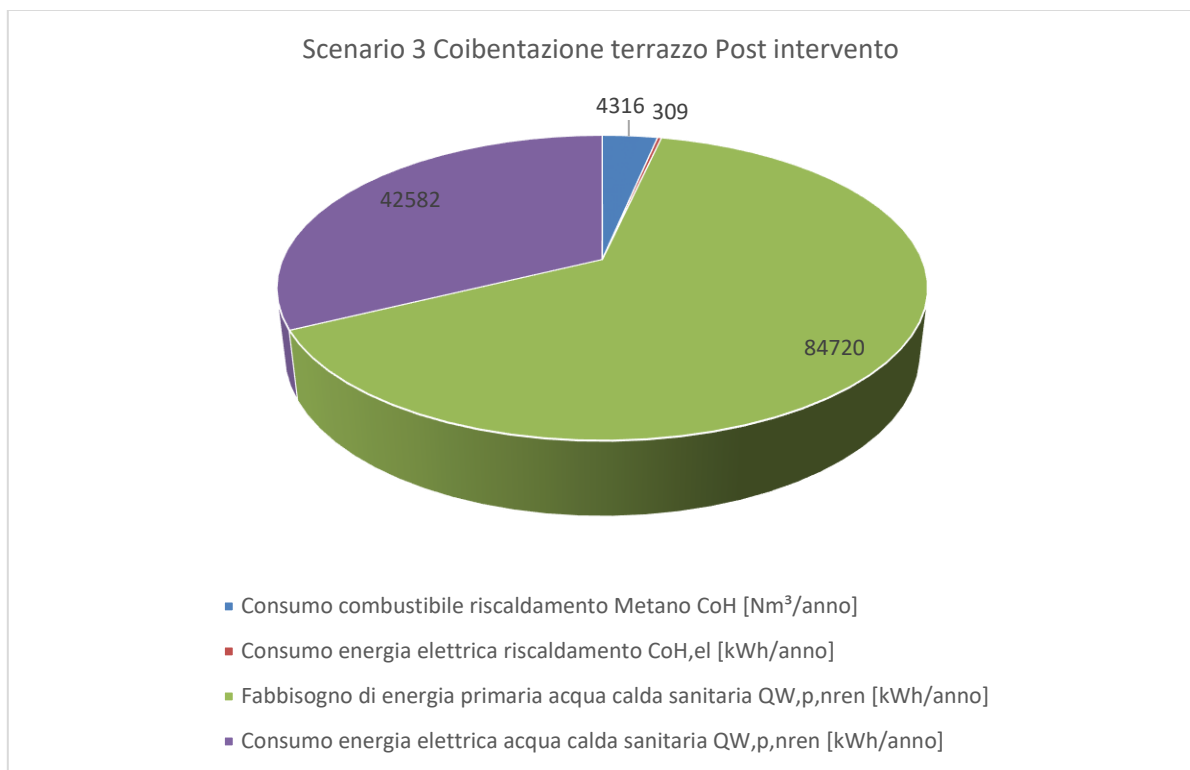
**Tabella 42 consumi e fabbisogni di energia relativi allo Scenario 3 Coibentazione terrazzo copertura**

SCENARIO 3 : Coibentazione terrazzo copertura							
Descrizione	Simbolo	U.M.	Stato di fatto	Post intervento	Miglioram.	Var %	
Consumo combustibile riscaldamento Metano	CoH	Nm <sup>3</sup> /anno	6639	4316	2323	35	
Consumo energia elettrica riscaldamento	CoH,el	kWh/anno	489	309	180	36.7	
Fabbisogno di energia primaria acqua calda sanitaria	QW,p,nren	kWh/anno	84720	84720	0	0	
Consumo energia elettrica acqua calda sanitaria	CoW,el	kWh/anno	42582	42582	0	0	

Nei grafici sottostanti si riportano i dati per consumi e fabbisogno relativi allo scenario 3 allo stato di fatto e post intervento.



**Figura 42 rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 3 allo stato di fatto**



**Figura 43 rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 3 Post intervento**

I valori delle emissioni EmCO<sub>2</sub> [kg] e le variazioni fra lo stato di fatto e il post intervento in relazione allo scenario 3 vengono riportate nella tabella sottostante:

**Tabella 43 Emissioni (EmCO<sub>2</sub>) [kg]**

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
<b>Riscaldamento (H)</b>	14082.99	9151.45	-35
<b>Acqua calda sanitaria (W)</b>	19924.69	19924.69	0
<b>Raffrescamento (C)</b>	139.52	139.52	0
<b>Ventilazione (V)</b>	0	0	0
<b>Illuminazione (L)</b>	0	0	0
<b>Trasporto (T)</b>	0	0	0
<b>Globale (gl)</b>	<b>34147.2</b>	<b>29215.66</b>	<b>-14.4</b>

Di seguito sono riportati i valori dei parametri nZEB della soluzione con coibentazione della copertura.

**Tabella 44: Classificazione ZEB per efficientamento con impianto fotovoltaico**

<b>Copertura</b>			
<b>Parametri</b>	<b>u.m.</b>	<b>Requisiti</b>	<b>Stato nZEB2</b>
$H'_T$	[W/m <sup>2</sup> K]	≤ 0.68	1.21
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	[-]	≤ 0.040	0.035
$\eta_H$	[%]	≥ 0.81	0.65
$Ep_H$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 61.22	23.69
$Ep_{H,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 64.28	24.88
$\eta_w$	[%]	≥ 0.70	0.79
$Ep_w$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 6.12	6.12
$Ep_{w,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 6.43	6.43
$\eta_c$	[%]	≥ 0.81	0.85
$Ep_c$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 45.22	0.32
$Ep_{c,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 45.22	0.32
$Ep_t$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 2.5	-
$Ep_v$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	servizio energetico assente	
$Ep_L$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 26.15	-
$Ep_{gl}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 138.71	71.39
$P_{el,ren}$	[kW]	≥ 19.84	-
$CFE_{ren,ACS+CLIM}$	[%]	≥ 55	-
$CFE_{ren,ACS}$	[%]	≥ 55	-

È possibile notare come l'intervento proposto porti all'aumento di solo alcuni dei parametri necessari per la classificazione nZEB. Nonostante l'intervento comporti un miglioramento delle caratteristiche termiche dell'involucro esterno non risulta sufficiente per diminuire il valore del parametro  $H'_T$  al di sotto del valore stabilito nell'allegato A del D.M. 26 Giugno.

## Scenario globale

In questo paragrafo verrà valutato l'effetto derivante da un intervento completo di riqualificazione energetica dell'edificio. Combinando tra loro gli interventi proposti e analizzati precedentemente singolarmente per l'efficientamento termico (T) ed elettrico (E).

Gli scenari studiati prevedono tutte le combinazioni possibili tra i tre interventi che sono risultati migliori dall'analisi del singolo ambito applicativo.

L'elenco dei singoli interventi migliorativi proposti viene riproposto nella tabella seguente:

**Tabella 45: singoli interventi migliorativi proposti per il fabbricato del Lotto 7 ATER**

Codice	Tipologia efficientamento	Intervento
E	FV	Impianto fotovoltaico
T	INF	Sostituzione infissi
T	TER	Coibentazione terrazzo copertura

Di seguito viene riportata la nomenclatura che verrà utilizzata nel seguente paragrafo per identificare i vari scenari:

**Tabella 46: Codici identificativi scenari**

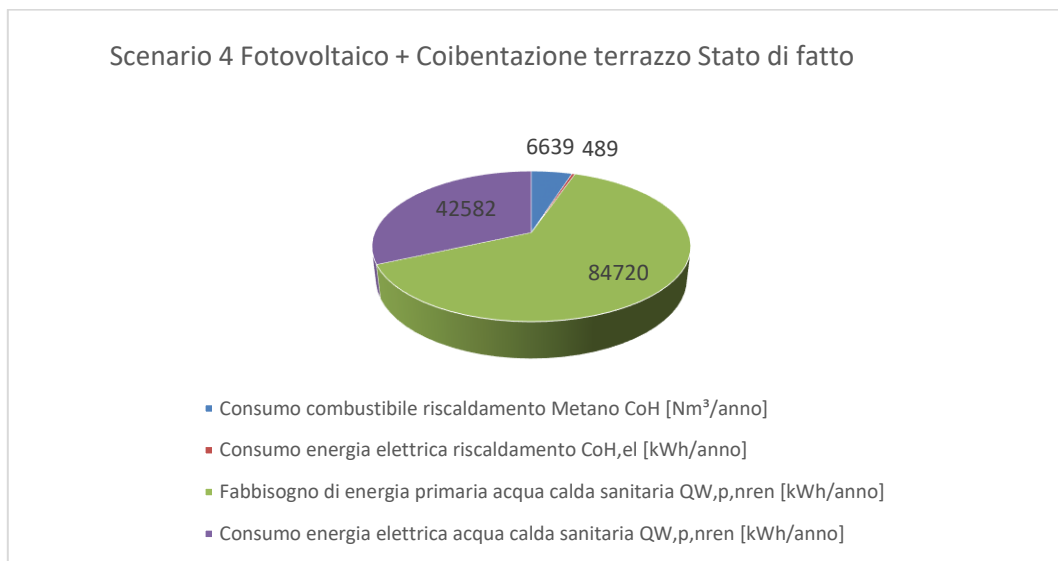
CODICE	N° Scenario	SCENARIO
E	1	Fotovoltaico
T	2	Sostituzione infissi
T	3	Coibentazione terrazzo copertura
ET	4	Fotovoltaico + Coibentazione terrazzo copertura
ET	5	Fotovoltaico + Sostituzione infissi
T	6	Coibentazione terrazzo copertura + Sostituzione infissi
ET	7	Fotovoltaico + Coibentazione terrazzo copertura + Sostituzione infissi

Di seguito vengono proposti gli scenari cumulativi, il 4, 5, 6 e il numero 7 che è quello globale. Per ognuno di essi si presentano i risultati ai consumi di metano per la centrale termica di riscaldamento e fabbisogni e consumi per gli usi finali.

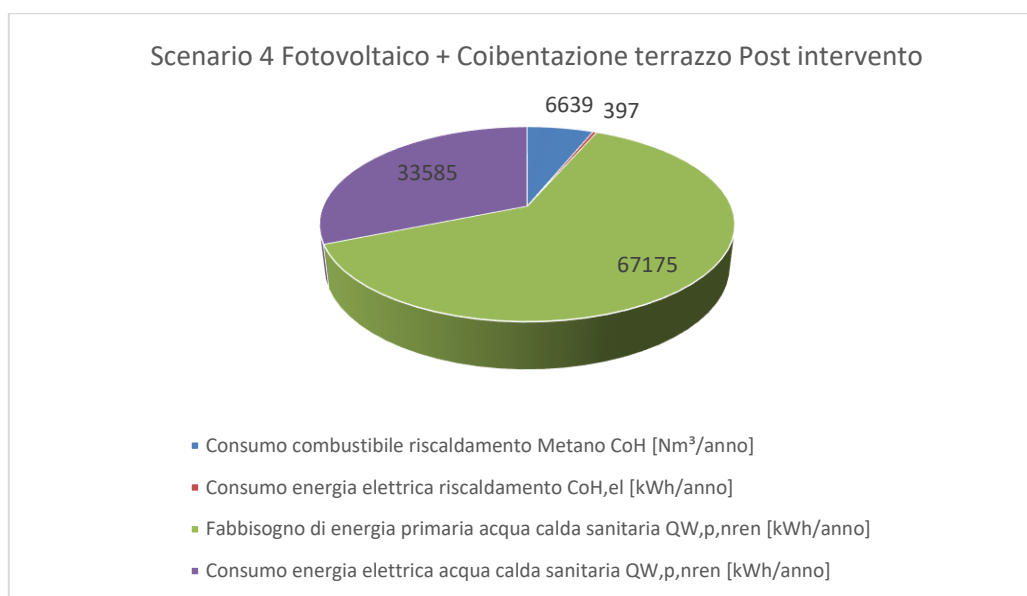
**Tabella 47 consumi e fabbisogni di energia relativi allo Scenario 4 Fotovoltaico + Coibentazione terrazzo copertura**

SCENARIO 4 : FV + Coibentazione terrazzo							
Descrizione	Simbolo	U.M.	Stato di fatto	Post intervento	Miglioram.	Var %	
Consumo combustibile riscaldamento Metano	CoH	Nm <sup>3</sup> /anno	6639	6639	0	0	
Consumo energia elettrica riscaldamento	CoH,el	kWh/anno	489	397	92	18.8	
Fabbisogno di energia primaria acqua calda sanitaria	QW,p,nren	kWh/anno	84720	67175	17545	20.7	
Consumo energia elettrica acqua calda sanitaria	CoW,el	kWh/anno	42582	33585	8997	21.1	

Nei grafici sottostanti si riportano i dati per consumi e fabbisogno relativi allo scenario 4 allo stato di fatto e post intervento.



**Figura 44 rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 4 allo stato di fatto**



**Figura 45 rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 4 Post intervento**

I valori delle emissioni EmCO<sub>2</sub> [kg] e le variazioni fra lo stato di fatto e il post intervento in relazione allo scenario 4 vengono riportate nella tabella sottostante:

**Tabella 48 : Emissioni (EmCO<sub>2</sub>) [kg]**

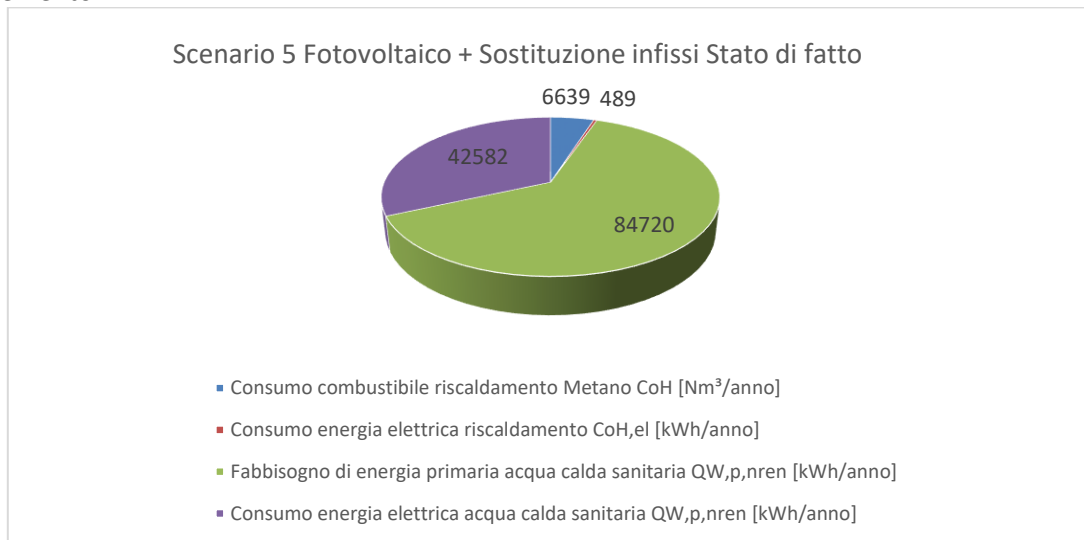
Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	14082.99	14040.64	-0.3
Acqua calda sanitaria (W)	19924.69	15785.94	-20.8
Raffrescamento (C)	139.52	109.78	-21.3
Ventilazione (V)	0	0	0
Illuminazione (L)	0	0	0
Trasporto (T)	0	0	0
Globale (gl)	34147.2	29936.36	-12.3



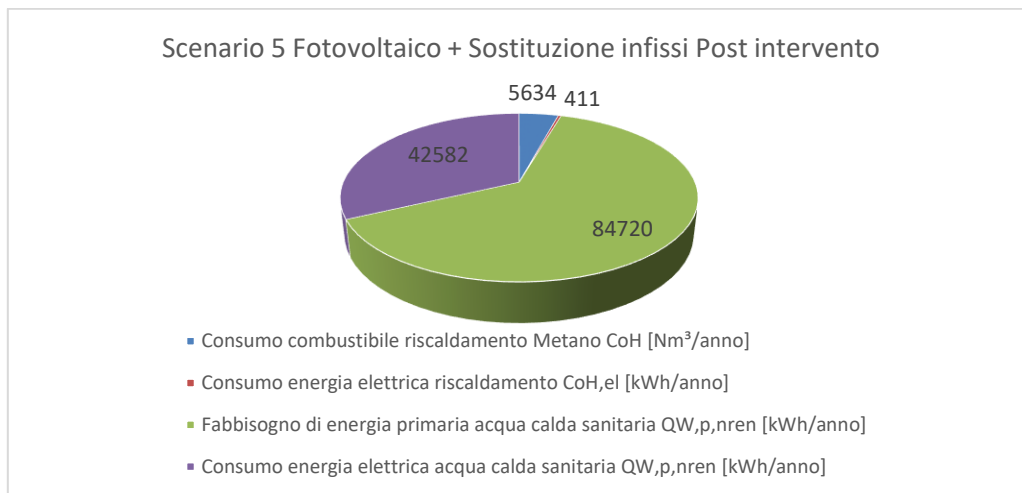
**Tabella 49 consumi e fabbisogni di energia relativi allo Scenario 5 Fotovoltaico + Sostituzione infissi**

<b>SCENARIO 5 : FV+Sostituzione infissi</b>							
Descrizione	Simbolo	U.M.	Stato di fatto	Post intervento	Miglioram.	Var %	
Consumo combustibile riscaldamento Metano	CoH	Nm <sup>3</sup> /anno	6639	5634	1005	15.1	
Consumo energia elettrica riscaldamento	CoH,el	kWh/anno	489	411	78	15.9	
Fabbisogno di energia primaria acqua calda sanitaria	QW,p,nren	kWh/anno	84720	84720	0	0	
Consumo energia elettrica acqua calda sanitaria	CoW,el	kWh/anno	42582	42582	0	0	

Nei grafici sottostanti si riportano i dati per consumi e fabbisogno relativi allo scenario 5 allo stato di fatto e post intervento.



**Figura 46 rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 5 allo stato di fatto**



**Figura 47 rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 5 Post intervento**

I valori delle emissioni EmCO<sub>2</sub> [kg] e le variazioni fra lo stato di fatto e il post intervento in relazione allo scenario 5 vengono riportate nella tabella sottostante:

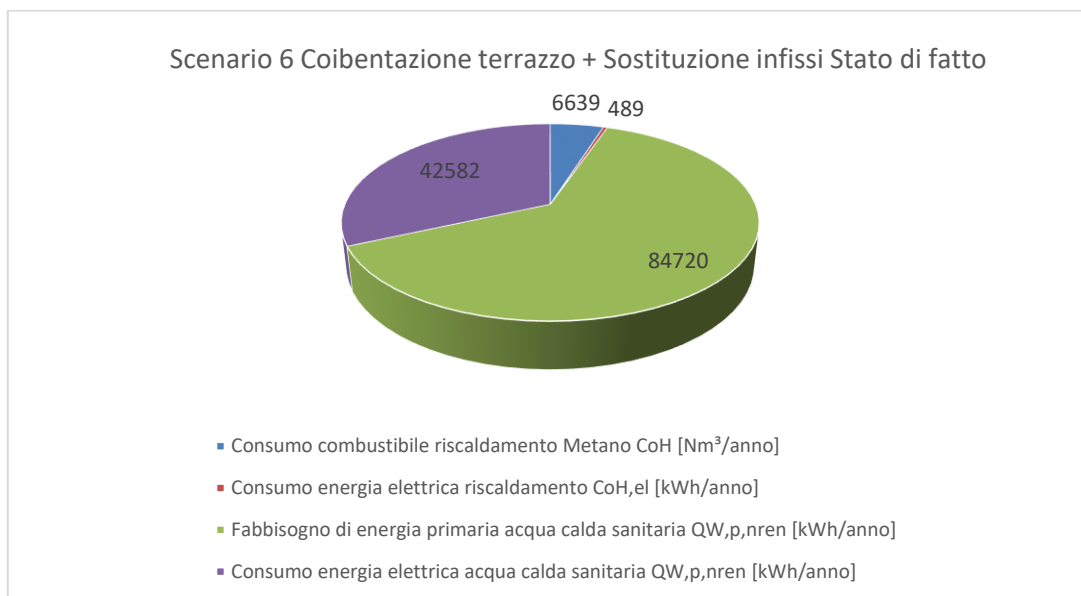
**Tabella 50 : Emissioni (EmCO<sub>2</sub>) [kg]**

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	14082.99	11949.36	-15.2
Acqua calda sanitaria (W)	19924.69	19924.69	0
Raffrescamento (C)	139.52	123.91	-11.2
Ventilazione (V)	0	0	0
Illuminazione (L)	0	0	0
Trasporto (T)	0	0	0
Globale (gl)	<b>34147.2</b>	<b>31997.96</b>	<b>-6.3</b>

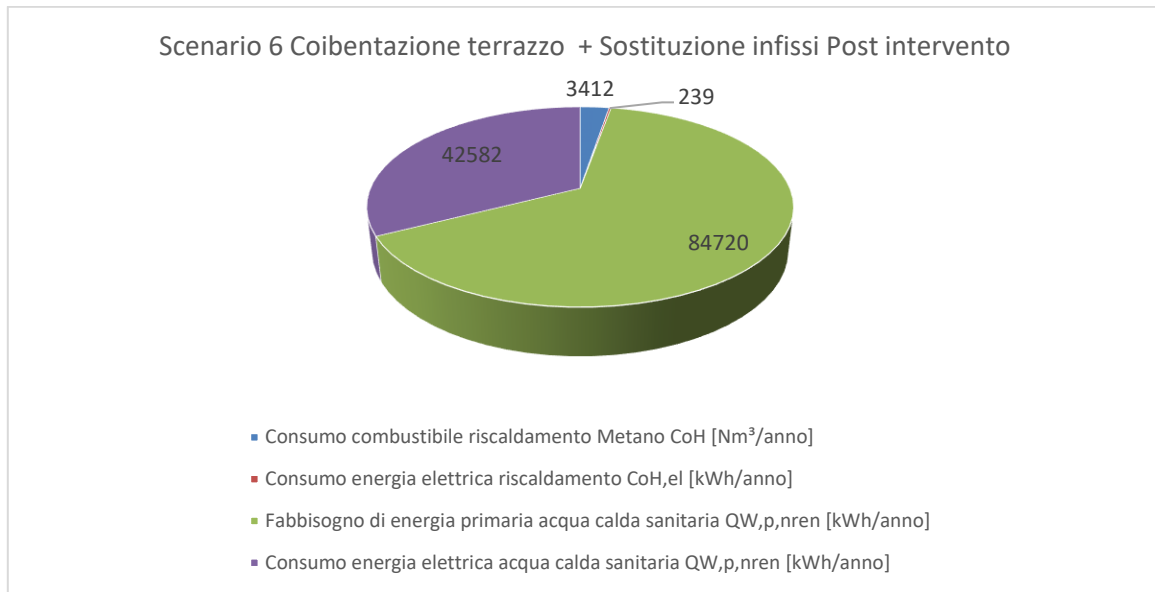
**Tabella 51 consumi e fabbisogni di energia relativi allo Scenario 6 Coibentazione terrazzo copertura + Sostituzione infissi**

SCENARIO 6 : Coibentazione terrazzo+Sostituzione infissi							
Descrizione	Simbolo	U.M.	Stato di fatto	Post intervento	Miglioram.	Var %	
Consumo combustibile riscaldamento Metano	CoH	Nm <sup>3</sup> /anno	6639	3412	3227	48.6	
Consumo energia elettrica riscaldamento	CoH,el	kWh/anno	489	239	249	51	
Fabbisogno di energia primaria acqua calda sanitaria	QW,p,nren	kWh/anno	84720	84720	0	0	
Consumo energia elettrica acqua calda sanitaria	CoW,el	kWh/anno	42582	42582	0	0	

Nei grafici sottostanti si riportano i dati per consumi e fabbisogno relativi allo scenario 6 allo stato di fatto e post intervento.



**Figura 48 rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 6 allo stato di fatto**



**Figura 49 rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 6 Post intervento**

I valori delle emissioni EmCO<sub>2</sub> [kg] e le variazioni fra lo stato di fatto e il post intervento in relazione allo scenario 6 vengono riportate nella tabella sottostante:

**Tabella 52: Emissioni (EmCO<sub>2</sub>) [kg]**

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
<b>Riscaldamento (H)</b>	14082.99	7231.44	-48.7
<b>Acqua calda sanitaria (W)</b>	19924.69	19924.69	0
<b>Raffrescamento (C)</b>	139.52	123.91	-11.2
<b>Ventilazione (V)</b>	0	0	0
<b>Illuminazione (L)</b>	0	0	0
<b>Trasporto (T)</b>	0	0	0
<b>Globale (gl)</b>	<b>34147.2</b>	<b>27280.03</b>	<b>-20.1</b>

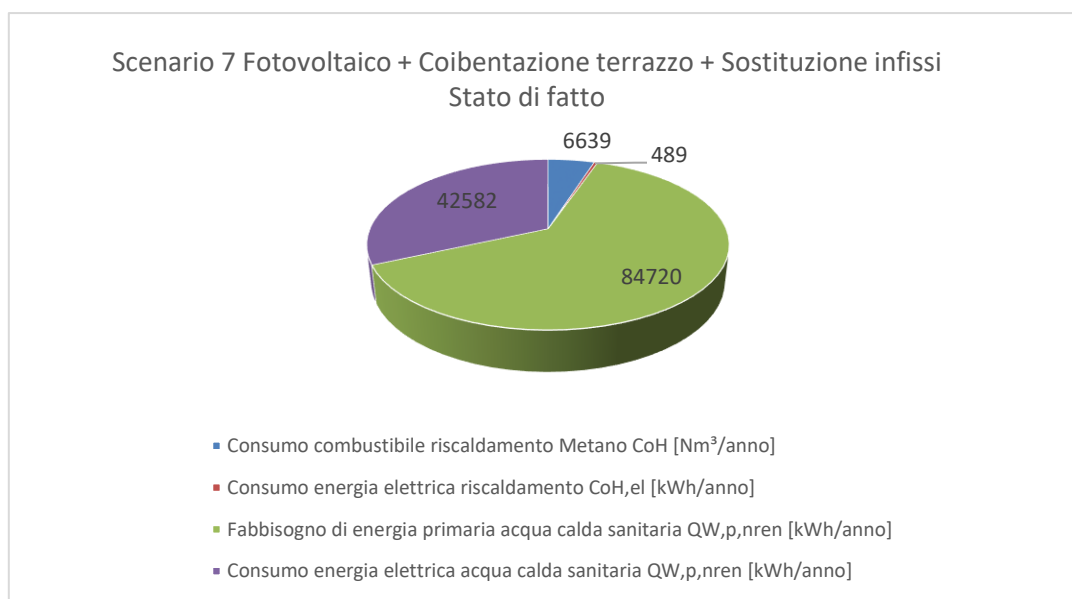
L'ultimo scenario il numero 7 è quello cumulativo di tutti e tre gli interventi di efficientamento termico T ed elettrico E proposti per l'edificio. I valori finali post intervento sono molto buoni dal punto di vista del comportamento energetico, resta da valutare la fattibilità economica che verrà presentata al paragrafo 8.

Nella tabella sottostante si propongono i dati relativi allo scenario 7.

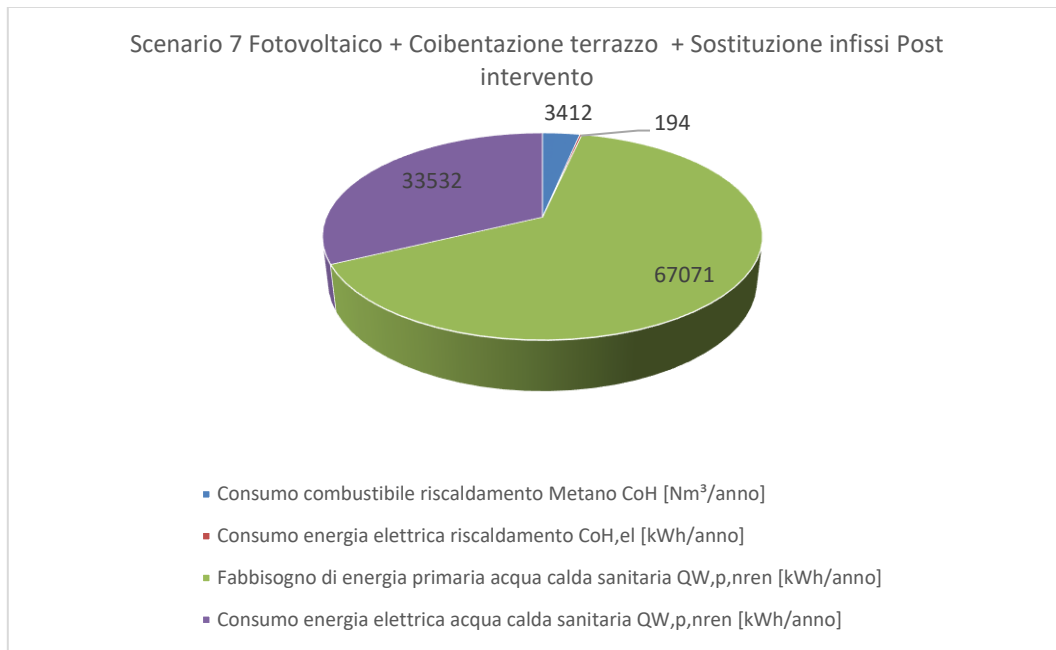
**Tabella 53 consumi e fabbisogni di energia relativi allo Scenario 7 Fotovoltaico + Coibentazione terrazzo copertura + Sostituzione infissi**

<b>SCENARIO 7 : FV+Coibentazione terrazzo+Infissi</b>							
<b>Descrizione</b>	<b>Simbolo</b>	<b>U.M.</b>	<b>Stato di fatto</b>	<b>Post intervento</b>	<b>Miglioram.</b>	<b>Var %</b>	
<b>Consumo combustibile riscaldamento Metano</b>	<i>CoH</i>	<i>Nm<sup>3</sup>/anno</i>	6639	3412	3227	48.6	
<b>Consumo energia elettrica riscaldamento</b>	<i>CoH,el</i>	<i>kWh/anno</i>	489	194	295	60.4	
<b>Fabbisogno di energia primaria acqua calda sanitaria</b>	<i>QW,p,nren</i>	<i>kWh/anno</i>	84720	67071	17649	20.8	
<b>Consumo energia elettrica acqua calda sanitaria</b>	<i>CoW,el</i>	<i>kWh/anno</i>	42582	33532	9051	21.3	

Nei grafici sottostanti si riportano i dati per consumi e fabbisogno relativi allo scenario 7 allo stato di fatto e post intervento.



**Figura 50 rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 7 allo stato di fatto**



**Figura 51 rappresentazione dei consumi e dei fabbisogni Scenario 7 Post intervento**

I valori delle emissioni EmCO<sub>2</sub> [kg] e le variazioni fra lo stato di fatto e il post intervento in relazione allo scenario globale 7 vengono riportate nella tabella sottostante:

**Tabella 54 : Emissioni (EmCO<sub>2</sub>) [kg]**

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	14082.99	7210.4	-48.8
Acqua calda sanitaria (W)	19924.69	15761.39	-20.9
Raffrescamento (C)	139.52	97.41	-30.2
Ventilazione (V)	0	0	0
Illuminazione (L)	0	0	0
Trasporto (T)	0	0	0
Globale (gl)	34147.2	23069.19	-32.4

In relazione al raffrescamento le analisi sono state condotte ed elaborate solo per i 14 appartamenti in cui risultano installate unità di condizionamento individuali ad espansione diretta del tipo mono e dual come riportato nel paragrafo 4.1.4.

Nella tabella sottostante si può notare i miglioramenti post intervento risultano essere bassi. Singolarmente gli scenari non mostrano incidenze particolari sulle prestazioni. Lo scenario 7 che presenta il miglioramento più alto ha però delle implicazioni di analisi economica che non ne consigliano la realizzazione.

**Tabella 55 prestazioni energetiche per il raffrescamento per singolo scenario e relative a 14 appartamenti**

<b>Prestazione energetica per il raffrescamento</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Stato di fatto</b>	<b>Post intervento</b>	<b>Miglioram.</b>
<b>SCENARIO 1 : Fotovoltaico</b>	$E_{Pc,nren}$ [kWh/m <sup>2</sup> anno]	0.32	0.25	0.07
<b>SCENARIO 2 : Sostituzione infissi</b>	$E_{Pc,nren}$ [kWh/m <sup>2</sup> anno]	0.32	0.29	0.04
<b>SCENARIO 3 : Coibentazione terrazzo copertura</b>	$E_{Pc,nren}$ [kWh/m <sup>2</sup> anno]	0.32	0.32	0
<b>SCENARIO 4 : FV+Coibentazione terrazzo</b>	$E_{Pc,nren}$ [kWh/m <sup>2</sup> anno]	0.32	0.25	0.07
<b>SCENARIO 5 : FV+Sostituzione infissi</b>	$E_{Pc,nren}$ [kWh/m <sup>2</sup> anno]	0.32	0.29	0.04
<b>SCENARIO 6 : Coibentazione terrazzo+Sostituzione infissi</b>	$E_{Pc,nren}$ [kWh/m <sup>2</sup> anno]	0.32	0.29	0.04
<b>SCENARIO 7 : FV+Coibentazione terrazzo+Infissi</b>	$E_{Pc,nren}$ [kWh/m <sup>2</sup> anno]	0.32	0.23	0.1

Il quadro del raggiungimento nZEB rispetto all'insieme di tutti gli efficientamenti risulta essere il seguente:

**Tabella 56: Classificazione ZEB per efficientamento globale**

<b>Totale</b>			
<b>Parametri</b>	<b>u.m.</b>	<b>Requisiti</b>	<b>Stato Attuale</b>
$H^*_T$	[W/m <sup>2</sup> K]	≤ 0.68	0.94
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$	[-]	≤ 0.040	0.03
$\eta_H$	[%]	≥ 0.81	0.82
$E_{pH}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 61.22	23.69
$E_{pH,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 64.28	24.88
$\eta_w$	[%]	≥ 0.70	0.79
$E_{pw}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 6.12	6.12
$E_{pw,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 6.43	6.43
$\eta_c$	[%]	≥ 0.81	0.85
$E_{pc}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 45.22	0.25
$E_{pc,nd}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 45.22	0.25
$E_{pt}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 2,5	-
$E_{pv}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	servizio energetico assente	
$E_{pL}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 26.15	-
$E_{pgl}$	[kWh/m <sup>2</sup> ]	≤ 141.21	71.39
$P_{el,ren}$	[kW]	≥ 19.84	20
$CFE_{ren,ACS+CLIM}$	[%]	≥ 55.00	-
$CFE_{ren,ACS}$	[%]	≥ 55.00	-



Dall'analisi appena condotta risulta evidente come l'intervento globale permetta di raggiungere i requisiti minimi richiesti da un edificio nZEB in termini di: riduzione dei consumi di energia primaria, di energia utile, di aumento dell'efficienza degli impianti di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria. Risulta raggiunto anche il target di rinnovabilità imposto per un edificio nZEB con i valori di potenza di FV installati superiori ai valori minimi.

Tuttavia, nonostante il netto miglioramento rispetto alla soluzione attuale non avendo potuto prevedere soluzioni che interessassero l'involucro opaco dell'edificio non è stato possibile rispettare i valori stabiliti dal parametro  $H_T$  e di conseguenza l'edificio non può essere ritenuto nZEB.

Questo parametro è legato all'impossibilità di efficientare l'involucro, a causa del vincolo di edificio vincolato che ha questa tipologia di edificio.

## 8 Analisi economica degli interventi

I diversi scenari proposti sono stati analizzati dal punto di vista economico, al fine di valutarne la redditività. I costi unitari dei vettori energetici (gas ed elettricità) sono stati ripresi dalle bollette di fornitura.

L'analisi economica degli interventi, per la valutazione dei seguenti flussi di cassa è stata effettuata in conformità alla norma UNI EN 15459, con il software SEAS, tenendo conto dei seguenti punti:

- costi iniziali (dovuti a componenti impiantistici, componenti edili, materiali edili ed attività);
- costi in esercizio (costi periodici di manutenzione, costi una tantum di sostituzione, costi finali di smaltimento, altri costi periodici, altri costi una tantum);
- ricavi in esercizio (ricavi periodici da risparmio energetico, ricavi finali da valore residuo dei componenti, ricavi da detrazioni periodiche, altri ricavi periodici, altri ricavi una tantum).

Ogni flusso di cassa deve essere attualizzato all'anno zero (anno di esecuzione dell'investimento). Scopo dell'analisi è, una volta prefissato un determinato periodo di calcolo (tipicamente inferiore o uguale alla vita media dei componenti in gioco), determinare il valore attuale netto dell'operazione (VAN). A VAN positivi corrispondono interventi efficienti sotto il profilo dei costi. Viceversa, ove il VAN sia negativo, l'intervento è da considerarsi non efficiente.

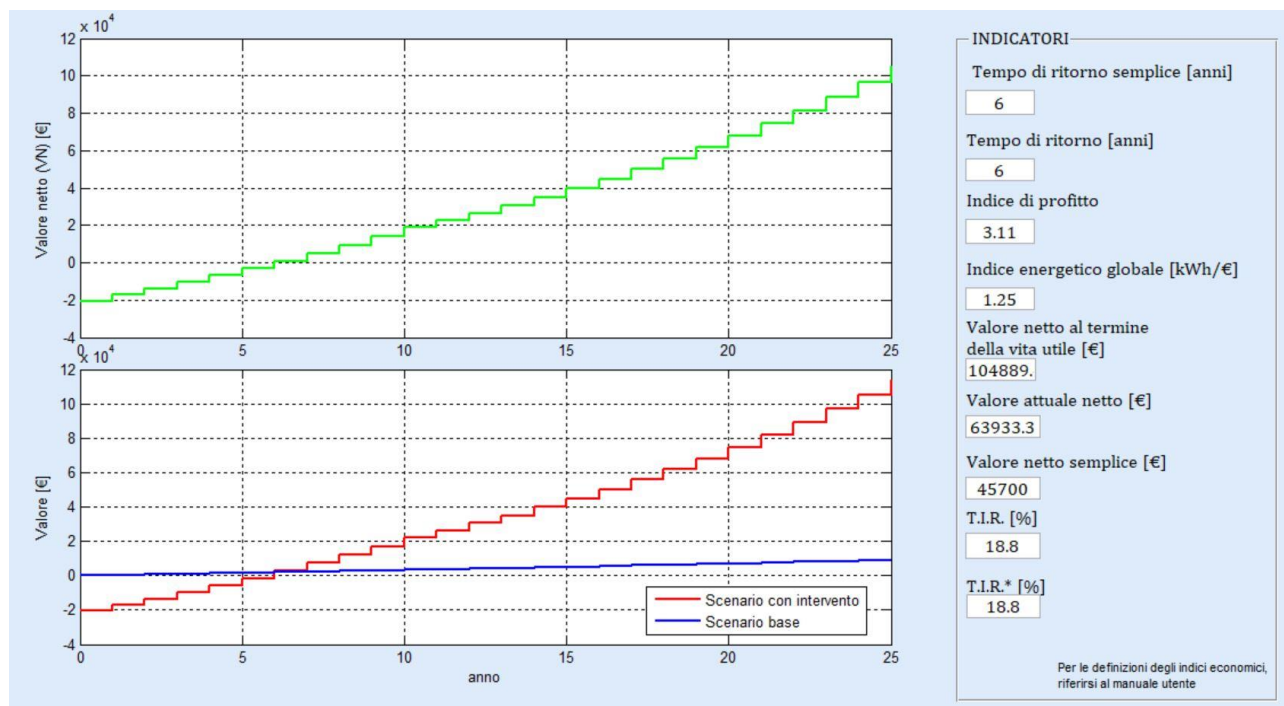


Figura 52: schermata da SEAS analisi economica degli interventi finalizzati alla diagnosi energetica: fotovoltaico

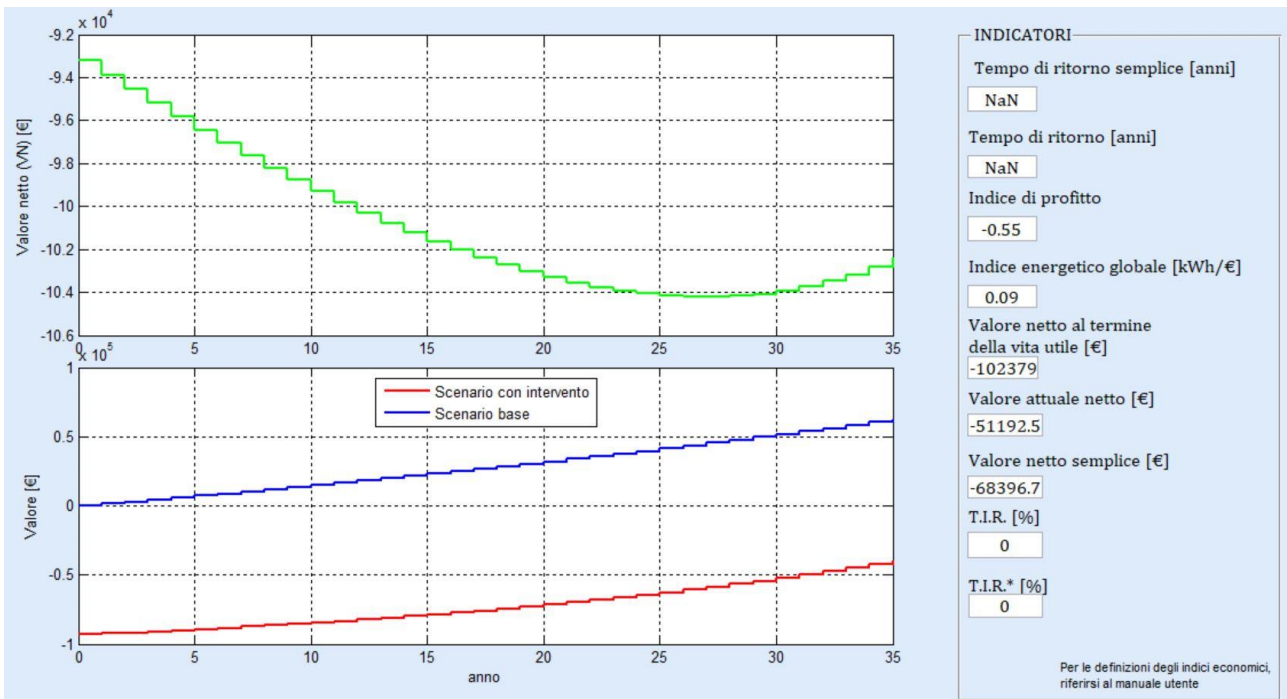


Figura 53: schermata da SEAS analisi economica per la sostituzione infissi finalizzati alla diagnosi energetica

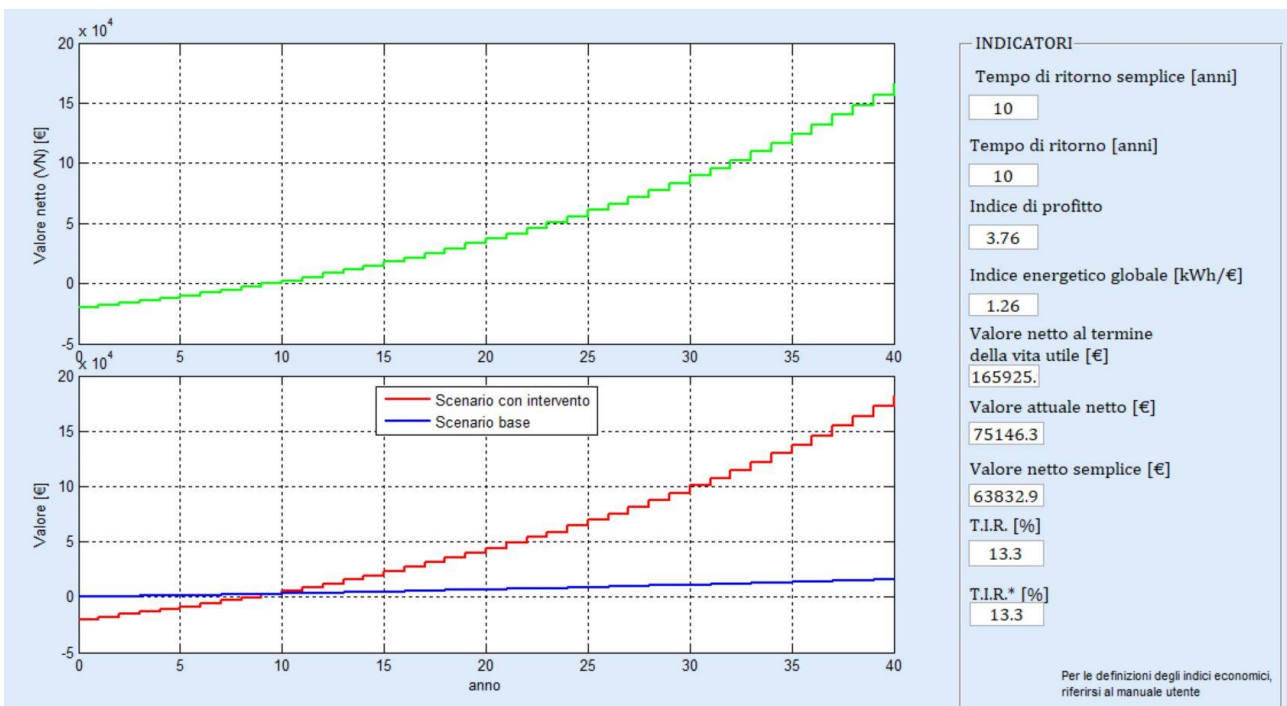


Figura 54: schermata da SEAS analisi economica per la coibentazione copertura finalizzati alla diagnosi energetica

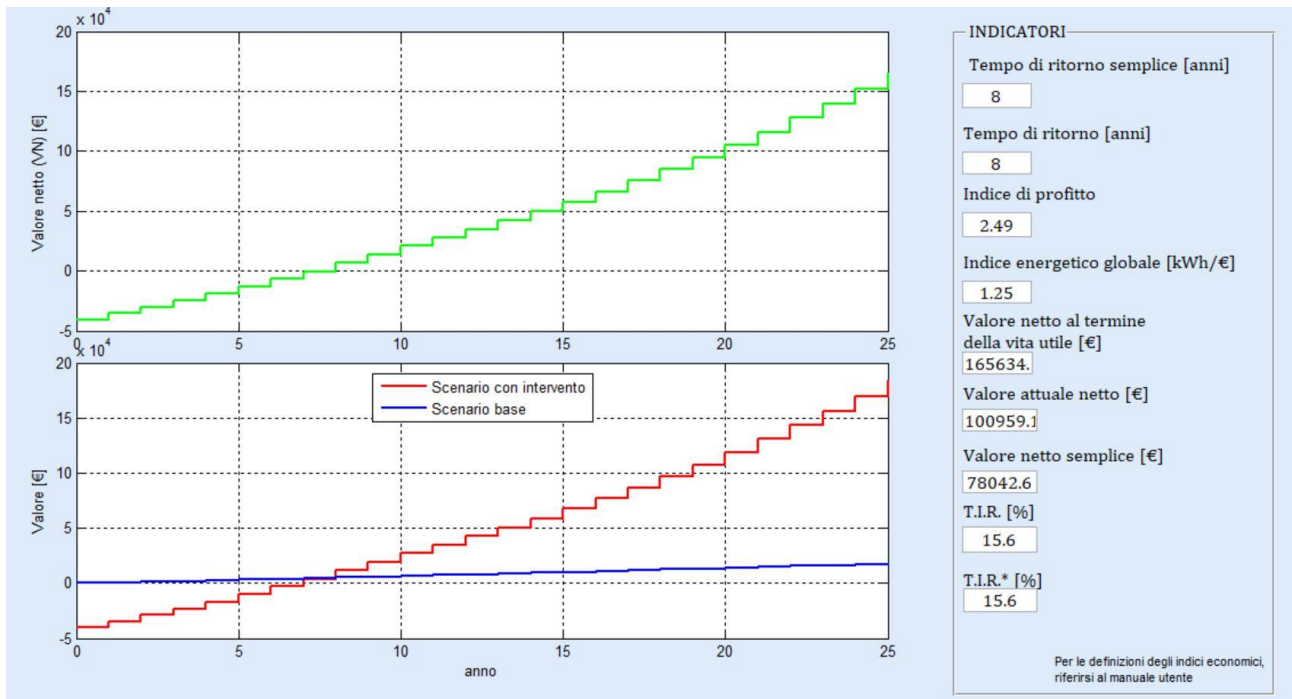


Figura 55: schermata da SEAS analisi economica fotovoltaico + coibentazione terrazzo degli interventi finalizzati alla diagnosi energetica

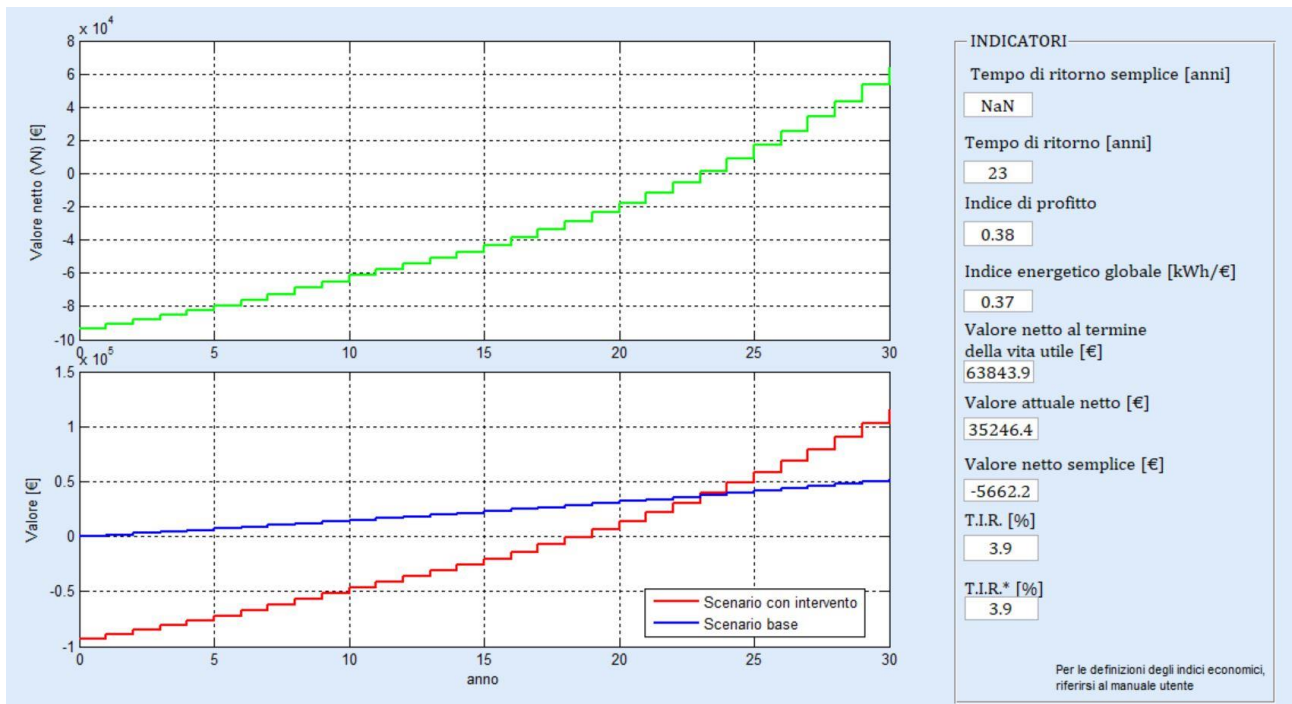
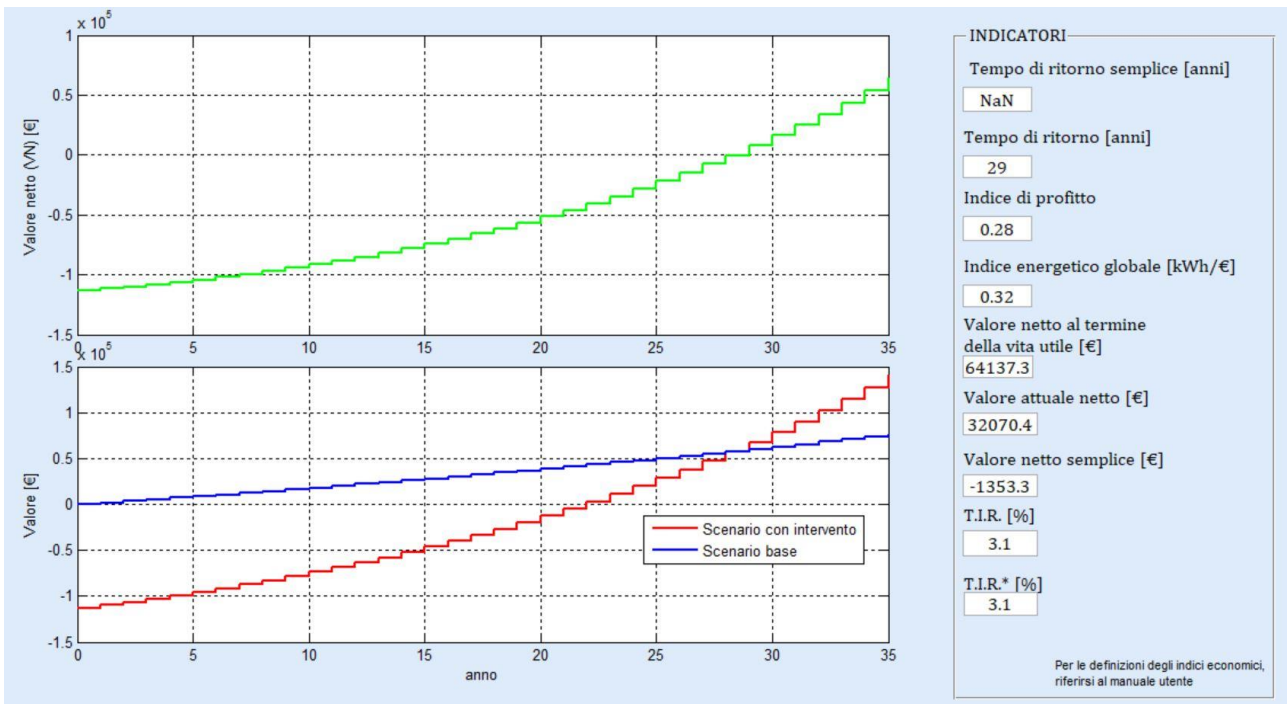
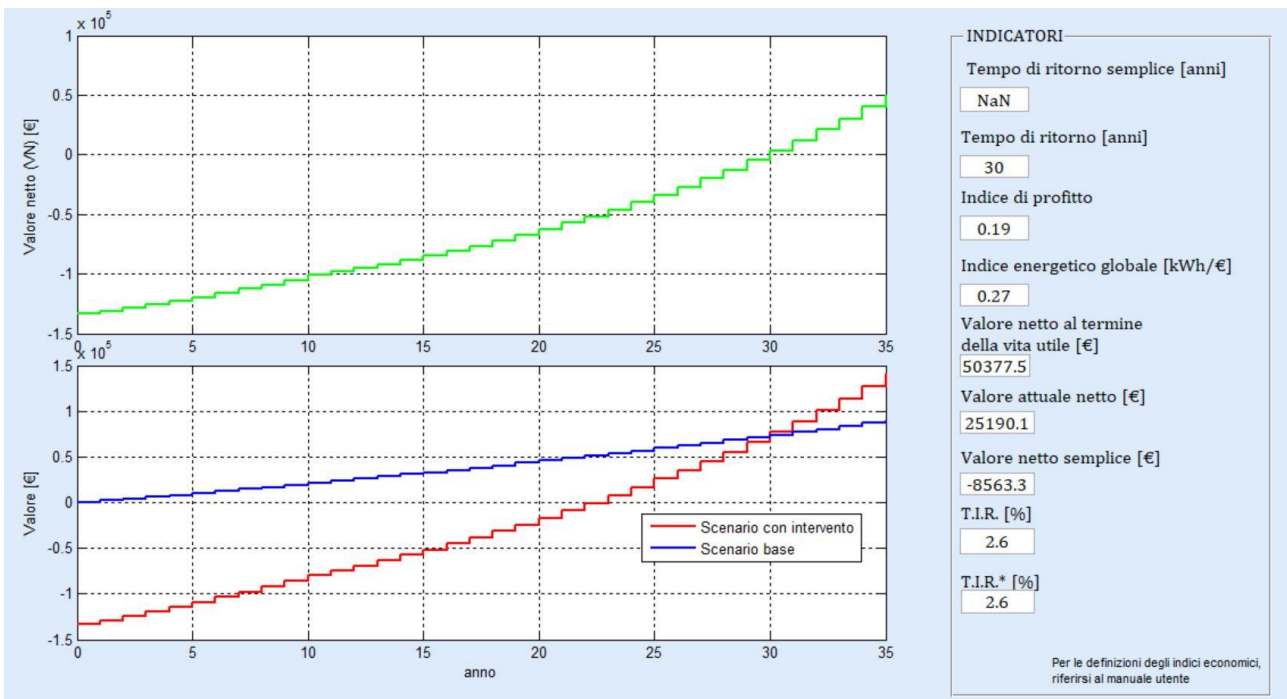


Figura 56: schermata da SEAS analisi economica fotovoltaico + sostituzione infissi degli interventi finalizzati alla diagnosi energetica



**Figura 57: schermata da SEAS analisi economica coibentazione copertura + sostituzione infissi degli interventi finalizzati alla diagnosi energetica**

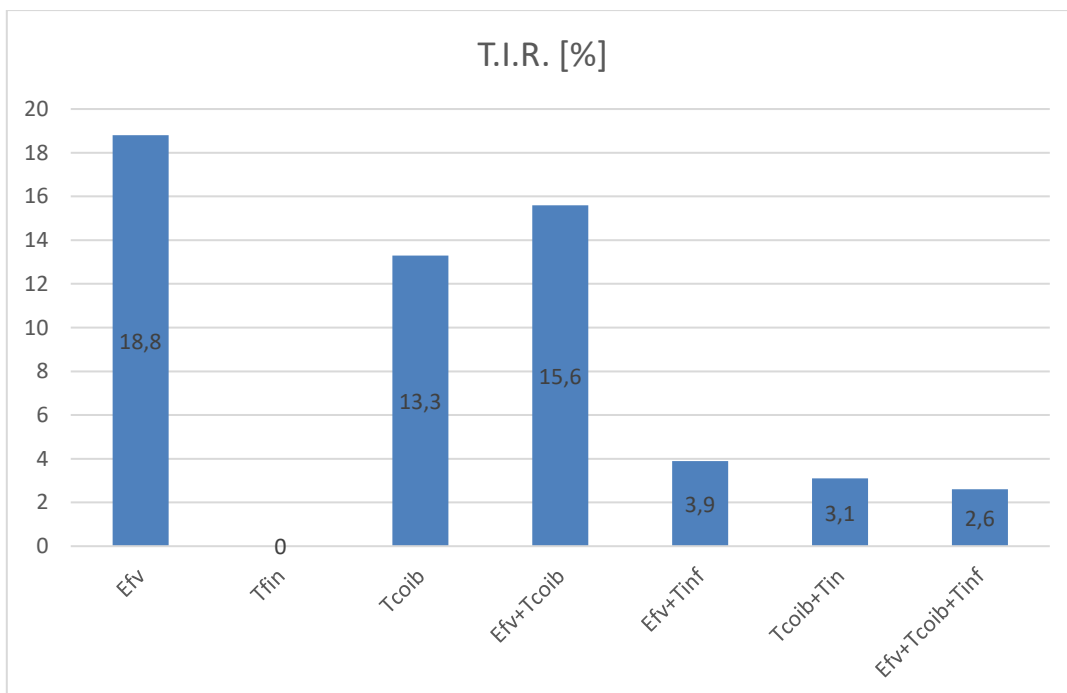


**Figura 58: schermata da SEAS analisi economica fotovoltaico + sostituzione infissi +coibentazione copertura degli interventi finalizzati alla diagnosi energetica**

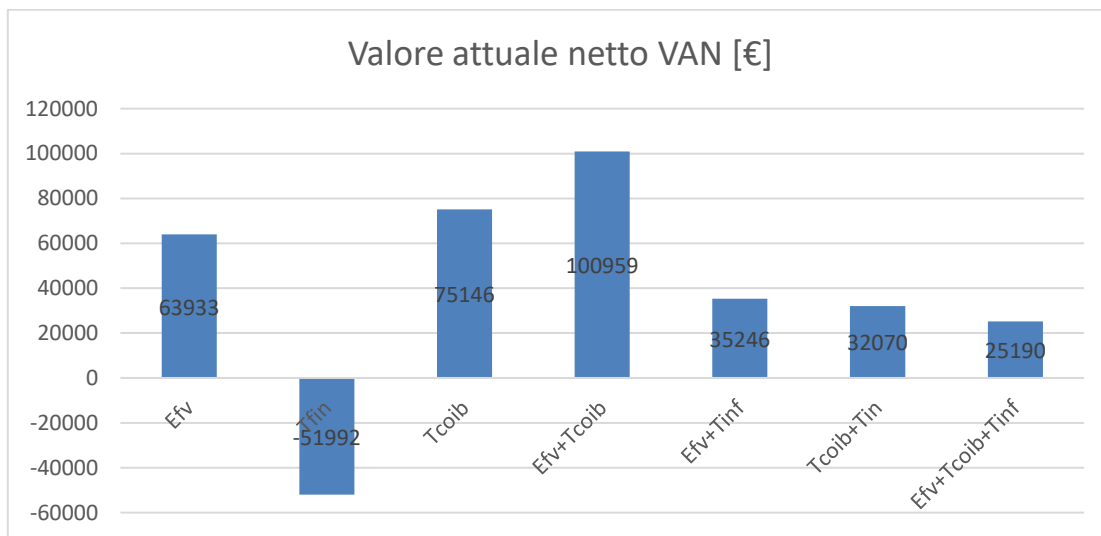
Tutti i risultati ottenuti sono riepilogati nella tabella e nei grafici seguenti:

**Tabella 44: risultati analisi economiche per singoli scenari**

SCENARI	T.I.R. [%]	Valore attuale netto VAN [€]	Indice di Profitto	Tempo Ritorno [anni]
Efv	18.8	63933	3.11	6
Tfin	0	-51992	-0,55	NaN
Tcoib	13.3	75146	3.76	10
Efv+Tcoib	15.6	100959	2.49	8
Efv+Tinf	3.9	35246	0.38	23
Tcoib+Tin	3.1	32070	0.28	29
Efv+Tcoib+Tinf	2.6	25190	0.29	30

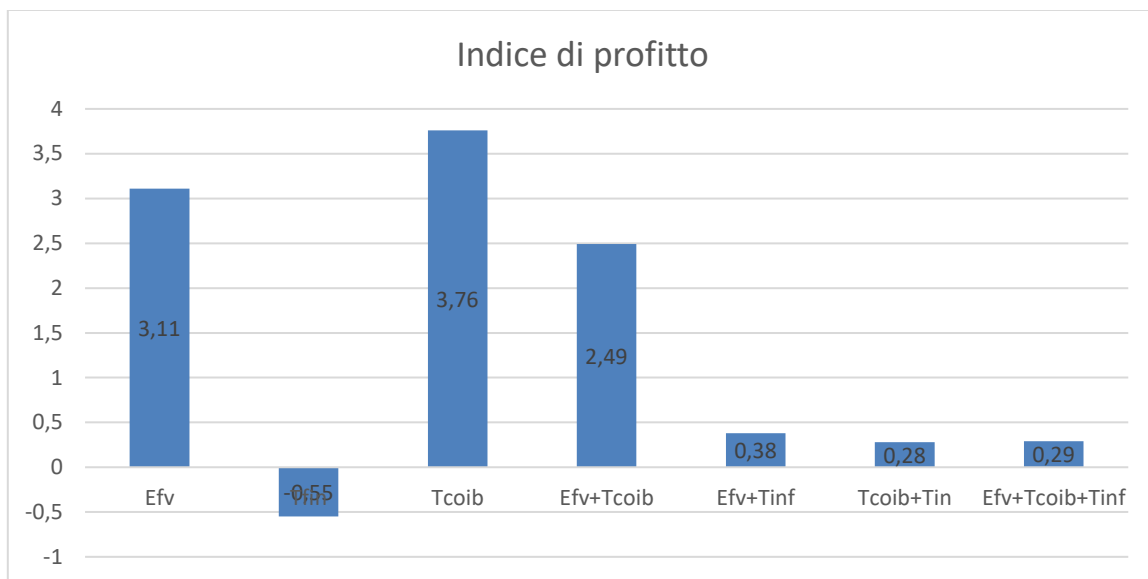


**Figura 59: variazione del T.I.R. a seconda degli scenari di analisi**

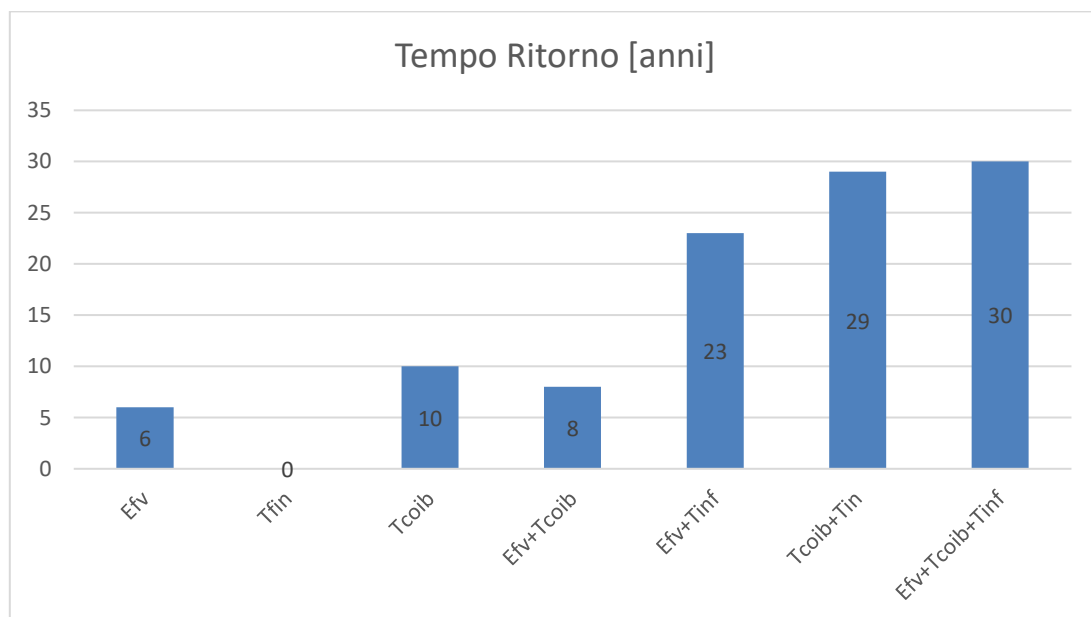


**Figura 60: variare del V.A.N. al variare degli scenari di analisi**





**Figura 61: variare dell'Indice di profitto al variare degli scenari di analisi**



**Figura 62: tempo di ritorno dell'investimento per singolo scenario di analisi**

Si può notare che solamente gli scenari con solo fotovoltaico e fotovoltaico e coibentazione della copertura presentano un tempo di ritorno accettabile (6-8 anni), un T.I.R compreso tra il 13 e il 18% ed un indice di profitto superiore a 3.

Quindi tutti gli altri interventi ipotizzati non sono da considerarsi fattibili, visti gli indici analizzati. In particolare, risulta svantaggioso l'intervento di efficientamento dei soli infissi, per i quali si ha addirittura un indice di profitto negativo e un T.I.R. pari a 0.

Con questa analisi economica, risulta ancora più evidente la non raggiungibilità della classe nZEB per questa tipologia di edifici.

## 9 Considerazioni conclusive

Nell'ambito del presente lavoro si è valutata la possibilità di riqualificare in nZEB un edificio residenziale vincolato nel comune di Roma e, più in generale, rappresentativo della zona climatica Centro Italia (zona D). L'edificio appartenente all'ATER è un manufatto con un involucro edilizio non prestante dal punto di vista energetico.

Il primo step è stato quello di reperimento dati, relativi all'involucro, agli impianti di condizionamento, agli occupanti e alle loro abitudini.

È stata quindi affrontata un'analisi energetica dinamica, validando il codice attraverso il confronto con consumi reali per 5 appartamenti tipo.

La valutazione nZEB ha confermato che nello stato di fatto tale classificazione non si riesce a raggiungere. Si è così provveduto a simulare interventi di efficientamento energetico, in particolare agendo sia sulla parte elettrica, sia sulla parte termica.

Per la parte elettrica è stata considerata l'installazione di pannelli di 30 moduli fotovoltaici di potenza pari a 9 kW<sub>p</sub> di picco.

Per la parte termica si è proceduto alla sostituzione degli infissi e alla coibentazione del terrazzo piano di copertura dell'edificio.

L'applicazione di questi interventi ha portato ad un netto miglioramento dei parametri nZEB che prima erano fuori soglia, ma comunque non rispettando il valore di H'<sub>T</sub>, parametro legato all'involucro.

Non è quindi possibile raggiungere la classe nZEB, nonostante siano stati rispettati la totalità dei parametri riportati nella tabella dei Requisiti Minimi.

Tramite l'intervento proposto di installazione di un impianto FV da 9 kW<sub>p</sub> (superiore al valore limite richiesto vengono rispettati i requisiti di consumo di energia termica da fonte rinnovabile e di consumo di energia elettrica da fonte rinnovabile).

L'analisi costi-benefici ha portato al risultato che solamente gli scenari con solo fotovoltaico e fotovoltaico e coibentazione della copertura presentano un tempo di ritorno accettabile (6-8 anni), un T.I.R compreso tra il 13 e il 18% ed un indice di profitto superiore a 3.

Tutti gli altri interventi ipotizzati non sono da considerarsi fattibili, a causa di ritorni economici non proponibili. In particolare, risulta svantaggioso l'intervento di efficientamento dei soli infissi, per i quali si ha addirittura un indice di profitto negativo e un T.I.R. pari a 0.

Con questa analisi economica, risulta ancora più evidente la non raggiungibilità della classe nZEB per questa tipologia di edifici.

## 10 Bibliografia

- [1] Pennacchia E, Tiberi M, Carbonara E, Garcia DA, Cumo F. Reuse and upcycling of municipal waste for zeb envelope design in European urban areas. *Sustain* 2016;8. doi:10.3390/su8070610.
- [2] Lo Basso G, Rosa F, Astiaso Garcia D, Cumo F. Hybrid systems adoption for lowering historic buildings PFEC (primary fossil energy consumption) - A comparative energy analysis. *Renew Energy* 2018;117. doi:10.1016/j.renene.2017.10.099.
- [3] Rosa F, Cumo F, Calcagnini L, Vivio B. Redevelopment of historic buildings through the implementation of green roofs: a study of a design methodology. n.d. [http://www.academia.edu/2421781/Redevelopment\\_of\\_historic\\_buildings\\_through\\_the\\_implementation\\_of\\_green\\_roofs\\_a\\_study\\_of\\_a\\_design\\_methodology](http://www.academia.edu/2421781/Redevelopment_of_historic_buildings_through_the_implementation_of_green_roofs_a_study_of_a_design_methodology) (accessed September 9, 2013).
- [4] Rosa F, Carbonara E. An analysis on technological plant retrofitting on the masonry behaviour structures of 19th century Traditional Historical Buildings (THB) in Rome (In press). *Climamed 2017 – Mediterr. Conf. HVAC; Hist. Build. retrofit Mediterr. area*, 12-13 May 2017, Matera, Italy, vol. 133, Matera: Elsevier; 2017, p. 121–34. doi:10.1016/j.egypro.2017.09.378.
- [5] Cumo F, Astiaso Garcia D, Calcagnini L, Rosa F, Sferra ASASASAS, Cumo F, et al. Urban policies and sustainable energy management. *Sustain Cities Soc* 2012;4:29–34. doi:10.1016/j.scs.2012.03.003.
- [6] de Santoli L. Guidelines on energy efficiency of cultural heritage. *Energy Build* 2015;86:534–40. doi:10.1016/j.enbuild.2014.10.050.
- [7] Astiaso Garcia D, Cumo F, Tiberi M, Sforzini V, Piras G. Cost-benefit analysis for energy management in public buildings: Four Italian case studies. *Energies* 2016;9. doi:10.3390/en9070522.
- [8] Iatauro D, Romeo C, Terrinoni L, Centi G, Signoretti P. Caso studio di diagnosi energetica di un complesso edilizio scolastico del Sulcis attraverso il software SEAS 3.0. 2016.
- [9] DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia 2010.
- [10] Biele E, Santo D Di, Petracaro A, Tomassetti G, Romeo C, Biele E, et al. Gli edifici nZEB nella Pubblica Amministrazione. n.d.
- [11] de Santoli L, Mancini F, Rossetti S. The energy sustainability of Palazzo Italia at EXPO 2015: Analysis of an nZEB building. *Energy Build* 2014;82:534–9. doi:10.1016/j.enbuild.2014.07.057.
- [12] Ferrari S, Romeo C. Retrofitting under protection constraints according to the nearly Zero Energy Building (nZEB) target: The case of an Italian cultural heritage's school building. *Energy Procedia*, vol. 140, Elsevier; 2017, p. 495–505. doi:10.1016/j.egypro.2017.11.161.
- [13] Dalla Mora T, Cappelletti F, Peron F, Romagnoni P, Bauman F. Retrofit of an historical building toward nZEB. *Energy Procedia*, vol. 78, Elsevier; 2015, p. 1359–64. doi:10.1016/j.egypro.2015.11.154.
- [14] D'agostino D, Zangheri P, Cuniberti B, Paci D, Bertoldi P. Synthesis Report on the National Plans for Nearly Zero Energy Buildings (nZEBs) n.d. doi:10.2790/012311.
- [15] Buonomano A, De Luca G, Montanaro U, Palombo A. Innovative technologies for nZEBs: An energy and economic analysis tool and a case study of a non-residential building for the Mediterranean climate. *Energy Build* 2016;121:318–43. doi:10.1016/j.enbuild.2015.08.037.
- [16] Jan G, Thomas B, Ashok J, Jan S, Felix W, Martin S. Overview of Member States information on nZEBs. 2014.
- [17] Kurnitski J, Allard F, Braham D, Goeders G, Heiselberg P, Jagemar L, et al. How to define nearly net zero energy buildings nZEB – REHVA proposal for uniformed national implementation of EPBD recast n.d.
- [18] Magyar Z, Nemeth G, Kontra BME Sashe Panevski J, Dimitrov K, Dimitrova Kapac J. EXECUTIVE SUMMARY: COMMON CRITERIA AND PRINCIPLES FOR PUBLIC BUILDING nZEB DEFINITION IN SOUTH AND EAST EUROPEAN COUNTRIES. n.d.
- [19] NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS DEFINITIONS ACROSS EUROPE. EPISCOPE Project. Brussels: 2015.
- [20] Luca G, Benedetta M, Nardecchia F, Bisegna F, Chiara G. Home smart grid device for energy saves and failure monitoring. 2015 IEEE 15th Int. Conf. Environ. Electr. Eng. EEEIC 2015 - Conf. Proc., Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2015, p. 671–6. doi:10.1109/EEEIC.2015.7165245.
- [21] Nardecchia F, Minniti S, Bisegna F, Gugliermetti L, Puglisi G. An alternative tool for the energy

- evaluation and the management of thermal networks: The exergy analysis. 2016 IEEE 16th Int. Conf. Environ. Electr. Eng., IEEE; 2016, p. 1–6. doi:10.1109/EEEIC.2016.7555645.
- [22] Luca G, Benedetta M, Nardecchia F, Bisegna F, Chiara G. Home smart grid device for energy saves and failure monitoring. 2015 IEEE 15th Int. Conf. Environ. Electr. Eng., IEEE; 2015, p. 671–6. doi:10.1109/EEEIC.2015.7165245.
- [23] EU. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). Off J Eur Union 2010:13–35. doi:doi:10.3000/17252555.L\_2010.153.eng.
- [24] Moschini F. Quadrio Pirani. Progetti e realizzazioni 1904-1925 n.d.
- [25] UNI/TS 11300 - 1 “ Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale ” , Ottobre 2014. n.d.
- [26] UNI/TS 11300 - 2 “ Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria ” , Ottobre 2014 n.d.
- [27] UNI/TS 11300 - 3 “ Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva ” , Marzo 2010. n.d.
- [28] Wisconsin-Madison U of. TRNSYS 17. Multizone Building Modeling with Type 56 and TRNBuild. 2010. doi:10.1186/1475-2875-11-104.
- [29] Zinzi M, Pagliaro F, Agnoli S, Bisegna F, Iatauro D. Assessing the overheating risks in Italian existing school buildings renovated with nZEB targets. Energy Procedia 2017;142:2517–24. doi:10.1016/j.egypro.2017.12.192.
- [30] Kummert M. Trnsys 16 - Multizone Building modeling with Type56 and TRNBuild. Program 2007.

## 11 Nota sugli autori

**Giuseppe Piras:** Architetto e ingegnere, dottore di ricerca in Riqualificazione e recupero insediativo. Dal 2001 è Professore di Fisica Tecnica Ambientale dell'Università La Sapienza di Roma; dal 2002 al 2008 è stato docente di Impianti tecnici presso la Scuola Ufficiali del Genio Militare di Roma Corso Superiore di Specializzazione; da oltre 15 anni è Consulente tecnico presso la Procura della Repubblica di Roma. Svolge, presso il Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica della Sapienza, attività di ricerca nei settori dell'energetica civile e del controllo ambientale, è autore di numerosi articoli e pubblicazioni. Dal 2016 è Direttore del Master universitario in “Gestione integrata e valorizzazione dei patrimoni immobiliari e urbani - Asset, Property, Facility & Energy Management” alla Sapienza Università di Roma. Dal 2015 è un componente del Senato Accademico della Sapienza Università di Roma. Dal 2001 al 2010 è stato componente di un gruppo di ricerca presso il Dipartimento di Fisica Tecnica di Roma per la certificazione energetica degli edifici e per lo studio della qualità dell'aria in ambienti confinati. Già direttore del SUMIT e Membro del Collegio dei Docenti del Dottorato di Ricerca in "Risparmio energetico e microgenerazione distribuita"; Membro del Consiglio Nazionale della FIAS.

È il Referente della Sapienza Università di Roma per le iniziative nel campo del risparmio energetico e del controllo ambientale. Nel corso degli ultimi tre anni, ha collaborato ad un progetto di ricerca internazionale di grande rilevanza “SoURCE – Sustainable Urban Cells”, promosso dal Ministero degli Affari Esteri e co-finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, nell'ambito della cooperazione scientifica e tecnologica bilaterale Italia - Svezia, elaborato congiuntamente tra il centro CITERA della Sapienza Università di Roma e il Royal Institute of Technology di Stoccolma (School of Architecture and Built Environment, Dept of Urban Planning & Environment).

**Fabio Nardecchia.** nato a Roma nel 1977. è assegnista di ricerca Post-Doc presso il dipartimento di Ingegneria Astronautica. Elettrica ed Energetica (DIAEE). Laureato in Ingegneria Astronautica (2009) e Dottore di Ricerca in Energia e Ambiente (2017). Ha svolto supporto alla didattica per i corsi di Aerodinamica. Gasdinamica. Fisica Tecnica. Edifici Ecosostenibili e Progettazione delle Smart Cities. Autore di oltre 20 pubblicazioni su riviste internazionali o in atti di congressi. Docente per il corso di perfezionamento in Smart Cities e Communities. Titolare di consulenze o collaboratore per vari contratti di ricerca nell'ambito della diagnosi. dell'efficienza. della normativa. della pianificazione e della conversione energetica.

**Flavio Rosa** nato a Vallo della Lucania (SA) nel 1966 è Post-Doc laureato in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio presso la Facoltà di Ingegneria di Roma La Sapienza. Abilitato alla professione di Ingegnere e iscritto all'albo della provincia di Roma. Dottore di Ricerca in Energetica conseguito presso il DINCE Dipartimento di Ingegneria Nucleare e Conversioni di Energia con una tesi sull'utilizzo delle Biomasse in aree naturali protette. Assegnista di ricerca Post-Doc: A.A. 2010/11 Studio e valutazione delle criticità ambientali legate al trasporto marittimo di merci pericolose, AA.AA. 2011/12 2012/13 Implementazione energie rinnovabili all'interno delle aree portuali. Docente a contratto di Fisica Tecnica Ambientale presso la facoltà di Architettura di Roma per gli AA.AA. 2014/15 e 2015/16. Docente Master Universitario di I livello BIM- Building Information Modeling Facoltà Architettura Roma Sapienza e Master di I livello Gestione del Processo Edilizio – Project Management. Tutor e correlatore di tesi nel campo delle FER e loro interazione con il costruito presso Facoltà Architettura Roma La Sapienza. Revisore articoli scientifici per riviste del gruppo Elsevier, MDPI e PLEIA Conference. Autore di pubblicazioni nel campo delle energie rinnovabili e riqualificazione energetica all'interno di edifici storici.

**Barbara de Lieto Vollaro,** nata a Roma nel 1988, è dottoranda di ricerca presso il dipartimento di ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica (DIAEE). Laureata in Architettura (2015) con votazione di 110 e lode/110, Master di I livello in BIM “Building Information Modeling” (2016) con votazione di 110/110. Ha svolto supporto alla didattica come tutor del corso di studio GPE, assistendo laureandi, attraverso workshop dedicati; Collaboratrice al progetto GISFER ,analizzando dati provenienti da database su impianti ad energia

solare della regione Lazio; Collaboratrice per il centro Citera; Collaboratrice a progetti ENEA in BIM sulla progettazione impiantistica; Collaboratrice presso lo Studio Centurani come Architetto per la progettazione e implementazione BIM; Stagista allo studio Leoni per seguire la gestione e la sicurezza del Centro Commerciale Laurentino e Cecchignola con committenza Parsitalia.



## 13 Allegati

### 13.1 Certificazione energetica edificio

REGIONE LAZIO		ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI		APE 2015							
CODICE IDENTIFICATIVO:		VALIDO FINO AL: 22/10/2028									
<b>DATI GENERALI</b>											
<b>Destinazione d'uso</b> <input checked="" type="checkbox"/> Residenziale <input type="checkbox"/> Non residenziale  Classificazione D.P.R. 412/93: <u>E.1 (1)</u>		<b>Oggetto dell'attestato</b> <input checked="" type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: <u>40</u>		<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____							
<b>Dati identificativi</b> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FOTO EDIFICIO</div> Regione: <b>LAZIO</b> Comune: <b>Roma</b> Indirizzo: <b>Via Bramante 5-A-B Roma</b> Piano: Interno: Coordinate GIS: <b>0,000000 N - 0,000000 E</b>		Zona climatica: <b>D</b> Anno di costruzione: <b>1925</b> Superficie utile riscaldata (m <sup>2</sup> ): <b>1834,40</b> Superficie utile raffrescata (m <sup>2</sup> ): <b>1834,40</b> Volume lordo riscaldato (m <sup>3</sup> ): <b>5914,00</b> Volume lordo raffrescato (m <sup>3</sup> ): <b>5914,00</b>									
Comune catastale	<b>H501</b>	Sezione		Foglio							
Subalterni	da a da a da a	da a da a da a	da a da a da a	da a da a da a	da a da a da a						
Altri subalterni											
<b>Servizi energetici presenti</b>											
<input checked="" type="checkbox"/> Climatizzazione invernale <input checked="" type="checkbox"/> Climatizzazione estiva		<input type="checkbox"/> Ventilazione meccanica <input checked="" type="checkbox"/> Prod. acqua calda sanitaria		<input type="checkbox"/> Illuminazione <input type="checkbox"/> Trasporto di persone o cose							
<b>PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO</b>											
La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.											
<b>Prestazione energetica del fabbricato</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>INVERNO</th> <th>ESTATE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		INVERNO	ESTATE					<b>Prestazione energetica globale</b>  <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <b>EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO</b>  <b>CLASSE ENERGETICA</b>  <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">C</span>  <b>84,80 kWh/m<sup>2</sup>anno</b> </div>		<b>Riferimenti</b> Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione:  Se nuovi: <b>C (87,05)</b>  Se esistenti: <b>D</b>	
INVERNO	ESTATE										
Pag. 1											

	<b>ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b>	
CODICE IDENTIFICATIVO:	VALIDO FINO AL: 22/10/2028	

**PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI**

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard.

**Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia**

	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete	43374 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP <sub>gI,nren</sub> kWh/m <sup>2</sup> anno <b>84,80</b>
<input checked="" type="checkbox"/>	Gas naturale	6800 m <sup>3</sup>	
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP <sub>gI,ren</sub> kWh/m <sup>2</sup> anno <b>11,11</b>
<input type="checkbox"/>	Gasolio		
<input type="checkbox"/>	Ollo combustibile		
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico		
<input type="checkbox"/>	Solare termico		Emissioni di CO <sub>2</sub> kg/m <sup>2</sup> anno <b>19</b>
<input type="checkbox"/>	Eolico		
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro		

**RACCOMANDAZIONI**

La sezione riporta gli interventi raccomandati e la stima dei risultati conseguibili, con il singolo intervento o con la realizzazione dell'insieme di essi, esprimendo una valutazione di massima del potenziale di miglioramento dell'edificio o immobile oggetto dell'attestato di prestazione energetica.

**RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE**

**INTERVENTI RACCOMANDATI E RISULTATI CONSEGUIBILI**

Codice	TIPO DI INTERVENTO RACCOMANDATO	Comporta una Ristrutturazione importante	Tempo di ritorno dell'investimento anni	Classe Energetica raggiungibile con l'intervento (EP <sub>g,ren</sub> kWh/m <sup>2</sup> anno)	CLASSE ENERGETICA raggiungibile se si realizzano tutti gli interventi raccomandati
R <sub>EN 1</sub>		no	0,00	A4 0,00	<b>A4</b>  <b>0,00</b> <b>kWh/m<sup>2</sup> anno</b>
R <sub>EN</sub>					
R <sub>EN</sub>					
R <sub>EN</sub>					
R <sub>EN</sub>					
R <sub>EN</sub>					

	<b>ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b>	
CODICE IDENTIFICATIVO:		VALIDO FINO AL: 22/10/2028

#### ALTRI DATI ENERGETICI GENERALI

Energia esportata	0,00 kWh/anno	Vettore energetico: <u>Energia elettrica</u>
-------------------	---------------	--

#### ALTRI DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO

V – Volume riscaldato	5914,00	m <sup>3</sup>
S – Superficie disperdente	1279,54	m <sup>2</sup>
Rapporto S/V	0,22	
EP <sub>H,nd</sub>	26,90	kWh/m <sup>2</sup> anno
A <sub>vol,est</sub> /A <sub>sup utile</sub>	0,0680	-
Y <sub>IE</sub>	0,4438	W/m <sup>2</sup> K

#### DATI DI DETTAGLIO DEGLI IMPIANTI

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catastale regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza nominale kW	Efficienza media stagionale		EPren	EPnren
						$\eta_H$	$\eta_C$		
Climatizzazione invernale	Caldaia standard	2011		Gas naturale	210,80	70,0	$\eta_H$	0,13	38,29
Climatizzazione estiva	HP elettrica aria-aria	2016		Energia elettrica da rete	2,70	12197,8	$\eta_C$	0,08	0,32
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	2016		Energia elettrica da rete	3,60				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	2015		Energia elettrica da rete	5,20				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	2015		Energia elettrica da rete	3,60				
	HP elettrica aria-aria	2015		Energia elettrica da rete	5,20				
	HP elettrica aria-aria	2016		Energia elettrica da rete	5,20				
	HP elettrica aria-aria	2017		Energia elettrica da rete	2,70				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	2016		Energia elettrica da rete	3,60				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				

	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	2015		Energia elettrica da rete	5,20				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	2014		Energia elettrica da rete	2,70				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	2015		Energia elettrica da rete	3,60				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	2013		Energia elettrica da rete	3,60				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
	HP elettrica aria-aria	-		Energia elettrica da rete	0,00				
Prod. acqua calda sanitaria	boiler elettrico	2010		Energia elettrica da rete	0,67	28,6	$\eta_w$	10,91	46,18
	boiler elettrico	2016		Energia elettrica da rete	1,16				
	boiler elettrico	2012		Energia elettrica da rete	0,79				
	boiler elettrico	2014		Energia elettrica da rete	0,74				
	boiler elettrico	2005		Energia elettrica da rete	1,09				
	boiler elettrico	2012		Energia elettrica da rete	0,74				
	boiler elettrico	2010		Energia elettrica da rete	0,67				
	Rendimento noto stagionale	2018		Gas naturale	0,79				

boiler elettrico	2017		Energia elettrica da rete	0,74
boiler elettrico	2009		Energia elettrica da rete	1,09
boiler elettrico	2007		Energia elettrica da rete	1,16
boiler elettrico	2011		Energia elettrica da rete	0,67
boiler elettrico	2005		Energia elettrica da rete	0,79
boiler elettrico	2007		Energia elettrica da rete	0,74
boiler elettrico	2003		Energia elettrica da rete	1,09
boiler elettrico	2009		Energia elettrica da rete	1,16
boiler elettrico	2010		Energia elettrica da rete	0,67
boiler elettrico	2006		Energia elettrica da rete	0,79
boiler elettrico	2011		Energia elettrica da rete	0,74
boiler elettrico	2018		Energia elettrica da rete	1,09
boiler elettrico	2007		Energia elettrica da rete	1,09
boiler elettrico	2003		Energia elettrica da rete	0,67
boiler elettrico	2012		Energia elettrica da rete	0,79
boiler elettrico	2009		Energia elettrica da rete	0,74
boiler elettrico	2010		Energia elettrica da rete	1,09
boiler elettrico	2002		Energia elettrica da rete	1,09
boiler elettrico	2004		Energia elettrica da rete	0,67
boiler elettrico	2004		Energia elettrica da rete	0,79
boiler elettrico	2008		Energia elettrica da rete	0,00
boiler elettrico	2011		Energia elettrica da rete	1,09
boiler elettrico	2009		Energia elettrica da rete	1,09
boiler elettrico	2009		Energia elettrica da rete	0,67
boiler elettrico	2011		Energia elettrica da rete	0,79
boiler elettrico	2017		Energia elettrica da rete	0,74
boiler elettrico	2008		Energia elettrica da rete	0,67
boiler elettrico	2004		Energia elettrica da rete	1,09
boiler elettrico	2009		Energia elettrica da rete	0,67
boiler elettrico	2017		Energia elettrica da rete	0,79
boiler elettrico	2011		Energia elettrica da rete	0,74
boiler elettrico	2006		Energia elettrica da rete	1,09

Impianti combinati									
Produzione da fonti rinnovabili									
Ventilazione meccanica									
Illuminazione									
Trasporto di persone o cose									

	<b>ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b> CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: 22/10/2028	
---	---	---

### INFORMAZIONI SUL MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

La sezione riporta informazioni sulle opportunità, anche in termini di strumenti di sostegno nazionali o locali, legate all'esecuzione di diagnosi energetiche e interventi di riqualificazione energetica, comprese le ristrutturazioni importanti.

--

### SOGGETTO CERTIFICATORE

<input type="checkbox"/> Ente/Organismo pubblico	<input checked="" type="checkbox"/> Tecnico abilitato	<input type="checkbox"/> Organismo/Società
Nome e Cognome / Denominazione		
Indirizzo	- - ()	
E-mail		
Telefono		
Titolo		
Ordine/iscrizione	di /	
Dichiarazione di indipendenza	<i>Il sottoscritto certificatore, consapevole delle responsabilità assunte ai sensi degli artt.359 e 481 del Codice Penale, DICHIARA di aver svolto con indipendenza ed imparzialità di giudizio l'attività di Soggetto Certificatore del sistema edificio impianto oggetto del presente attestato e l'assenza di conflitto di interessi ai sensi dell'art.3 del D.P.R. 16 aprile 2013, n. 75.</i>	
Informazioni aggiuntive		

### SOPRALLUOGHI E DATI DI INGRESSO

E' stato eseguito almeno un sopralluogo/rilievo sull'edificio obbligatorio per la redazione del presente APE?	<i>si</i>
---	-----------

### SOFTWARE UTILIZZATO

Il software utilizzato risponde ai requisiti di rispondenza e garanzia di scostamento massimo dei risultati conseguiti rispetto ai valori ottenuti per mezzo dello strumento di riferimento nazionale?	<i>si</i>
Al fini della redazione del presente attestato è stato utilizzato un software che impieghi un metodo di calcolo semplificato?	<i>no</i>

Il presente attestato è reso, dal sottoscritto, in forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio ai sensi dell'articolo 47 del D.P.R. 445/2000 e dell'articolo 15, comma 1 del D.Lgs 132/2005 così come modificato dall'articolo 12 del D.L 63/2013.

Data di emissione 22/09/2018

Firma e timbro del tecnico o firma digitale \_\_\_\_\_



	<b>ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI</b>	
CODICE IDENTIFICATIVO:	VALIDO FINO AL: 22/10/2028	

**LEGENDA E NOTE PER LA COMPILAZIONE**




Il presente documento attesta la **prestazione** e la **classe energetica** dell'edificio o dell'unità immobiliare, ovvero la quantità di energia necessaria ad assicurare il comfort attraverso i diversi servizi erogati dai sistemi tecnici presenti, in condizioni convenzionali d'uso. Al fine di individuare le potenzialità di miglioramento della prestazione energetica, l'attestato riporta informazioni specifiche sulle prestazioni energetiche del fabbricato e degli impianti. Viene altresì indicata la classe energetica più elevata raggiungibile in caso di realizzazione delle misure migliorative consigliate, così come descritte nella sezione "raccomandazioni" (pag.2).

**PRIMA PAGINA**

**Informazioni generali:** tra le informazioni generali è riportata la motivazione alla base della redazione dell'APE. Nell'ambito del periodo di validità, ciò non preclude l'uso dell'APE stesso per i fini di legge, anche se differenti da quelli ivi indicati.

**Prestazione energetica globale (EP<sub>gl,nren</sub>):** fabbisogno annuale di energia primaria non rinnovabile relativa a tutti i servizi erogati dai sistemi tecnici presenti, in base al quale è identificata la classe di prestazione dell'edificio in una scala da A4 (edificio più efficiente) a G (edificio meno efficiente).

**Prestazione energetica del fabbricato:** indice qualitativo del fabbisogno di energia necessario per il soddisfacimento del comfort interno, indipendente dalla tipologia e dal rendimento degli impianti presenti. Tale indice dà un'indicazione di come l'edificio, d'estate e d'inverno, isola termicamente gli ambienti interni rispetto all'ambiente esterno. La scala di valutazione qualitativa utilizzata osserva il seguente criterio:

	QUALITA' ALTA		QUALITA' MEDIA		QUALITA' BASSA
---	---------------	---	----------------	---	----------------

I valori di soglia per la definizione del livello di qualità, suddivisi per tipo di indicatore, sono riportati nelle Linee guida per l'attestazione energetica degli edifici di cui al decreto previsto dall'articolo 6, comma 12 del d.lgs. 192/2005.

**Edificio a energia quasi zero:** edificio ad altissima prestazione energetica, calcolata conformemente alle disposizioni del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 e del decreto ministeriale sui requisiti minimi previsto dall'articolo 4, comma 1 del d.lgs. 192/2005. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, prodotta all'interno del confine del sistema (in situ). Una spunta sull'apposito spazio adiacente alla scala di classificazione indica l'appartenenza dell'edificio oggetto dell'APE a questa categoria.

**Riferimenti:** raffronto con l'indice di prestazione globale non rinnovabile di un edificio simile ma dotato dei requisiti minimi degli edifici nuovi, nonché con la media degli indici di prestazione degli edifici esistenti simili, ovvero contraddistinti da stessa tipologia d'uso, tipologia costruttiva, zona climatica, dimensioni ed esposizione di quello oggetto dell'attestato.

**SECONDA PAGINA**

**Prestazioni energetiche degli impianti e consumi stimati:** la sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile dell'immobile oggetto di attestazione. Tali indici informano sulla percentuale di energia rinnovabile utilizzata dall'immobile rispetto al totale. La sezione riporta infine una stima del quantitativo di energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard, suddivisi per tipologia di fonte energetica utilizzata.

**Raccomandazioni:** di seguito si riporta la tabella che classifica le tipologie di intervento raccomandate per la riqualificazione energetica e la ristrutturazione importante.

**RIGUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE EDIFICIO/UNITA' IMMOBILIARE - Tabella dei Codici**

Codice	TIPO DI INTERVENTO
R <sub>EN1</sub>	FABBRICATO - INVOLUCRO OPACO
R <sub>EN2</sub>	FABBRICATO - INVOLUCRO TRASPARENTE
R <sub>EN3</sub>	IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE - INVERNO
R <sub>EN4</sub>	IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE - ESTATE
R <sub>EN5</sub>	ALTRI IMPIANTI
R <sub>EN6</sub>	FONTI RINNOVABILI

**TERZA PAGINA**

La terza pagina riporta la quantità di energia prodotta in situ ed esportata annualmente, nonché la sua tipologia.

Riporta infine, suddivise in due sezioni relative rispettivamente al fabbricato e agli impianti, i dati di maggior dettaglio alla base del calcolo.

### 13.2 Tabella rilievo radiatori

MESH	MRIU	INAKTIV	LAGE (posizione piano/interno?)	Indirizzo	RAUM (spazio)	GHE	NIST	watt	larghezza	altezza	interrare	TEF (profondo)	dimensioni - marca e modello termio
00010	10	010-1		Via Biarmante S/A	F	00975296	P	477	275	870			68 1L/275,870/68/11lecta/PP
00010	10	010-1		Via Biarmante S/A	B	00975298	P	477	275	870			68 1L/275,870/68/11lecta/PP
00010	10	010-1		Via Biarmante S/A	Z	00975294	P	653	470	670			68 1L/470,670/68/11lecta/PP
00010	10	010-1		Via Biarmante S/A	S	00975292	P	3070	770	670			68 1L/770,670/68/11lecta/PP
00010	10	010-1		Via Biarmante S/A	W	00975287	P	1209	870	670			68 1L/870,670/68/11lecta/PP
00020	10	010-2		Via Biarmante S/A	W	00975318	P	3070	770	670			68 1L/770,670/68/11lecta/PP
00020	10	010-2		Via Biarmante S/A	B	00975308	P	514	370	670			68 1L/370,670/68/11lecta/PP
00020	10	010-2		Via Biarmante S/A	S	00975316	P	625	370	670			15 1L/770,670/15/11lecta/PP
00030	10	010-3		Via Biarmante S/A	B	00975311	P	469	270	870			68 1L/270,670/68/11lecta/PP
00030	10	010-3		Via Biarmante S/A	K	00975301	P	816	470	870			68 1L/470,670/68/11lecta/PP
00030	10	010-3		Via Biarmante S/A	W	00975296	P	1383	570	870			121 1L/570,670/121,11lecta/PPPP
00040	10	010-4		Via Biarmante S/A	S	00975333	P	1529	640	677			57 1L/677,677/Novaflecta/PP
00040	10	010-4		Via Biarmante S/A	W	00975288	P	1145	405	890			95 5/890,895/40lecta/Max
00040	10	010-4		Via Biarmante S/A	B	00975290	P	482	465	430			68 1L/465,470/68/11lecta/PP
00050	10	010-5		Via Biarmante S/A	S	00975305	P	3025	985	800			99 1L/985,800/99/Novaw/PP
00050	10	010-5		Via Biarmante S/A	W	00975297	P	887	515	800			59 1L/515,800/59/Novaw/PP
00050	10	010-5		Via Biarmante S/A	B	00975303	P	603	350	800			59 1L/350,800/59/Novaw/PP
00050	10	010-5		Via Biarmante S/A	K	00975299	P	431	250	800			59 1L/250,800/59/Novaw/PP
00060	10	012-2		Via Biarmante S/A	W	00975246	P	651	375	870			68 1L/375,870/68/11lecta/PP
00060	10	012-2		Via Biarmante S/A	S	00975329	P	651	375	870			68 1L/375,870/68/11lecta/PP
00060	10	012-2		Via Biarmante S/A	B	01070482	P	469	270	870	0		68 1L/270,870/68/11lecta/PP
00070	10	013		Via Biarmante S/A	F	00975247	P	578	385	840			53 1L/385,840/53/Handen/Plaste/PP
00070	10	013		Via Biarmante S/A	S	00975248	P	5461	750	640			53 1L/750,640/53/Handen/Plaste/PP
00080	10	014		Via Biarmante S/A	S	00974800	P	660	390	870			68 1L/390,870/68/11lecta/PP
00080	10	014		Via Biarmante S/A	B	00974878	P	486	280	870			68 1L/280,870/68/11lecta/PP
00080	10	014		Via Biarmante S/A	W	00974888	P	729	420	870			68 1L/420,870/68/11lecta/PP
00090	10	015		Via Biarmante S/A	W	00974901	P	1727	891	590			95 1L/590/95/Grobel/Max
00090	10	015		Via Biarmante S/A	S	01051081	P	1727	891	590			95 1L/590/95/Grobel/Max
00090	10	015		Via Biarmante S/A	K	00974902	P	3086	486	690			95 1L/690,486/95/lecta/Max
00090	10	015		Via Biarmante S/A	B	01051139	AV	727	450	27			30 27/450/30/Rumaco/ESCALE
00100	10	02-1		Via Biarmante S/A	F	00975254	P	734	410	860			62 1L/410,860/62/Ther/PP
00100	10	02-1		Via Biarmante S/A	B	00975239	P	512	300	860			62 1L/300,860/62/Ther/PP
00100	10	02-1		Via Biarmante S/A	Z	00975237	P	512	300	860			62 1L/300,860/62/Ther/PP
00100	10	02-1		Via Biarmante S/A	S	00975241	P	1115	430	860			106 1L/430,860/106/Ther/PP
00100	10	02-1		Via Biarmante S/A	W	00975238	P	2556	600	860			106 1L/600,860/106/Ther/PP
00120	10	02-4		Via Biarmante S/A	W	00975276	P	653	470	670			68 1L/470,670/68/11lecta/PP
00120	10	02-4		Via Biarmante S/A	B	00975310	P	437	225	670			121 1L/225,670/121,11lecta/PPPP
00120	10	02-4		Via Biarmante S/A	S	00975312	P	729	400	870			68 1L/400,870/68/11lecta/PP
00130	10	02-5		Via Biarmante S/A	F	00975299	P	477	275	870			68 1L/275,870/68/11lecta/PP
00130	10	02-5		Via Biarmante S/A	S	00975257	P	729	420	870			68 1L/420,870/68/11lecta/PP

00230	10	01-5	Via Biarmate 5/A	W	00975220	P	556	300	870	68	IL/320/870/68/Biecta/PP	
00230	10	01-5	Via Biarmate 5/A	B	00975225	P	487	350	670	68	IL/320/870/68/Biecta/PP	
00240	10	01-4	Via Biarmate 5/A	F	00975262	P	469	365	3000	47	IL/365/1000/47/Biurca/H/P	
00240	10	01-4	Via Biarmate 5/A	B	00975238	P2	541	500	36	46	36/300/46/Zehnder/Fiucca	
00240	10	01-4	Via Biarmate 5/A	Z	00975200	P	5517	640	880	95	8/800/85/Fiava/E SSE	
00240	10	01-4	Via Biarmate 5/A	Z	00975279	P	2636	880	880	95	11/880/95/Fiava/ES SE	
00240	10	01-4	Via Biarmate 5/A	S	00975277	P	5917	640	880	95	8/800/85/Fiava/E SSE	
00250	10	01-2	Via Biarmate 5/A	ALG	01876276	P	990	570	870	68	IL/320/870/68/Biecta/PP	
00250	10	01-2	Via Biarmate 5/A	B	01876270	P	556	300	870	68	IL/320/870/68/Biecta/PP	
00250	10	01-2	Via Biarmate 5/A	K	01876268	P	590	570	870	68	IL/320/870/68/Biecta/PP	
00260	10	01-3	Via Biarmate 5/A	W	00974900	P	3223	560	777	80	7777/80/Novaf biorda/Seven	
00260	10	01-3	Via Biarmate 5/A	S	00974905	A	5440	600	813	95	30/813/95/Novaf/Euro	
00260	10	01-3	Via Biarmate 5/A	B	00974904	AV	458	440	21	34	21/440/34/Thermic/H/O	
00270	10	01-4	Via Biarmate 5/A	W	01051141	P	5416	640	678	85	8/678/85/Fiava/E Biarmate	
00270	10	01-4	Via Biarmate 5/A	B	01051152	AV	388	400	36	30	36/400/30/Kc/Adantic	
00270	10	01-4	Via Biarmate 5/A	W	01051139	P	950	400	661	98	5/661/98/Fiava/Novaf	
00280	10	01-2	Via Biarmate 5/B	S	00975420	P	2872	640	877	96	877/96/Novaf biorda/Seven	
00280	10	01-2	Via Biarmate 5/B	B	00975438	P	702	340	877	96	3/877/96/Novaf biorda/Seven	
00280	10	01-2	Via Biarmate 5/B	W	00975490	P	3872	640	877	96	877/96/Novaf biorda/Seven	
00290	10	01-3	Via Biarmate 5/B	K	01051097	P	911	535	870	68	IL/535/870/68/Biecta/PP	
00290	10	01-3	Via Biarmate 5/B	S	01051106	P	3050	800	788	90	30/788/90/Novaf/Mondial	
00290	10	01-3	Via Biarmate 5/B	B	01051108	AV	523	510	38	30	30/510/30/Novaf/Star	
00300	10	01-4	Via Biarmate 5/B	K	01051099	P	920	590	870	68	IL/320/870/68/Biecta/PP	
00300	10	01-4	Via Biarmate 5/B	F	01051113	P	469	270	870	68	IL/270/870/68/Biecta/PP	
00300	10	01-4	Via Biarmate 5/B	S	00974882	P	903	520	870	68	IL/320/870/68/Biecta/PP	
00210	10	01-5	Via Biarmate 5/B	F	00975909	P	702	340	877	96	3/877/96/Novaf biorda/Seven	
00210	10	01-5	Via Biarmate 5/B	K	00975967	P	3660	800	577	96	30/577/96/Novaf biorda/Seven	
00210	10	01-5	Via Biarmate 5/B	K	00975928	P	3660	800	577	96	30/577/96/Novaf biorda/Seven	
00210	10	01-5	Via Biarmate 5/B	S	00975626	P	2096	0	880	800	800	80/880/90/Fiava/ES SE
00210	10	01-5	Via Biarmate 5/B	S	00975635	P	3638	560	877	96	7/877/96/Novaf biorda/Seven	
00210	10	01-5	Via Biarmate 5/B	B	01051087	AV	383	440	17	30	17/440/30/Calceda/Ultase	
00220	10	01-1	Via Biarmate 5/B	F	00975448	AM	443	380	800	120	120/800/120/Ultase	
00220	10	01-1	Via Biarmate 5/B	B	00975444	AM	591	340	800	120	120/800/120/Ultase	
00220	10	01-1	Via Biarmate 5/B	S	00975394	AM	3035	420	800	120	120/800/120/Ultase	
00220	10	01-1	Via Biarmate 5/B	W	00975393	AM	1182	480	800	120	120/800/120/Ultase	
00230	10	01-2	Via Biarmate 5/B	W	00975904	P	729	400	870	68	IL/400/870/68/Biecta/PP	
00230	10	01-2	Via Biarmate 5/B	B	00975907	P	469	270	870	68	IL/270/870/68/Biecta/PP	
00230	10	01-2	Via Biarmate 5/B	S	00975922	P	651	375	870	68	IL/375/870/68/Biecta/PP	
00240	10	01-3	Via Biarmate 5/B	K	00974888	P	3163	670	870	68	IL/670/870/68/Biecta/PP	
00240	10	01-3	Via Biarmate 5/B	S	01051177	P	564	325	870	68	IL/325/870/68/Biecta/PP	
00240	10	01-3	Via Biarmate 5/B	B	00974892	P	469	270	870	68	IL/270/870/68/Biecta/PP	
00250	10	01-5	Via Biarmate 5/B	F	00975600	P	5449	560	877	80	7/877/80/Novaf biorda/Seven	
00260	10	01-5	Via Biarmate 5/B	W	00975612	P	2040	800	877	96	30/877/96/Novaf biorda/Seven	
00260	10	01-5	Via Biarmate 5/B	S	00975926	P	2040	800	877	96	30/877/96/Novaf biorda/Seven	

00250	10	01-5	Via Bramante 5/B	Z	00575609	P		3035	400	877	80	3/877/80/Novo-Forday/Seven
00250	10	01-5	Via Bramante 5/B	B	00575934	P		1170	400	877	96	3/877/86/Novo-Forday/Seven
00260	10	02-2	Via Bramante 5/B	S	00574896	P		528	640	577	96	3/577/86/Novo-Forday/Seven
00300	10	02-2	Via Bramante 5/B	B	00574890	AV		470	900	59	30	30/5900/10/Novo
00360	10	02-2	Via Bramante 5/B	W	00574870	P		3660	800	577	96	30/577/590/Novo-Florida/Seven
00270	10	02-3	Via Bramante 5/B	K	00574857	P		690	240	875	90	3/875/60/Decora/Fr. 2
00270	10	02-3	Via Bramante 5/B	K	00574895	P		590	800	575	90	30/575/90/Decora/Fr.2
00270	10	02-3	Via Bramante 5/B	S	00574889	P		590	800	575	90	30/575/90/Decora/Fr.2
00270	10	02-3	Via Bramante 5/B	B	00574899	AV		455	480	35	30	30/480/30/Inap/Avs
00280	10	02-4	Via Bramante 5/B	F	00575590	P		660	380	870	68	3/380/870/68/Electa/PP
00280	10	02-4	Via Bramante 5/B	B	00575598	P		465	270	870	68	3/270/870/68/Electa/PP
00280	10	02-4	Via Bramante 5/B	S	00590595	P		660	380	870	68	3/380/870/68/Electa/PP
00290	10	02-5	Via Bramante 5/B	F	00571939	P		465	270	870	68	3/270/870/68/Electa/PP
00290	10	02-5	Via Bramante 5/B	S	00551135	P		990	570	870	68	3/570/870/68/Electa/PP
00290	10	02-5	Via Bramante 5/B	W	00575637	P		825	475	870	68	3/475/870/68/Electa/PP
00290	10	02-5	Via Bramante 5/B	Z	00590199	P		556	300	870	68	3/300/870/68/Electa/PP
00290	10	02-5	Via Bramante 5/B	B	00551137	P		477	275	870	68	3/275/870/68/Electa/PP
00300	10	03-1	Via Bramante 5/B	F	00574898	P		842	300	880	80	4/880/80/Avs/VESS
00300	10	03-1	Via Bramante 5/B	B	00551127	AV		432	460	34	43	34/460/43/Avs/VESS
00300	10	03-1	Via Bramante 5/B	S	00551129	P		5474	560	880	80	7/880/80/Avs/VESS
00300	10	03-1	Via Bramante 5/B	W	00551131	P		2105	800	880	80	30/880/80/Famil/Grasm
00310	10	03-2	Via Bramante 5/B	K	00590588	P		3256	648	590	96	3/590/65/Avs/Avs/Avs/Avs
00310	10	03-2	Via Bramante 5/B	Z	00590604	P		471	243	590	96	3/590/65/Avs/Avs/Avs/Avs
00310	10	03-2	Via Bramante 5/B	B	00590607	AV		384	465	36	30	36/465/30/Avs/Avs/Avs/Avs
00310	10	03-2	Via Bramante 5/B	S	00590634	P		471	243	590	96	3/590/65/Avs/Avs/Avs/Avs
00320	10	03-3	Via Bramante 5/B	F	00574903	P		564	325	870	68	3/325/870/68/Electa/PP
00320	10	03-3	Via Bramante 5/B	S	0051079	P		504	620	870	121	121/620/870/121/Electa/PPPP
00320	10	03-3	Via Bramante 5/B	K	00551080	P		903	520	870	68	3/520/870/68/Electa/PP
00330	10	03-4	Via Bramante 5/B	K	00551144	P		990	570	870	68	3/570/870/68/Electa/PP
00330	10	03-4	Via Bramante 5/B	B	00551146	P		477	275	870	68	3/275/870/68/Electa/PP
00330	10	03-4	Via Bramante 5/B	S	00551148	P		385	625	870	68	3/625/870/68/Electa/PP
00340	10	03-5	Via Bramante 5/B	F	00575370	P		719	240	880	96	3/880/85/Avs/VESS
00340	10	03-5	Via Bramante 5/B	W	00575399	P		2157	720	880	96	3/880/85/Avs/VESS
00340	10	03-5	Via Bramante 5/B	S	00575378	P		5438	480	880	96	3/880/85/Avs/VESS
00340	10	03-5	Via Bramante 5/B	Z	00575380	P		958	300	880	96	4/880/85/Avs/VESS
00340	10	03-5	Via Bramante 5/B	B	00575382	AV		435	900	57	30	37/900/10/Avs/VESS