

SCUOLE DELL'INFANZIA FIRPO E BACIGALUPO E SCUOLA PRIMARIA CANTORE

E1318

VIA PAOLO RETI 23/ VIA D. GAETANO STORACE 2, 16151, GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



INGEGNERIA QUALITÀ SERVIZI

SCUOLE DELL'INFANZIA FIRPO E BACIGALUPO E SCUOLA PRIMARIA CANTORE E1318

VIA PAOLO RETI 23/ VIA D. GAETANO STORACE 2, 16151, GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
[Aprile/2018]

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova
Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

I.Q.S. Ingegneria, Qualità e Servizi S.r.l.
Via Pertini, 39 • 20060 • Bussero (MI)
T [+39 02 953 34 022](tel:+390295334022) ; F [+39 02 953 30 543](tel:+390295330543) ; info@iqssrl.eu ; <http://www.iqssrl.eu>

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

| Revisione | Data | Realizzazione | Revisione | Approvazione | Descrizione |
|------------------|-------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--|
| A | 02/03/2018 | Ing. Alessandro Cieli | Ing. Elena Mazzucco | Ing. Fabio Gianola | Prima Pubblicazione |
| | | | Ing. Elisa Bezzone | | |
| B | 23/04/2018 | Ing. Alessandro Cieli | Ing. Elena Mazzucco | Ing. Fabio Gianola | Revisione come richiesto dalla PA in data 10/04/2018 |
| | | | Ing. Elisa Bezzone | | |
| C | 25/05/2018 | Ing. Alessandro Cieli | Ing. Elena Mazzucco | Ing. Fabio Gianola | Revisione Figura 3.2 |
| | | | Ing. Elisa Bezzone | | |
| D | 21/06/2018 | Ing. Alessandro Cieli | Ing. Elena Mazzucco | Ing. Fabio Gianola | Revisione Figura 9.12 - 9.18 |
| | | | Ing. Elisa Bezzone | | |

Nell'ambito del servizio di Audit e Diagnosi Energetica, denominato Fondo Kyoto - Scuola 3, il presente documento si pone l'obiettivo di supportare la redazione del rapporto di diagnosi energetica attraverso la predisposizione di un modello di relazione standardizzato. Qualsiasi parere, suggerimento d'investimento o giudizio su fatti, persone o società contenuti all'interno di questo documento è di esclusiva responsabilità del soggetto terzo che lo utilizza per emanare tale parere, suggerimento o giudizio.

Il Comune di Genova non si assume alcuna responsabilità per le conseguenze che possano scaturire da qualsiasi uso di questo documento da parte di terzi. Questo documento contiene informazioni riservate e di proprietà intellettuale esclusiva. E' vietata la riproduzione totale o parziale, in qualsiasi forma o mezzo e di qualsiasi parte del presente documento senza l'autorizzazione scritta da parte del Comune di Genova.

INDICE

PAGINA

| | |
|---|-----------|
| EXECUTIVE SUMMARY | I |
| 1 INTRODUZIONE | 1 |
| 1.1 PREMessa | 1 |
| 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA | 1 |
| 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO..... | 2 |
| 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO..... | 2 |
| 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO | 3 |
| 1.6 STRUTTURA DEL REPORT | 6 |
| 2 DATI DELL’EDIFICIO..... | 7 |
| 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO | 7 |
| 2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO | 7 |
| 2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI..... | 8 |
| 2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO..... | 9 |
| 3 DATI CLIMATICI | 11 |
| 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO..... | 11 |
| 3.2 DATI CLIMATICI REALI..... | 12 |
| 3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO | 12 |
| 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI | 14 |
| 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO | 14 |
| 4.1.1 <i>Involucro opaco</i> | 14 |
| 4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> | 15 |
| 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE..... | 17 |
| 4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> | 17 |
| 4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> | 17 |
| 4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> | 18 |
| 4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> | 20 |
| 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA | 21 |
| 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA | 21 |
| 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA | 22 |
| 4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE | 22 |
| 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE | 23 |
| 4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE | 24 |
| 5 CONSUMI RILEVATI | 25 |
| 5.1.1 <i>Energia termica</i> | 25 |
| 5.1.2 <i>Energia elettrica</i> | 27 |
| 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI | 32 |
| 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO..... | 36 |
| 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO | 36 |
| 6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> | 37 |
| 6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> | 38 |
| 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI..... | 39 |
| 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI..... | 41 |
| 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO | 43 |
| 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI | 43 |
| 7.1.1 <i>Vettore termico</i> | 43 |
| 7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> | 44 |
| 7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI..... | 47 |
| 7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI..... | 48 |



| | | |
|--|---|-----------|
| 7.4 | BASELINE DEI COSTI..... | 49 |
| TABELLA 7.7 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE | | 49 |
| 8 | IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA | 50 |
| 8.1 | DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI | 50 |
| 8.1.1 | <i>Involucro edilizio.....</i> | 50 |
| 8.1.2 | <i>Impianto riscaldamento.....</i> | 56 |
| 8.1.3 | <i>Impianto produzione acqua calda sanitaria.....</i> | 59 |
| 8.1.4 | <i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva.....</i> | 59 |
| 8.1.5 | <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i> | 60 |
| 8.1.6 | <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i> | 60 |
| 9 | VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA..... | 63 |
| 9.1 | ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI..... | 63 |
| 9.2 | ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI..... | 69 |
| 9.3 | IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO..... | 77 |
| 9.3.1 | <i>Scenario 1: EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5.....</i> | 79 |
| 9.3.2 | <i>Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5.....</i> | 85 |
| 10 | CONCLUSIONI..... | 91 |
| 10.1 | RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA | 91 |
| 10.2 | RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI | 91 |
| 10.3 | CONCLUSIONI E COMMENTI..... | 91 |
| ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA..... | | A |
| ALLEGATO B – ELABORATI | | A |
| ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA | | 1 |
| ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI | | 2 |
| ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI..... | | 5 |
| ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE | | 6 |
| ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | 7 |
| ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI..... | | 1 |
| ALLEGATO I – DATI CLIMATICI..... | | 1 |
| ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT..... | | 1 |
| ALLEGATO K – SCHEDE ORE..... | | 1 |
| ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI | | 1 |
| ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK..... | | 1 |
| ALLEGATO N – CD-ROM | | A |

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

| PARAMENTO | U.M. | VALORE |
|---|---------------------------|---|
| Anno di costruzione edificio | - | 1950 |
| Anno di ristrutturazione | - | 1995: riqualificazione centrale termica |
| Zona climatica | - | [D] |
| Destinazione d'uso | | E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 5.060 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 7.324 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 20.804 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,35 |
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 5.688 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 1.559 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 7.247 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | Generatori di calore standard a basamento |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 2.094 (P utile) Al servizio anche dell'adiacente Liceo Mazzini |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | 13,5 |
| Tipo di combustibile | - | Gas metano |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | - | Boiler Elettrici ad accumulo |
| Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 212 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾ | [kWh _{th} /anno] | 882.545 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 64.226 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{el} /anno] | 72.005 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 13.818 |

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche
- EEM 2: copertura piana: isolamento dall'esterno con pannelli
- EEM 3: chiusure verticali opache: coibentazione dall'esterno a cappotto
- EEM 4: sostituzione dei generatori di calore obsoleti con caldaie a condensazione e installazione di valvole termostatiche
- EEM 5: installazione di impianto fotovoltaico
- SCN 1: EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5
- SCN 2: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5

E1318 – Scuole dell’infanzia Firpo e Bacigalupo e primaria Cantore

Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

| | CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------|---------------|-------------|------------|------------|-----------|-------|------|
| | %Δ _E [%] | %Δ _{CO2} [%] | ΔC _E [€/a] | ΔC _{MO} [€/a] | ΔC _{MS} [€/a] | I ₀ [€] | TRS [anni] | TRA [anni] | ANNI [n] | VAN [€] | TIR [%] | IP [-] | DSCR | LLCR |
| EEM 1 | 27,1 | 27,7 | 21.181 | 0 | 0 | 653.805 | 22,8 | 37,3 | 30 | -132.094 | 1,8 | -0,20 | - | - |
| EEM 2 | 9,4 | 9,6 | 7.352 | 0 | 0 | 54.770 | 4,5 | 5,0 | 30 | 91.387 | 18,1 | 1,67 | - | - |
| EEM 3 | 12,9 | 13,2 | 10.096 | 0 | 0 | 345.165 | 22,4 | 36,3 | 30 | -61.318 | 1,9 | -0,18 | - | - |
| EEM 4 | 75,7 | 77,3 | 59.057 | 10.654 | 5.664 | 87.089 | 1,2 | 1,3 | 15 | 621.258 | 78,4 | 7,13 | - | - |
| EEM 5 | 7,6 | 6,8 | 5.942 | 0 | 0 | 78.041 | 12,6 | 17,8 | 20 | 3.882 | 4,6 | 0,05 | - | - |
| SCN 1 | 44,2 | 44,2 | 28.279 | 6.549 | 3.482 | 565.064 | 8,7 | 13,9 | 15 | 8.625 | 11,6 | 0,015 | 1,09 | 1,08 |
| SCN 2 | 70,6 | 71,2 | 45.166 | 6.549 | 3.482 | 1.208.801 | 19,7 | >25 | 25 | <0 | 3,9 | -0,10 | 0,857 | 1,39 |

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

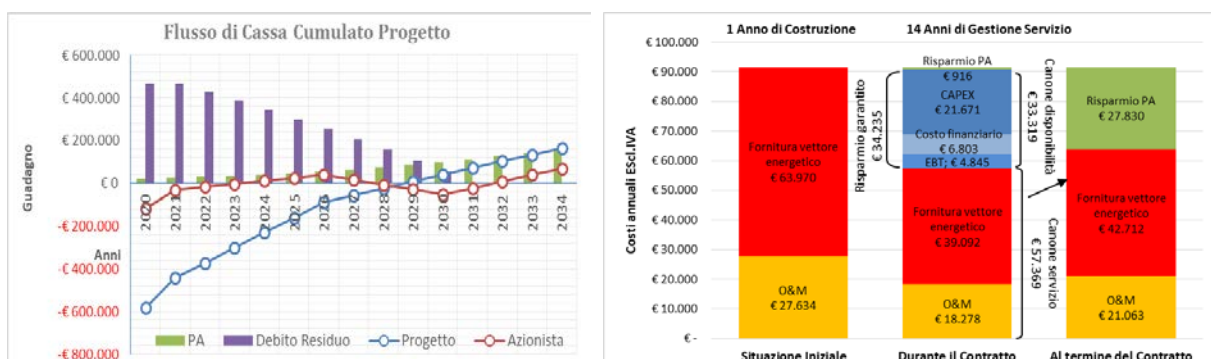
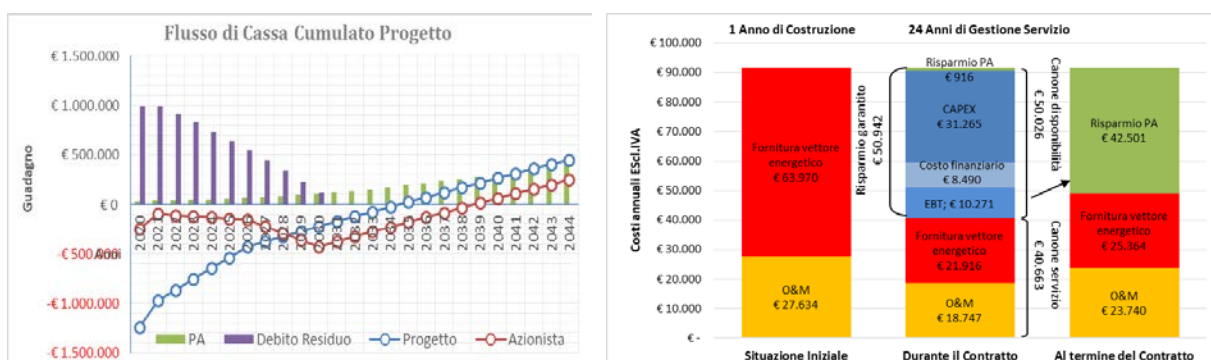


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi analizzati coinvolgono sia l’involucro sia l’impianto nel rispetto dei vincoli dell’edificio oggetto di DE e gli scenari sono stati definiti cercando di rispettare per quanto possibile le richieste della committenza (salto superiore a due classi e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 15 e 25 anni).

Entrambi gli scenari prevedono interventi che coinvolgono sia l’involucro edilizio sia gli impianti termico ed elettrico, compreso il ricorso allo sfruttamento di forme di energia rinnovabile. In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, si è cercato di individuare interventi che consentissero l’ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR (si veda Capitolo 9.3); tuttavia il doppio salto di classe non è sempre stato possibile, vista la necessità di ricorrere ad interventi molto efficaci dal punto di vista della riduzione del fabbisogno energetico (sostituzione dei serramenti e coibentazione a cappotto), ma allo stesso tempo anche particolarmente onerosi da un punto di vista economico. Entrambi gli scenari individuati consentono il salto di due classi e tempi di ritorno inferiori rispettivamente a 15 anni e 25 anni, ma solo lo scenario 1 presenta valori superiori all’unità per gli indicatori DSCR ed LLCR.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

Il Comune di Genova, in attuazione alle politiche di miglioramento dell’efficienza energetica degli edifici pubblici di sua proprietà, ha individuato negli edifici scolastici la possibilità di intervenire, ai fini di ridurre gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

Con DGC n. 225 del 17/09/2015 l’Amministrazione ha pertanto partecipato al Bando Ministeriale denominato “Fondo Kyoto Scuole 3” attraverso il quale, con decreto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 26 Agosto 2016 n.197/CLE, è stato riconosciuto al Comune di Genova un finanziamento a tasso agevolato pari a € 1.127.506,00 per l’elaborazione delle **Diagnosi energetiche (DE)** di 204 edifici scolastici necessarie per la programmazione futura degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici stessi.

Nell’attività di realizzazione delle DE si è fatto riferimento alla normativa tecnica ed alla legislazione riportata al Capitolo 3 del Capitolato Tecnico per la “Procedura aperta per l’affidamento del servizio di audit e diagnosi energetiche relative agli edifici scolastici di proprietà del comune di Genova finanziate ai sensi dell’ex art.9 del d.l. 91/2014 “interventi urgenti per l’efficientamento energetico degli edifici scolastici e universitari pubblici”, (fondo Kyoto) - lotti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9”

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

Per DE del sistema edificio-impianto s’intende pertanto una procedura sistematica finalizzata alla conoscenza degli usi finali di energia con l’individuazione e l’analisi delle eventuali inefficienze o criticità energetiche di un edificio e degli impianti presenti al suo interno.

La presente DE si inserisce in questo contesto ed analizza, pertanto, le possibili soluzioni tecniche e contrattuali, che potrebbero portare alla realizzazione di interventi di miglioramento dell’efficienza energetica volti ad una riduzione dei consumi e ad un conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂.

La DE è inoltre il principale strumento per la valutazione della fattibilità tecnica ed economica di **misure di miglioramento dell’efficienza energetica (Energy Efficiency Measures - EEM)** negli edifici e rappresenta un valido punto di partenza per la realizzazione di **contratti di prestazione energetica (Energy Performance Contract – EPC)**.

Scopo della DE è quindi la definizione di due scenari ottimali, a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte, al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi e tempi di ritorno inferiori o uguali rispettivamente a 25 o a 15 anni.

Figura 1.1 - Vista delle facciate esposte a est e sud



1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società IQS S.r.l., il cui responsabile per il processo di audit è l’ing. Fabio Gianola, soggetto certificato Esperto in Gestione dell’Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

In Tabella 1.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

| NOME E COGNOME | RUOLO | ATTIVITÀ SVOLTA |
|--|------------------------|--|
| Ing. Fabio Gianola Ing. Alice Frontini Ing. Alessandro Cieli | | Sopralluogo in sito |
| Ing. Alessandro Cieli | | Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici |
| Ing. Alessandro Cieli | | Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico |
| Ing. Alessandro Cieli | | Tecnico Termografico secondo livello: rilievo termografico ed elaborazione report termografico |
| Ing. Alessandro Cieli | | Redazione report di diagnosi energetica |
| Ing. Elena Mazzucco | Responsabile involucro | Revisione report di diagnosi energetica |
| Ing. Elisa Bezzone | Responsabile impianti | Revisione report di diagnosi energetica |
| Ing. Fabio Gianola | EGE | Approvazione report di diagnosi energetica |

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCT, sezione D, foglio 43 Mapp. 325-326, [n1] è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Sampierdarena, nel Municipio II - Centro Ovest.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola dell’infanzia e Scuola primaria.

Figura 1.2 – Ubicazione dell’edificio



Nella seguente tabella sono riportate le principali caratteristiche geometriche ed impiantistiche dell’edificio.

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

| PARAMENTO | U.M. | VALORE |
|------------------------------|-------------------|--|
| Anno di costruzione edificio | - | 1950 |
| Anno di ristrutturazione | - | 1995: riqualificazione centrale termica |
| Zona climatica | - | [D] |
| Destinazione d'uso | - | E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili |
| Superficie utile riscaldata | [m ²] | 5.060 |
| Superficie disperdente (S) | [m ²] | 7.324 |
| Volume lordo riscaldato (V) | [m ³] | 20.804 |
| Rapporto S/V | [1/m] | 0,35 |

| | | |
|---|---------------------------|---|
| Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate) | [m ²] | 5.688 |
| Superficie lorda aree esterne | [m ²] | 1.559 |
| Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne) | [m ²] | 7.247 |
| Tipologia generatore riscaldamento | | Generatori di calore standard a basamento |
| Potenza totale impianto riscaldamento | [kW] | 2.094 (P utile) Al servizio anche dell'adiacente Liceo Mazzini |
| Potenza totale impianto raffrescamento | [kW] | 13,5 |
| Tipo di combustibile | - | Gas metano |
| Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS) | - | Boiler Elettrici ad accumulato |
| Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾ | [t/anno] | 212 |
| Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾ | [kWh _{th} /anno] | 882.545 |
| Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾ | [€/anno] | 64.226 |
| Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾ | [kWh _{el} /anno] | 72.005 |
| Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾ | [€/anno] | 13.818 |

Nota (1): Valori di Baseline

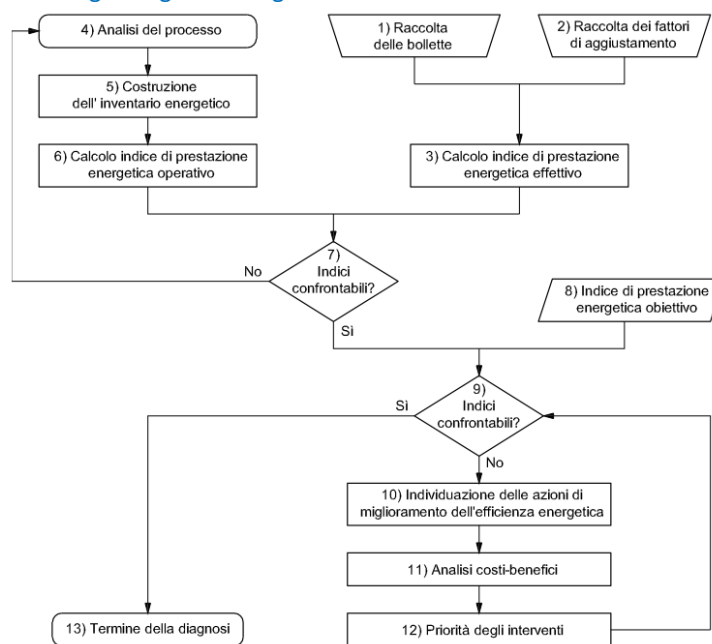
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

La procedura di realizzazione della DE si è sviluppata nelle seguenti fasi operative:

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data [20/11/2017] con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [Numero certificato 65] ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;

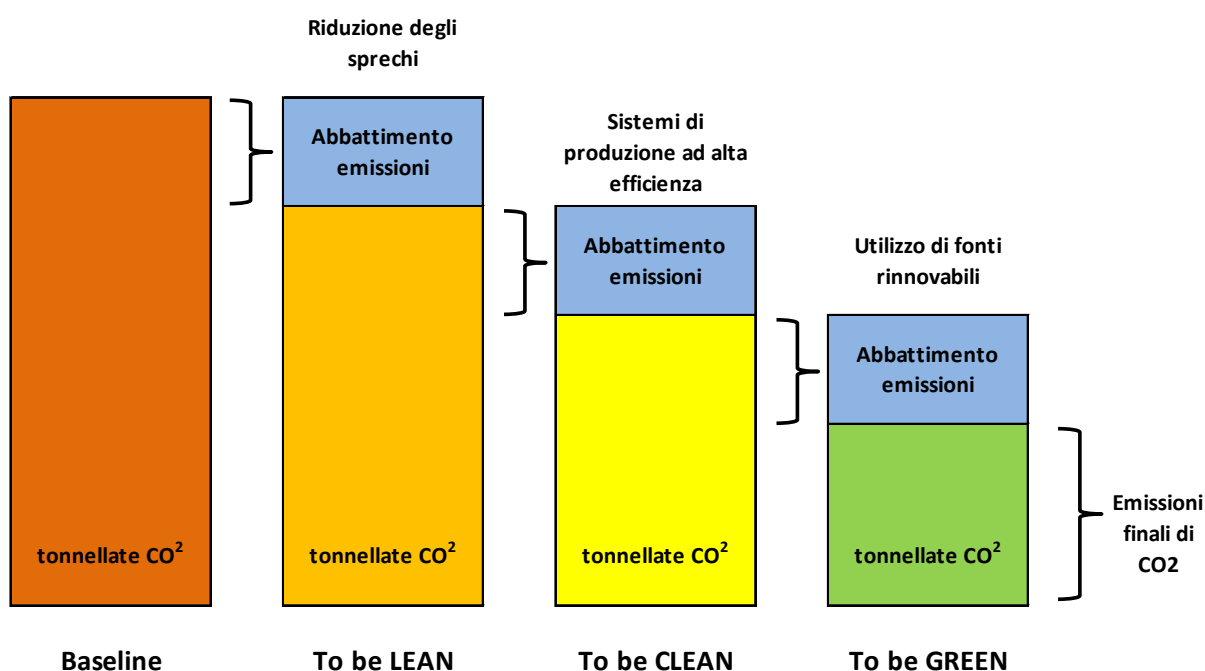
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiore uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

Figura 1.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



Per la definizione di soluzioni integrate, la priorità con cui sono state analizzate la combinazione di possibili EEM è quella definita dal modello di gerarchia energetica riportato in Figura 1.4

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un'efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂, secondo tre livelli consequenziali:

- **To be Lean:** Utilizzo di EEM che limitino gli sprechi ed ottimizzino il funzionamento del sistema edificio-impianto (es: illuminazione a led, coibentazione strutture, efficientamento serramenti, termoregolazione, variazioni nelle modalità di utilizzo, ecc.);
- **To be Clean:** Aumento dell'efficienza dei sistemi di produzione in loco dell'energia tramite lo sfruttamento di tecnologie ad alto rendimento (es: sostituzione generatore di calore con uno ad alta efficienza, chiller ad alta efficienza, teleriscaldamento, teleraffrescamento, cogenerazione);
- **To be Green:** Produzione di energia da fonti rinnovabili (es: pompe di calore, fotovoltaico, ecc.).

Secondo questo modello di gerarchia energetica non è raccomandato riqualificare gli impianti di generazione della climatizzazione e gli impianti rinnovabili se non a partire da rinnovate e ridotte condizioni del fabbisogno energetico, conseguenti all'adozione di EEM preliminari atte a ridurre il fabbisogno energetica primario.

Pertanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domande d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dalla baseline e approdando a un nuovo valore di baseline ridotto ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile, dapprima dalla riqualificazione degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

Una volta esaminate le possibili EEM si è realizzata un'analisi economica delle stesse, ponendo particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc) individuando i principali indicatori economici d'investimento di seguito elencati:

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);

- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

Inoltre, per i soli scenari ottimali, si è provveduto alla formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo (PEF) ed alla valutazione della sostenibilità finanziaria, utilizzando i seguenti indicatori di bancabilità:

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo;
- LLCR (Loan Life Cover Ratio) medio di periodo.

La definizione di bancabilità delle EEM viene associata agli scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

Si è poi individuata una possibile tipologia di contratto che potesse rendere realizzabili le EEM identificate, ipotizzando la partecipazione di ESCo attraverso l'utilizzo di contratti EPC.

Dal punto di vista dell'individuazione dei capitali per la realizzazione delle misure, si è invece posta l'attenzione sulle varie alternative finanziarie, individuando nel **Finanziamento Tramite Terzi (FTT)** una valida opportunità, nel caso in cui la PA non abbia le risorse necessarie a sostenere gli investimenti per la riqualificazione energetica dell'edificio.

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

Il presente rapporto di DE, con riferimento all'Appendice J della norma UNI CEI EN 16247-2:2014, è stato articolato nelle seguenti parti:

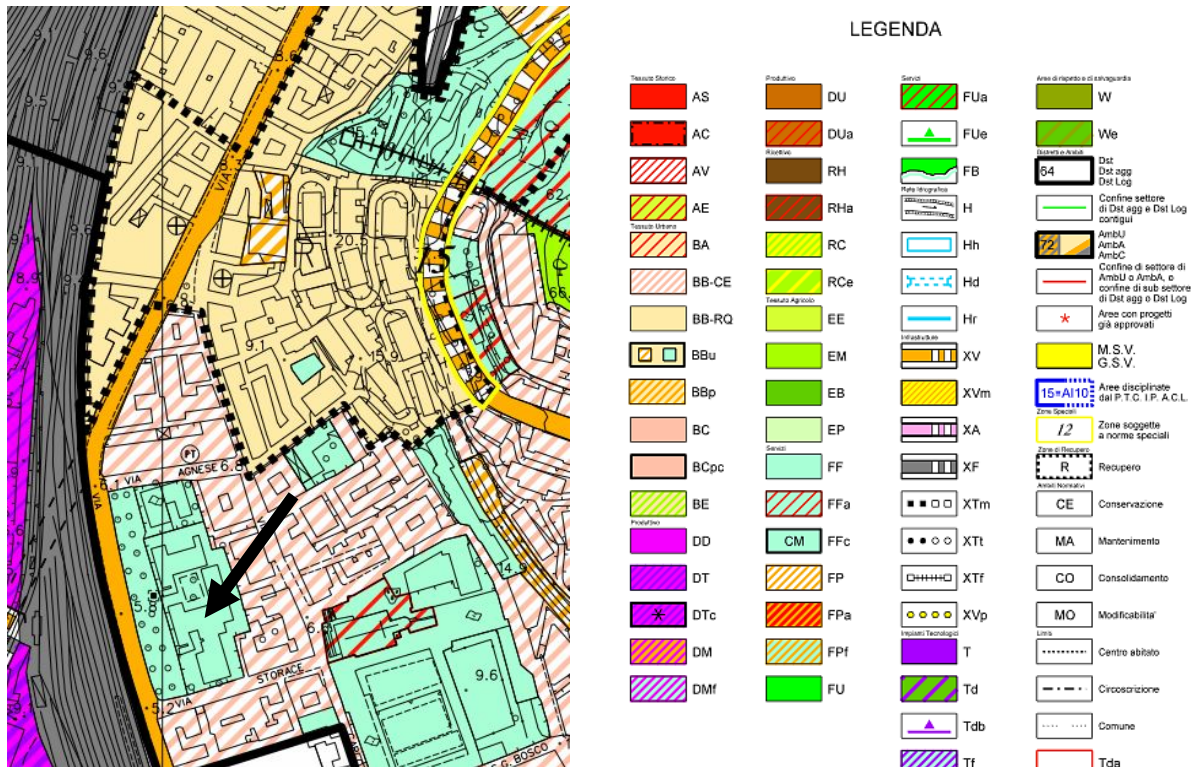
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei componenti del sistema edificio-impianto.
- Una terza parte contenente l'analisi dei consumi storici dell'edificio oggetto della DE, con la conseguente identificazione degli indici di prestazione energetica effettivi;
- Una quarta parte relativa alla definizione del modello energetico, e del procedimento di convalida dello stesso, al fine di renderlo conforme a quanto identificato nell'analisi dei consumi storici;
- Una quinta parte in cui sono descritte le caratteristiche tecniche ed i costi delle EEM proposte e gli scenari ottimali, individuabili tramite la valutazione dei risultati dell'analisi economico-finanziaria.
- Una parte conclusiva contenente i risultati dell'analisi ed i suggerimenti dell'Auditor per l'attuazione degli scenari proposti da parte della PA, definendo le opportune priorità di intervento.

2 DATI DELL’EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore del 03/12/2015, classifica l’edificio oggetto della DE in zona FF, zona destinata a “servizi di quartiere di livello urbano o territoriale destinati a istruzione, interesse comune, verde, gioco e sport e attrezzature pubbliche di interesse generale”.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO

L’edificio ove sono ubicate la Scuola dell’infanzia Firpo, la Scuola dell’infanzia Bacigalupo e la Scuola primaria Cantore è stato realizzato nel 1950. Il fabbricato ospita anche il Liceo Classico e Linguistico Statale Giuseppe Mazzini, il quale, non essendo di proprietà del Comune di Genova, è esclusa dalla presente DE. Nelle elaborazioni si è tenuto conto del fatto che anche questa porzione di edificio sia servita dalla medesima centrale termica.

Quest’ultima è stata riqualificata nel 1995 (sostituzione dei generatori di calore) e successivamente, nel 2008, sono stati sostituiti i soli bruciatori.

L’edificio ricade nella destinazione d’uso E.7 – *Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.*

Ai fini dell’esecuzione degli interventi di efficientamento energetico non sarà necessario apportare varianti agli strumenti urbanistici né provvedere ad espropri o a variazioni di proprietà.

L’edificio oggetto di DE è frequentato giornalmente da circa 750 utenti tra studenti, docenti e collaboratori. Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell’edificio potrebbe

portare ad una maggiore valorizzazione socio-economica dell'edificio stesso e rappresentare un importante momento formativo sulle tematiche di efficienza energetica e protezione ambientale.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 4 piani fuori terra, nei quali si sviluppano le aule ed i locali accessori alle attività didattiche.

Nella Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d'uso delle varie aree e le relative superfici.

Le planimetrie utilizzate nella valutazione sono riportate in Allegato B – Elaborati.

Figura 2.2 - Vista satellitare dell'edificio (Fonte: Google Maps)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

| PIANO | UTILIZZO | U.M. | SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽¹⁾ | SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽²⁾ | SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽²⁾ |
|---------------|---|-------------------|---|--|---|
| Seminterrato | Centrale termica | [m ²] | 76,6 | 0 | 0 |
| Piano terra | Uffici e refettorio (scuole Cantore e Bacigalupo) | [m ²] | 878,9 | 796,2 | 88,4 |
| Piano terra | Cucina, refettorio, uffici e aule (scuola Firpo) | [m ²] | 593,8 | 521,8 | 0 |
| Piano primo | Aule e servizi igienici (scuola Bacigalupo) | [m ²] | 895,2 | 817,6 | 0 |
| Piano primo | Aule e servizi igienici (scuola Firpo) | [m ²] | 464,1 | 392,2 | 0 |
| Piano primo | Palestra | [m ²] | 322,3 | 299,1 | 0 |
| Piano secondo | Aule e servizi igienici (scuola Cantore) | [m ²] | 892,6 | 812,4 | 167,4 |
| Piano secondo | Scale (scuola Firpo) | [m ²] | 51,5 | 42,6 | 0 |
| Piano terzo | Aule e servizi igienici (scuola Cantore) | [m ²] | 892,6 | 812,3 | 0 |
| Piano quarto | Aule e servizi igienici (scuola Cantore) | [m ²] | 620,3 | 566,2 | 0 |
| TOTALE | | [m ²] | 5.687,91 | 5.060,4 | 255,8 |

Nota (1): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (2): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI

Il quartiere Sampierdarena era in origine un Comune autonomo dal 1798 fino al 1926, quando insieme con altri 18 comuni del genovesato fu inglobato nel comune di Genova. Era un'importante cittadina industriale alle porte del capoluogo ligure; nella ripartizione amministrativa del Comune fu dal 1969 una "delegazione" e dal 1978 una "circonscrizione". Nella nuova ripartizione, in vigore dal 2005, fa parte del Municipio II Centro Ovest, assieme al quartiere di San Teodoro.

Come mostra la Figura 2.3, che riporta un estratto dal portale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>) l'edificio non risulta sottoposto a vincoli.

Nell’analisi delle EEM non è stato necessario identificare le possibili interferenze; si procede comunque alla compilazione della Tabella 2.2.

Non si identificano inoltre interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

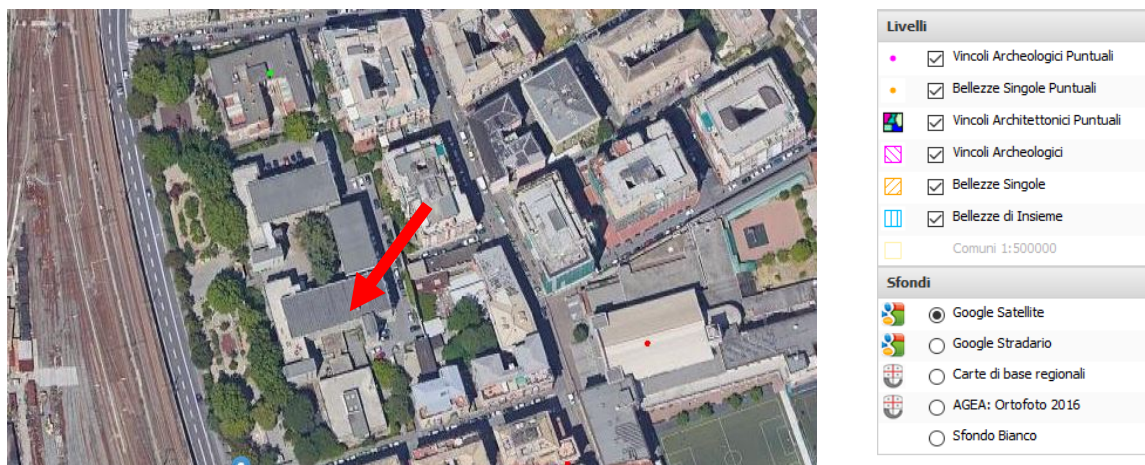


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

| MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA | VINCOLO INTERESSATO | VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾ | MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE |
|--|---------------------|---|------------------------------|
| EEM 1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche | - | | - |
| EEM 2: copertura piana: isolamento dall'esterno con pannelli | - | | - |
| EEM 3: chiusure verticali opache: coibentazione dall'esterno a cappotto | - | | - |
| EEM 4: sostituzione dei generatori di calore obsoleti con caldaie a condensazione e installazione di valvole termostatiche e di pompa a giri variabili | - | | - |
| EEM 5: installazione di impianto fotovoltaico | - | | - |

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

| | |
|--|---|
| | Non perseguibile |
| | Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate |
| | Interferenza nulla |

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di occupazione dell’edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all’interno dell’edificio scolastico (7.30 – 16.30 da lunedì a venerdì), mentre i periodi di funzionamento dell’impianto termico sono stati forniti dal personale di gestione e manutenzione degli impianti (11 ore giornaliere da lunedì a venerdì). Non sono invece disponibili i dati delle temperature di settaggio del riscaldamento ma li si è ipotizzati sulla base dei rilievi eseguiti.

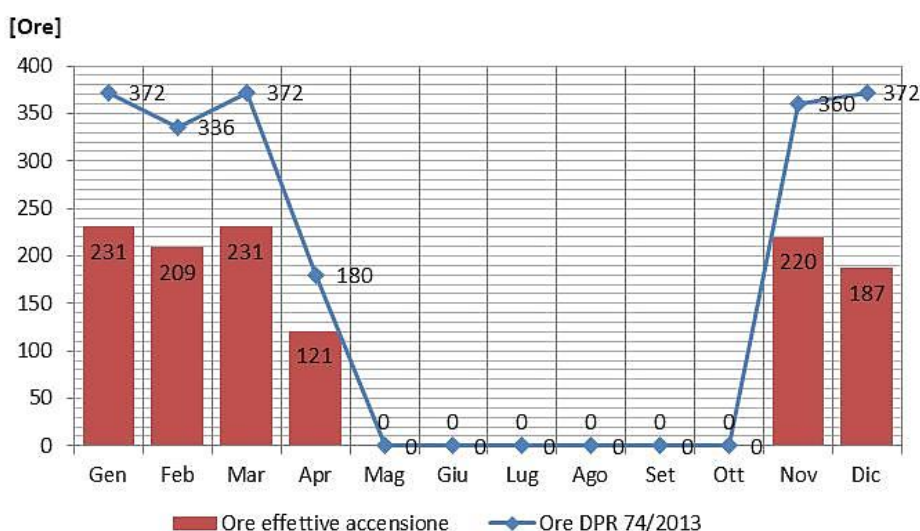
Nella Tabella 2.3 sono riportati gli orari di funzionamento dell’edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale intranet regionale, segnala l’inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e settembre completi in quanto il personale docente utilizza l’edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell’anno scolastico.

Tabella 2.3 – Orari di funzionamento dell’edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

| PERIODO | GIORNI SETTIMENALI | ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO | ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO |
|--|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Scuole dell’infanzia Firpo e Bacigalupo e primaria Cantore | | | |
| Dal 1 Settembre al 30 Giugno | dal lunedì al venerdì | 7.30-16.30 | 6:00-17:00 |

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell’impianto termico



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono effettivamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni: l’accensione avviene con un anticipo tale da garantire l’ottenimento della temperatura di comfort all’arrivo degli utenti e lo spegnimento avviene quando tutto il personale ha lasciato l’edificio. Anche dal punto di vista delle temperature non si rilevano particolari criticità, mentre si riscontrano problematiche di comfort nella Scuola Firpo, dove gli utenti segnalano un ambiente molto secco. Rilievi effettuati in sede di sopralluogo hanno confermato queste osservazioni, infatti sono stati rilevati valori di umidità relativa compresi tra il 30 ed il 40 % in entrambi i piani che ospitano la scuola dell’infanzia.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell’edificio scolastico oggetto della DE sono definite dal contratto Servizio Integrato Energia 3 che prevede l’affidamento ad un unico Gestore del Servizio Energia, comprensivo quindi di tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici – inclusa l’assunzione del ruolo di Terzo Responsabile – e di tutti gli impianti ad essi connessi.

Ove presenti, all’interno del contratto di Servizio Energia sono stati inseriti la gestione, conduzione e manutenzione degli impianti di climatizzazione estiva.

Il contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 e ha una durata di 6 anni.

Precedentemente era presente un altro contratto di “Fornitura del servizio energia e manutenzione degli impianti termici e di condizionamento negli edifici di proprietà o di competenza del comune di Genova”, di durata 3 anni.

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

L'edificio oggetto della DE è ubicato nel Comune di Genova, il quale ricade nella zona climatica D, a cui corrispondono 1435 **Gradi Giorno(GG)** (D.P.R. 412/93 - allegato A) ed una stagione di funzionamento degli impianti di riscaldamento compresa tra il 1 Novembre e il 15 Aprile con un periodo di accensione consentito degli impianti di 12 ore al giorno (DPR 74/2013).

Le medie mensili delle temperature esterne medie giornaliere caratteristiche del Comune, così come definite dalla norma UNI 10349:2016, sono riportate nella Tabella 3.1.

Tabella 3.1 – Temperature esterne giornaliere medie mensili [°C] (UNI 10349:2016)

| GEN | FEB | MAR | APR | MAG | GIU | LUGL | AGO | SET | OTT | NOV | DIC |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10,4 | 10,5 | 11,1 | 15,3 | 18,7 | 22,4 | 24,6 | 23,6 | 22,2 | 18,2 | 13,3 | 10,0 |

Tali temperature sopra indicate sono quelle utilizzate per la creazione del modello energetico termico, a cui corrispondono 1421 GG di riferimento, valutati in condizioni standard di utilizzo dell'edificio, come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 929 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

| Mese | GIORNI MENSILI | TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C] | GIORNI RISCALDAMENTO [g/m] | GG | GIORNI DI UTILIZZO [g/m] | GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m] | GG _{rif} | PROFILO DI INCIDENZA |
|---------------|----------------|---|----------------------------|-------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------|
| Gennaio | 31 | 10,4 | 31 | 298 | 21 | 21 | 202 | 22% |
| Febbraio | 28 | 10,5 | 28 | 266 | 19 | 19 | 181 | 19% |
| Marzo | 31 | 11,1 | 31 | 276 | 21 | 21 | 187 | 20% |
| Aprile | 30 | 15,3 | 15 | 71 | 20 | 11 | 56 | 6% |
| Maggio | 31 | 18,7 | - | - | 21 | - | 0 | - |
| Giugno | 30 | 22,4 | - | - | 20 | - | 0 | - |
| Luglio | 31 | 24,6 | - | - | 20 | - | 0 | - |
| Agosto | 31 | 23,6 | - | - | 0 | - | 0 | - |
| Settembre | 30 | 22,2 | - | - | 20 | - | 0 | - |
| Ottobre | 31 | 18,2 | - | - | 21 | - | 0 | - |
| Novembre | 30 | 13,3 | 30 | 201 | 20 | 20 | 134 | 14% |
| Dicembre | 31 | 10,0 | 31 | 310 | 17 | 17 | 170 | 18% |
| TOTALE | 365 | 16,7 | 166 | 1421 | 220 | 109 | 929 | 100% |

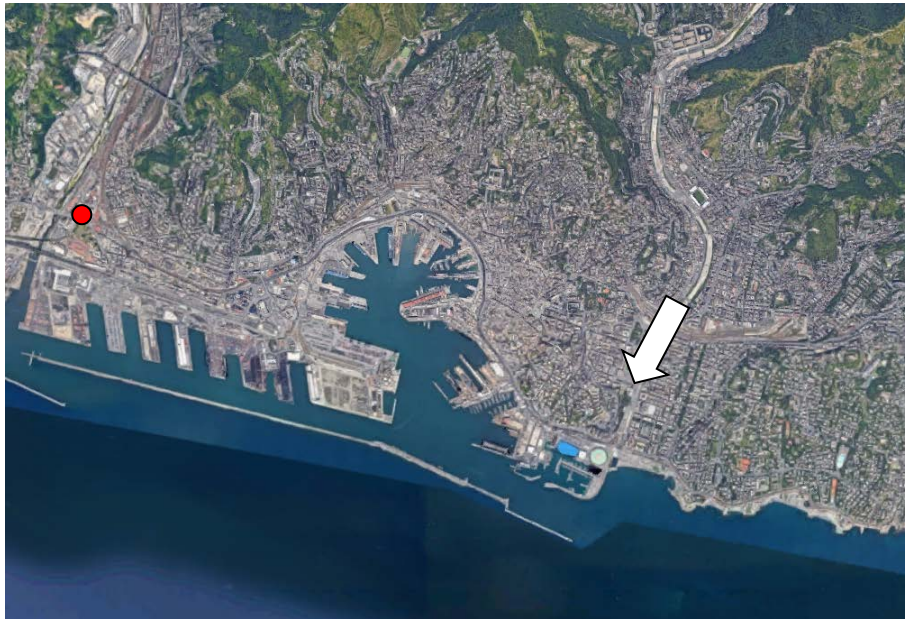
3.2 DATI CLIMATICI REALI

Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle caratteristiche climatiche della zona.

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova-Centro Funzionale-Foce (GECF).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è la stazione climatica con i dati disponibili per le tre annualità (2014-2015-2016) più vicina all’edificio oggetto di DE.

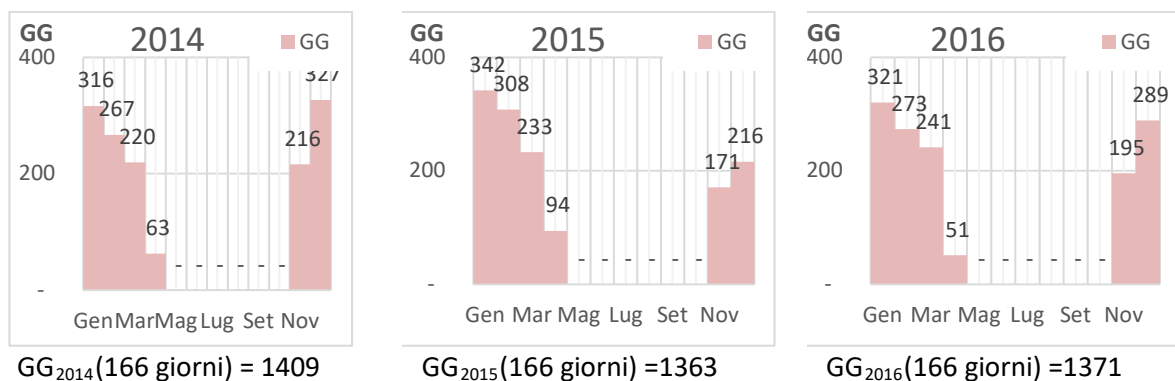
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica (freccia bianca) rispetto all’edificio oggetto di DE (puntino rosso)



3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per il triennio di riferimento (2014 - 2015 - 2016), valutati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

Figura 3.2 - Andamento mensile dei GG reali per il triennio di riferimento

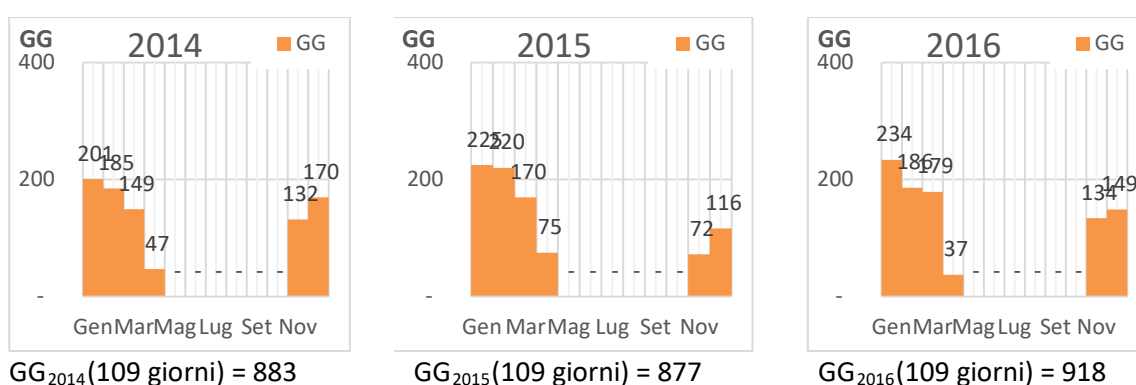


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 893 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

I GG così calcolati definiscono i GG_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

Figura 3.3 - Andamento mensile dei GG reali, valutati in condizioni di effettivo utilizzo degli impianti, per il triennio di riferimento



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG risulta differente per il triennio. In particolar modo nel 2014 sono state registrate temperature vicine alla temperatura di set point rispetto agli anni 2015 e 2016.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'edificio scolastico risulta costruito con una struttura portante in travi e pilastri in acciaio.

L'involucro edilizio opaco di muratura esterna è composto da pannelli prefabbricati in calcestruzzo, rivesti internamente da pannelli di cartongesso.

Fanno eccezione la palestra e la parte sporgente dell'atrio della scuola Firpo, caratterizzate da una tamponatura con pannelli sandwich in lamiera coibentata.

Tutti i solai, interpiano e di copertura, sono caratterizzati dalla presenza di un controsoffitto e sono realizzati in calcestruzzo.

Le coperture sono impermeabilizzate con una guaina in bitume. Le terrazze calpestabili presenti sulla copertura della scuola Firpo e al terzo piano della Scuola Cantore hanno la medesima struttura ma sono rivestite con piastrelloni.

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera Flir T 335.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- analizzando le differenze di temperatura tra il perimetro e la parte più interna dei pannelli prefabbricati in calcestruzzo che costituiscono la tamponatura, è stato possibile ipotizzare che essi siano cavi al loro interno, mentre è stato esclusa la presenza di isolamento sulla base dell'anno di costruzione del fabbricato;
- evidenza di "hot spot" in corrispondenza dei sottofinestra, dovuti alla presenza dei radiatori sul lato interno dei componenti edilizi: parte del calore emesso dai terminali al fine di garantire la temperatura di comfort negli ambienti viene dispersa verso l'esterno dell'edificio.

Le specifiche degli strumenti di misura sono riportate all'Allegato D - Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

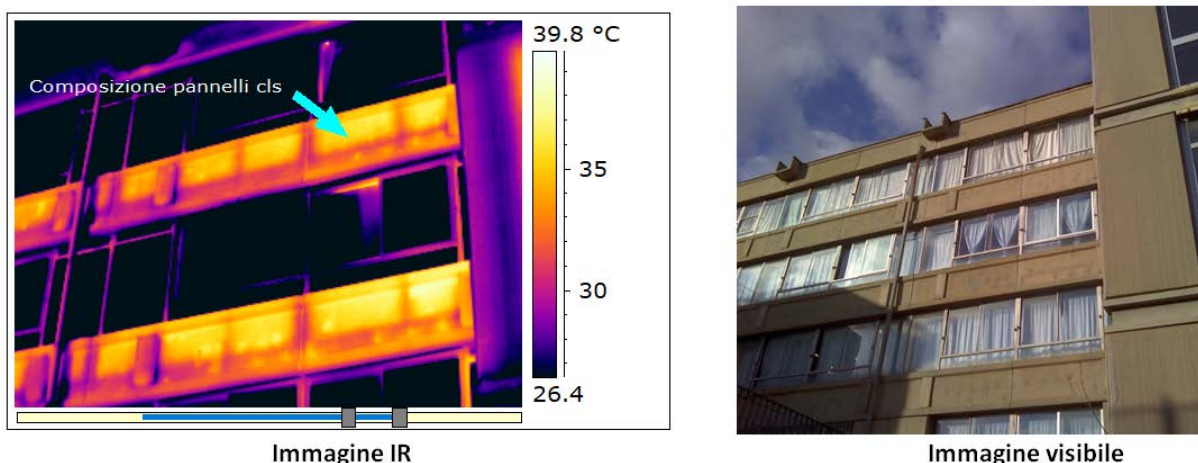
Figura 4.1 - Particolare della muratura perimetrale e della struttura portante in pilastri di acciaio



Figura 4.2 - Particolare delle coperture praticabile e dei pannelli sandwich in lamiera coibentata



Figura 4.3 – Rilievo termografico di piani terzo e quarto con esposizione sud



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica.

Mettendo in relazione le analisi effettuate con l'epoca costruttiva e la norma UNI 11552, sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro opaco riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

| TIPO DI COMPONENTE | CODICE | SPESSORE [cm] | ISOLAMENTO | TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|--|--------|------------------|------------|---------------------------------|------------------------|
| Muratura perimetrale | M1 | 35 | assente | 1,445 | discreto |
| Pannello sandwich | M2 | 10 | presente | 0,267 | discreto |
| Muratura scale | M3 | 32 | assente | 1,696 | discreto |
| Muratura verso ambiente non riscaldato | M4 | 32 | assente | 1,471 | discreto |
| Basamento | P1 | 35 | assente | 2,125 | discreto |
| Solaio su spazio aperto | P2 | 35 | assente | 1,300 | discreto |
| Copertura piana | C1 | 34 | assente | 2,768 | discreto |
| Copertura piana calpestabile | C2 | 38 | assente | 1,674 | discreto |

L'elenco completo dei componenti dell'involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti in metallo, tutti senza taglio termico ad eccezione di una portafinestra nella scuola Firpo.

Tutte le finestre sono caratterizzate da vetri singoli, mentre le portefinestre sono dotate di vetrocamera.

Sono infine presenti dei lucernari in policarbonato sulla copertura della Scuola Firpo.

Lo stato di conservazione dei serramenti è sufficiente, tuttavia la tipologia di vetro e telaio

Figura 4.4 - Particolari dei serramenti



comporta notevoli dispersioni termiche.

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti in metallo con vetro singolo da 4 e 6 mm; serramenti in metallo con vetro doppio da 4-12-4 mm, 6-9-4 mm e, per un'unica porta finestra, 6-14-6.
- Evidenza di dispersioni termiche attraverso i telai in metallo.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti

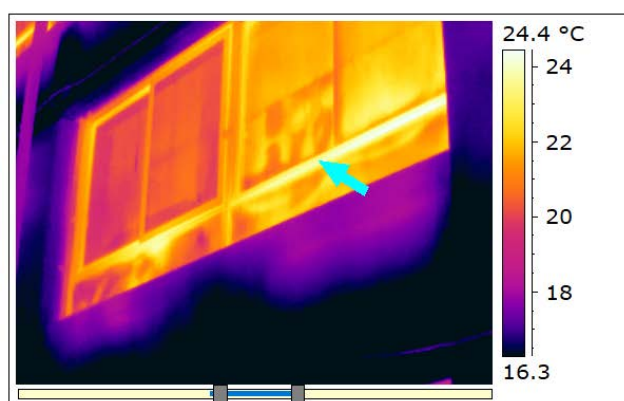


Immagine IR



Immagine visibile

Mettendo in relazione le analisi effettuate con l'epoca costruttiva e la norma UNI 11552, sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

| TIPO DI COMPONENTE | CODICE | DIMENSIONI [LXH] [cm] | TIPO TELAIO | TIPO VETRO | TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK] | STATO DI CONSERVAZIONE |
|--------------------|--|--|-------------|---------------|---------------------------------|------------------------|
| Serramento tipo 1 | Da F02 ad F09; F12; da F14 a F16; F18b; da F19 a F25; da F27 a F29 | F02 (245x200) - F03 (120x75) - F04 (120x295) - F05 (175x210) - F06 (135x300) - F07 (37x295) - F08 (240x290) - F09 (100x295) - F12(60x285) - F14 (175x295) - F15 (145x295) - F16 (115x295) - F18b (115x200) - F19 (200x200) - F20 (108x112) - F21 (60x60) - F22 (120x220) - F23 (235x200) - F24 (275x200) - F25 (110x260) - F27 (245x200) - F28 (245x200) - F29 (340x200) | Metallo | Singolo | 5,98 | Sufficiente |
| Serramento tipo2 | F01 - F11 - F17 - F26 | F01 (250x295) - F11 (210x285) - F17 (230x285) - F26 (120x260) | Metallo | Doppio | 4,70 | Sufficiente |
| Serramento tipo 3 | F13 | 235x285 | Metallo TT | Doppio | 3,05 | Buono |
| Serramento tipo 4 | L1 | 90x90 | | Policarbonato | - | Insufficiente |

L'elenco completo dei componenti dell'involucro trasparente, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.2 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto tradizionale con caldaie a basamento a gas metano e radiatori. Sono inoltre presenti degli aerotermini nella palestra.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori senza valvole termostatiche e aerotermini, con circuito dedicato, nella palestra.

I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE sono i seguenti:

Figura 4.6 - Particolare sistemi di emissione



Tabella 4.3 - Rendimenti del sottosistema di emissione per le varie zone termiche

| ZONA TERMICA | TIPOLOGIA DI TERMINALE | RENDIMENTO |
|---------------------|------------------------|------------|
| Palestra | Aerotermini | 96% |
| Tutte le altre zone | Radiatori | 95% |

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.4.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

| PIANO | TIPO DI INSTALLAZIONE | NUMERO | POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾ | POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA |
|---------------|-------------------------------|------------|--|---------------------------------|
| | | | [kW] | [kW] |
| Terra | Su parete esterna non isolata | 45 | 144,9 | 0,00 |
| Primo | Su parete esterna non isolata | 60 | 202,4 | 0,00 |
| Primo | Pensile (aerotermino) | 4 | n.d. | 0,00 |
| Secondo | Su parete esterna non isolata | 49 | 143,1 | 0,00 |
| Terzo | Su parete esterna non isolata | 43 | 137,0 | 0,00 |
| Quarto | Su parete esterna non isolata | 32 | 94,0 | 0,00 |
| TOTALE | | 233 | 721,4 | 0,00 |

Nota (1): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

In sede di sopralluogo si sono verificati i dati delle check list fornite dalla PA e sono state prese le misure ulteriori richieste dalla UNI 10200 per il calcolo della potenza.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione della centrale termica è realizzata mediante valvola miscelatrice e valvole deviatrici, comandate dalla sonda climatica esterna e dalle sonde di temperatura sulle tubazioni di mandata dei generatori.

Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non è in possesso di informazioni sulle temperature impostate.

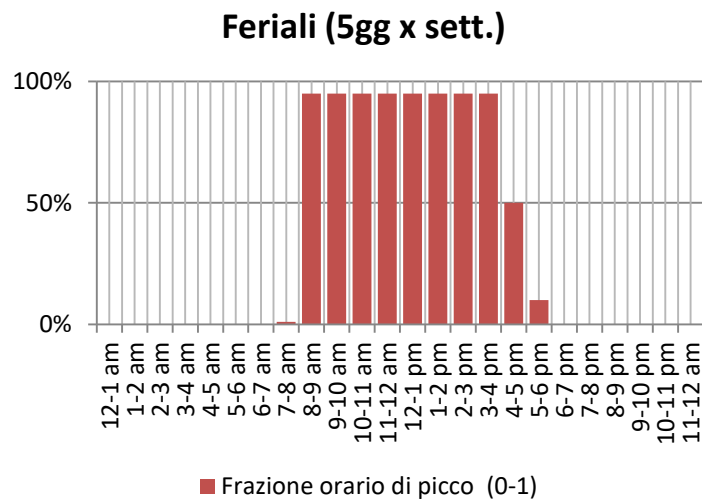
Figura 4.7 - Particolare della valvola miscelatrice



Figura 4.8 – Sonda climatica esterna



Figura 4.9 - Profilo di utilizzo dell’edificio



Il dettaglio dei profili orari di funzionamento, rilevati in sede di sopralluogo, è riportato nella Sezione 12 dell’ Allegato J – Schede di audit.

I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella Tabella 4.5:

Tabella 4.5 - Rendimenti del sottosistema di regolazione per le varie zone termiche

| ZONA TERMICA | TIPO DI REGOLAZIONE | RENDIMENTO |
|---------------------|---------------------|------------|
| Palestra | Climatica | 77% |
| Tutte le altre zone | Climatica | 86% |

L’elenco dei componenti del sottosistema di regolazione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell’ Allegato J – Schede di audit.

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da un unico collettore di mandata da cui si diramano 3 circuiti, servito da due pompe singole in funzionamento alternato. A valle dei generatori è inoltre presente un ulteriore circuito (aerotermi) servito da una pompa gemellare dedicata.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito di distribuzione sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe

| NOME | SERVIZIO | PORTATA ⁽¹⁾ [m ³ /h] | PREVALENZA ⁽²⁾ [m] | POTENZA ASSORBITA ⁽³⁾ [W] |
|------------------------|-------------------|---|----------------------------------|---|
| Grundfos UPSD 65-120/F | Mandata aerotermi | - | - | 1.400 |
| 2 x Biral BZ 100-1 | Mandata radiatori | - | - | n.d. |

Nota (1): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (2): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (3): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7.

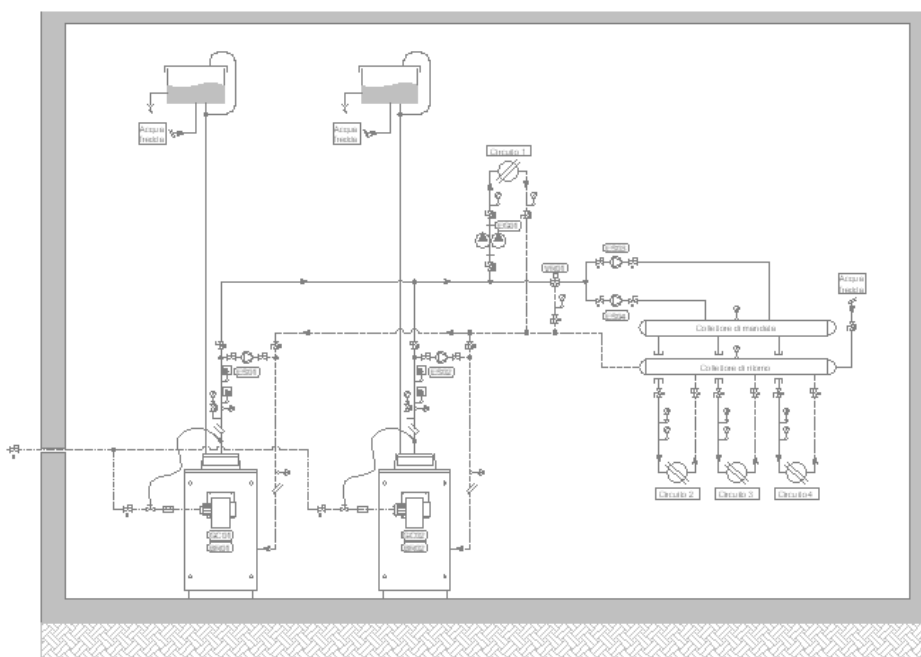
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno

| CIRCUITO | | | TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾ °C | TEMPERATURA CALCOLO ⁽²⁾ °C |
|----------|---------|-------|---|--|
| GEN1 | Mandata | Caldo | - | 80 |
| | Ritorno | Caldo | - | 65 |

Nota (1): Le temperature di mandata e ritorno del circuito primario rilevate in sede di sopralluogo non sono state acquisite e riportate in quanto nella data di esecuzione dello stesso, per via della temperatura esterna elevata, l'impianto non è mai andato a regime nel lasso del tempo di visita al fabbricato. Si tratta pertanto di valori non rappresentativi e non necessari al fine della modellizzazione del sistema edificio-impianto.

Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 114-S01-001.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 92,3% (riferimento normativo UNI TS 11300-2).

L'elenco dei componenti del sottosistema di distribuzione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche, è riportato nella Sezione 6.4 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da due caldaie identica a basamento Unical TZ AR 900, installate nel 1995, con bruciatori bistadio Baltur TBG 120P, sostituiti nel 2008.

Come premesso nel paragrafo 2.2, la centrale termica serve, oltre agli edifici oggetto di DE, anche l'adiacente Liceo Classico e Linguistico Statale Giuseppe Mazzini.

Figura 4.11 - Generatori di calore



Figura 4.12 - Bruciatore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

| | Servizio | MARCA | MODELLO | ANNO DI COSTRUZIONE | POTENZA AL FOCOLARE [kW] | POTENZA TERMICA UTILE [kW] | RENDIMENTO ⁽⁷⁾ | POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W] |
|-------|---------------|--------|-----------|---------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Gen 1 | Riscaldamento | Unical | TZ AR 900 | 1995 | 1.144 | 1.047 | 91,5 % | 1.600 |
| Gen 2 | Riscaldamento | Unical | TZ AR 900 | 1995 | 1.144 | 1.047 | 91,5 % | 1.600 |

Nota (7) rendimento da scheda tecnica.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari all'87%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 90,4%.

Il rendimento della scheda tecnica è in linea con quello relativo alla prova fumi mentre il rendimento della modellazione energetica risulta il più basso dei tre.

L'elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è realizzata mediante bollitori elettrici ad accumulo dislocati in prossimità delle diverse utenze (servizi igienici e cucina). Complessivamente sono presenti 10 bollitori: 2 in cucina, 1 scuola Bacigalupo, 1 scuola Firpo, 2 per ogni piano scuola Cantore.

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.9.

Figura 4.13 - Particolari di boiler elettrici per la produzione di acqua calda sanitaria



Tabella 4.9 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

| SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE | SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE | SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO ⁽¹⁾ | SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO ⁽²⁾ | SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE | RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE ⁽³⁾ |
|----------------------------|-------------------------------|--|---|-----------------------------|--|
| 95% | 93% | - | - | 75% | 29% |

Nota (1): sottosistema non presente

Nota (2): sottosistema non presente

Nota (3): il rendimento globale medio stagionale comprende le perdite dovute alla rete elettrica nazionale. Fonte: modellazione energetica.

L'elenco dei componenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 7 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo è effettuata esclusivamente nei locali della segreteria al piano terra e nell'aula informatica al piano terzo, grazie alla presenza di 3 pompe di calore monosplit.

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella Tabella 4.10.

Figura 4.14 – Particolare delle pompe di calore monosplit (unità interne ed esterne).



Tabella 4.10 – Rendimenti dell’impianto di climatizzazione

| SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE | SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE | SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO | SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO | SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE ⁽¹⁾ | RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|
| - | - | - | - | 2,32 / 2,54 / 2,91 (EER) | 55,8% |

Nota (1): Temperatura b.u. dell’aria ambiente interno 19 °C, temperatura bulbo secco dell’aria esterna 35 °C

L’elenco dei componenti dell’impianto di climatizzazione estiva rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell’ Allegato J – Schede di audit.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non presente

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali PC, stampanti e altri dispositivi di supporto alle attività specifiche della destinazione d’uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

| ZONATERMICA | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA NOMINALE [W] | POTENZA COMPLESSIVA [W] | ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore] |
|--------------------|-------------------------------|--------|----------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Z1, Z4, Z6, Z8, Z9 | PC desktop | 26 | 330 | 8.580 | 660 (3h x 220gg) |
| Z1 | PC notebook | 1 | 90 | 90 | 440 (2h x 220gg) |
| Z1, Z6, Z8, Z9 | Stampante da tavolo | 8 | 200 | 1.600 | 73 (0,33h x 220gg) |
| Z1 | Stampante multifunzione | 1 | 600 | 600 | 66 (0,33h x 220gg) |
| Z1, Z9 | Rack | 2 | 200 | 400 | 8.760 (24h x 365gg) |
| Z1 | Fax | 1 | 39 | 39 | 73 (0,33h x 220gg) |
| Z1, Z4, Z8, Z9 | Distributore di bevande/sanck | 5 | 1.500 | 7.500 | 8.760 (24h x 365gg) |
| Z1, Z4, Z6, Z9 | Tv | 4 | 250 | 1.000 | 73 (0,33h x 220gg) |
| Z1, Z4, Z6, Z9 | Videoregistratore | 4 | 100 | 400 | 73 (0,33h x 220gg) |
| Z4 | Forno microonde | 1 | 1.000 | 1.000 | 73 (0,33h x 220gg) |
| Z3 | Frigorifero | 1 | 100 | 100 | 8.760 (24h x 365gg) |
| Z8, Z10 | LIM | 3 | 340 | 1.020 | 770 (3,5h x 220gg) |
| Z3 | Lavastoviglie | 1 | 5.000 | 5.000 | 73 (0,33h x 220gg) |
| Z9 | Scanner | 1 | 30 | 30 | 73 (0,3h x 220gg) |
| Z1 | Stufetta elettrica | 2 | 2.000 | 4.000 | 524 (4h x 131gg) |
| Z9 | Impianto audio | 1 | 600 | 600 | 73 (0,33h x 220gg) |
| Z1 | Centralina evacuazione | 1 | 100 | 100 | 8.760 (24h x 365gg) |
| Z2, Z4, Z11 | Scaldavivande | 4 | 4.200 | 16.800 | 73 (0,33h x 220 gg) |

L’elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell’ Allegato J – Schede di audit.

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti lineari e lampade a incandescenza.

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

| ZONATERMICA | DESCRIZIONE | NUMERO | POTENZA UNITARIA | POTENZA COMPLESSIVA |
|-------------|------------------------------|--------|------------------|---------------------|
| | | | [kW] | [kW] |
| Z1 | Fluorescente lineare 2x58 W | 26 | 0,116 | 3,016 |
| | Fluorescente lineare 4x18 W | 12 | 0,072 | 0,864 |
| | Fluorescente lineare 1X18 W | 7 | 0,018 | 0,126 |
| | Fluorescente lineare 1x36 W | 5 | 0,036 | 0,18 |
| Z2 | Fluorescente lineare 4x18 W | 16 | 0,072 | 1,152 |
| | Fluorescenti compatte 2x55 W | 8 | 0,110 | 0,88 |
| Z3 | Fluorescente lineare 2x58 W | 6 | 0,116 | 0,696 |
| Z4 | Fluorescente lineare 2X18 W | 2 | 0,036 | 0,072 |
| | Fluorescente lineare 1x36 W | 8 | 0,036 | 0,288 |
| | Fluorescente lineare 2x36 W | 19 | 0,072 | 1,368 |
| Z5 | Fluorescente lineare 1x36 W | 3 | 0,036 | 0,108 |
| | Fluorescente lineare 2x36 W | 34 | 0,072 | 2,448 |
| Z6 | Fluorescente lineare 2x58 W | 48 | 0,116 | 5,568 |
| | Fluorescente lineare 1x36 W | 3 | 0,036 | 0,108 |
| | Fluorescente lineare 2X18 W | 10 | 0,036 | 0,36 |
| | Tubi LED 1x16 W | 4 | 0,016 | 0,064 |
| Z7 | Fluorescente lineare 2x58 W | 18 | 0,116 | 2,088 |
| Z8 | Fluorescente lineare 2x58 W | 38 | 0,116 | 4,408 |
| | Fluorescente lineare 2x36 W | 6 | 0,072 | 0,432 |
| | Fluorescente lineare 2X18 W | 7 | 0,036 | 0,252 |
| Z9 | Fluorescente lineare 2x58 W | 35 | 0,116 | 4,06 |
| | Fluorescente lineare 2x36 W | 8 | 0,072 | 0,576 |
| | Fluorescente lineare 2X18 W | 19 | 0,036 | 0,684 |
| Z10 | Fluorescente lineare 2x58 W | 25 | 0,116 | 2,9 |
| | Fluorescente lineare 2X18 W | 9 | 0,036 | 0,324 |
| Z11 | Fluorescente lineare 2x36 W | 10 | 0,072 | 0,72 |
| | Fluorescente lineare 2X18 W | 1 | 0,036 | 0,036 |



L'elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE

Non presente

5 CONSUMI RILEVATI

L'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio oggetto della DE è stata effettuata facendo riferimento al triennio 2014, 2015 e 2016.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è il gas metano.

Nella Tabella 5.1 sono riportati i valori di Potere Calorifico Inferiore (PCI) forniti dalla norma UNI TS 11300-2:2014 ed utilizzati ai fini della conversione in kWh.

Tabella 5.1 – Valori di PCI utilizzati ai fini della conversione in kWh

| TIPO COMBUSTIBILE | PCI [kWh/kg] | DENSITÀ [kWh/Sm ³] | PCI [kWh/Nm ³] | FATTORE DI CONVERSIONE [Sm ³ /Nm ³] | PCI [kWh/Sm ³] |
|-------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|-------------------------------|
| Metano | n/a | n/a | 9,94 ⁽¹⁾ | 1,0549 | 9,42 |

Nota (1) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio della Centrale termica per il riscaldamento dell'intero edificio.

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati.

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sui m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

Tali consumi sono riportati nella Tabella 5.2 con indicazione dei PDR di riferimento.

Tabella 5.2 - Consumi annuali di energia termica per il triennio di riferimento – Dati forniti dalla società di distribuzione

| PDR | Utilizzo | 2014 [Sm ³] | 2015 [Sm ³] | 2016 [Sm ³] | 2014 [kWh] | 2015 [kWh] | 2016 [kWh] |
|---------------|---------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 3270049229971 | Riscaldamento | 94.968 | 83.354 | 91.754 | 894.599 | 785.195 | 864.323 |

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento.

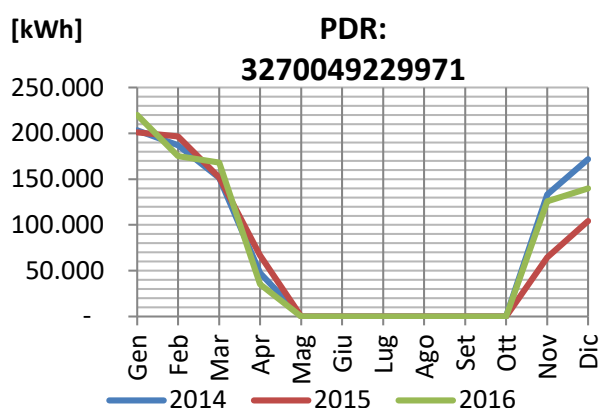
La ripartizione dei consumi annuli di energia termica in consumi mensili verrà eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

| PDR: 3270049229971 | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|
| Mese | [Sm ³] | [Sm ³] | [Sm ³] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 21.589 | 21.341 | 23.371 | 203.367 | 201.028 | 220.150 |
| Febbraio | 19.869 | 20.865 | 18.579 | 187.164 | 196.547 | 175.014 |
| Marzo | 16.065 | 16.117 | 17.860 | 151.334 | 151.826 | 168.239 |
| Aprile | 5.044 | 7.103 | 3.722 | 47.514 | 66.914 | 35.065 |
| Maggio | - | - | - | - | - | - |
| Giugno | - | - | - | - | - | - |
| Luglio | - | - | - | - | - | - |
| Agosto | - | - | - | - | - | - |
| Settembre | - | - | - | - | - | - |
| Ottobre | - | - | - | - | - | - |
| Novembre | 14.150 | 6.861 | 13.367 | 133.296 | 64.632 | 125.919 |
| Dicembre | 18.251 | 11.067 | 14.855 | 171.923 | 104.248 | 139.935 |
| Totale | 94.968 | 83.354 | 91.754 | 894.599 | 785.195 | 864.323 |

L'andamento dei consumi mensili fatturati è riportato nei grafici in Figura 5.1.

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Considerando che i consumi di gas metano a servizio degli impianti di riscaldamento degli ambienti sono soggetti a variazioni dovute all'andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato il triennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell'anno a cui si riferiscono, con lo scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

Per effettuare tale processo di normalizzazione si sono utilizzati i GG reali del triennio di riferimento ed i GG di riferimento come valutati al Capitolo 3, definendo il fattore di normalizzazione \bar{a}_{rif} come di seguito riportato:

$$\bar{a}_{rif} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{real,i}}{\sum_{i=1}^n GG_{real,i}}$$

Dove:

GG_{real,i} = Gradi giorno valutati considerando le temperature esterne reali, nell'anno *i-esimo*, così come definiti al Capitolo 3.2;

n = numero di annualità di cui si hanno a disposizione i consumi.

Q_{real,i} = Consumo termico reale per riscaldamento dell'edificio nell'anno *i-esimo*, kWh/anno.

E' ora quindi possibile valutare il consumo destagionalizzato, come di seguito riportato:

$$Q_{baseline} = \bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif} + \bar{Q}_{ACS} + \bar{Q}_{ALTRO}$$

GG_{rif} = Gradi giorno di riferimento utilizzati nella modellazione dell'edificio, così come definiti al Capitolo 3.1;

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l'ACS nel triennio di riferimento;

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento

Si sottolinea che, ai fini della normalizzazione e della successiva validazione del modello energetico, si utilizzeranno per la definizione dei consumi reali, $Q_{real,i}$, i consumi di gas metano forniti dalla società di distribuzione.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

| ANNO | GG _{REAL} SU [109] GIORNI | GG _{RIF} SU [109] GIORNI | CONSUMO REALE RISC. [Sm ³] | CONSUMO REALE RISC. [kWh] | α_{rif} | CONSUMO NORMALIZZATO A [929] GG [kWh] | CONSUMO ACS [kWh] | CONSUMO ALTRO [kWh] |
|--------------|--|---|---|------------------------------------|----------------|--|-------------------------|---------------------------|
| 2014 | 883 | 929 | 94.968 | 894.599 | 1.013 | 941.203 | 0 | 0 |
| 2015 | 877 | 929 | 83.354 | 785.195 | 895 | 831.751 | 0 | 0 |
| 2016 | 918 | 929 | 91.754 | 864.323 | 942 | 874.679 | 0 | 0 |
| Media | 893 | 929 | 90.025 | 848.039 | 950 | 882.545 | 0 | 0 |

Come si può notare dai dati riportati, il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una riduzione dei consumi nel 2015, mentre nel 2016 è stata utilizzata una quantità di gas paragonabile a quella del 2014.

Si sono pertanto definiti, per il calcolo della Baseline, i parametri riportati nella Tabella 5.5:

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

| GRANDEZZA | VALORE |
|--------------------------------------|----------------|
| | [Kwh] |
| \bar{Q}_{ACS} | 0,0 |
| \bar{Q}_{ALTRO} | 0,0 |
| $\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$ | 882.545 |
| $Q_{baseline}$ | 882.545 |

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dell'intero edificio.

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati.

L'elenco delle fatture analizzate è riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza.

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica è effettuata sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi annuali derivanti dall'analisi delle fatture elettriche sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.6 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

| POD | ZONA SERVITA | 2014 | 2015 | 2016 | MEDIA |
|----------------|-----------------|--------|--------|--------|-----------|
| | | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| IT001E00096004 | Intero edificio | 71.557 | 73.623 | 70.836 | 72.005,33 |

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E1318 e sono emerse le seguenti differenze:

- i dati delle fatture per tutti gli anni sono inferiori a quanto indicato nel file kyotoBaseline-E1318, rispettivamente di 4.609 kWh, 2.285 kWh e 5.356 kWh per gli anni 2014, 2015 e 2016.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 76.166 kWh; anno 2015 75.908 kWh; anno 2016 76.192 kWh.

La baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 72.005 kWh.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

| POD: IT001E00096004 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|
| Anno 2014 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 14 | 6.155 | 1.181 | 1.534 | 8.870 |
| Feb - 14 | 5.985 | 1.166 | 1.128 | 8.279 |
| Mar - 14 | 5.707 | 1.174 | 1.245 | 8.126 |
| Apr - 14 | 4.054 | 758 | 910 | 5.722 |
| Mag - 14 | 4.116 | 802 | 996 | 5.914 |
| Giu - 14 | 2.687 | 643 | 1.031 | 4.361 |
| Lug - 14 | 1.767 | 569 | 895 | 3.231 |
| Ago - 14 | 404 | 262 | 562 | 1.228 |
| Set - 14 | 3.416 | 738 | 991 | 5.145 |
| Ott - 14 | 4.530 | 781 | 949 | 6.260 |
| Nov - 14 | 5.019 | 977 | 1.355 | 7.351 |
| Dic - 14 | 4.779 | 965 | 1.326 | 7.070 |
| Totale | 48.619 | 10.016 | 12.922 | 71.557 |
| POD: IT001E00096004 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2015 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 15 | 5.625 | 1.118 | 1.472 | 8.215 |
| Feb - 15 | 6.199 | 1.139 | 1.235 | 8.573 |
| Mar - 15 | 6.224 | 1.076 | 1.306 | 8.606 |
| Apr - 15 | 4.713 | 787 | 1.084 | 6.584 |
| Mag - 15 | 4.043 | 738 | 1.128 | 5.909 |
| Giu - 15 | 2.582 | 602 | 957 | 4.141 |
| Lug - 15 | 1.713 | 603 | 975 | 3.291 |
| Ago - 15 | 568 | 338 | 717 | 1.623 |
| Set - 15 | 2.760 | 741 | 962 | 4.463 |
| Ott - 15 | 5.105 | 980 | 977 | 7.062 |
| Nov - 15 | 5.983 | 1.013 | 1.275 | 8.271 |
| Dic - 15 | 4.669 | 843 | 1.373 | 6.885 |

| Totale | 50.184 | 9.978 | 13.461 | 73.623 |
|---------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| POD: IT001E00096004 | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
| Anno 2016 | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gen - 16 | 5.380 | 1.001 | 1.434 | 7.815 |
| Feb - 16 | 6.150 | 1.003 | 1.216 | 8.369 |
| Mar - 16 | 5.439 | 947 | 1.343 | 7.729 |
| Apr - 16 | 4.329 | 880 | 1.175 | 6.384 |
| Mag - 16 | 4.511 | 758 | 970 | 6.239 |
| Giu - 16 | 2.605 | 649 | 1.011 | 4.265 |
| Lug - 16 | 1.522 | 573 | 988 | 3.083 |
| Ago - 16 | 524 | 322 | 647 | 1.493 |
| Set - 16 | 2.591 | 681 | 965 | 4.237 |
| Ott - 16 | 4.735 | 827 | 1.015 | 6.577 |
| Nov - 16 | 5.487 | 865 | 1.175 | 7.527 |
| Dic - 16 | 4.499 | 979 | 1.640 | 7.118 |
| Totale | 47.772 | 9.485 | 13.579 | 70.836 |

Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento.

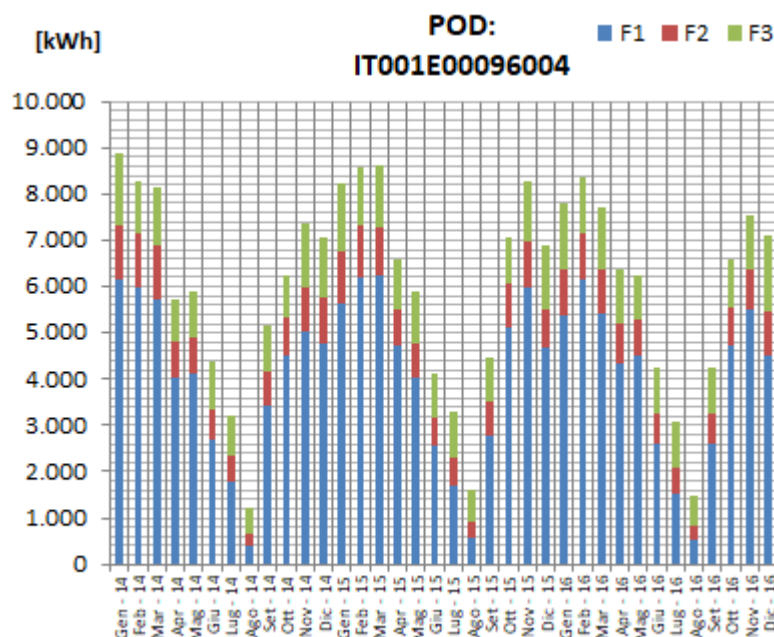
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

| BASELINE | F1 | F2 | F3 | TOTALE |
|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| | [kWh] | [kWh] | [kWh] | [kWh] |
| Gennaio | 5.720 | 1.100 | 1.480 | 8.300 |
| Febbraio | 6.111 | 1.103 | 1.193 | 8.407 |
| Marzo | 5.790 | 1.066 | 1.298 | 8.154 |
| Aprile | 4.365 | 808 | 1.056 | 6.230 |
| Maggio | 4.223 | 766 | 1.031 | 6.021 |
| Giugno | 2.625 | 631 | 1.000 | 4.256 |
| Luglio | 1.667 | 582 | 953 | 3.202 |
| Agosto | 499 | 307 | 642 | 1.448 |
| Settembre | 2.922 | 720 | 973 | 4.615 |
| Ottobre | 4.790 | 863 | 980 | 6.633 |
| Novembre | 5.496 | 952 | 1.268 | 7.716 |
| Dicembre | 4.649 | 929 | 1.446 | 7.024 |
| Totale | 48.858 | 9.826 | 13.321 | 72.005 |

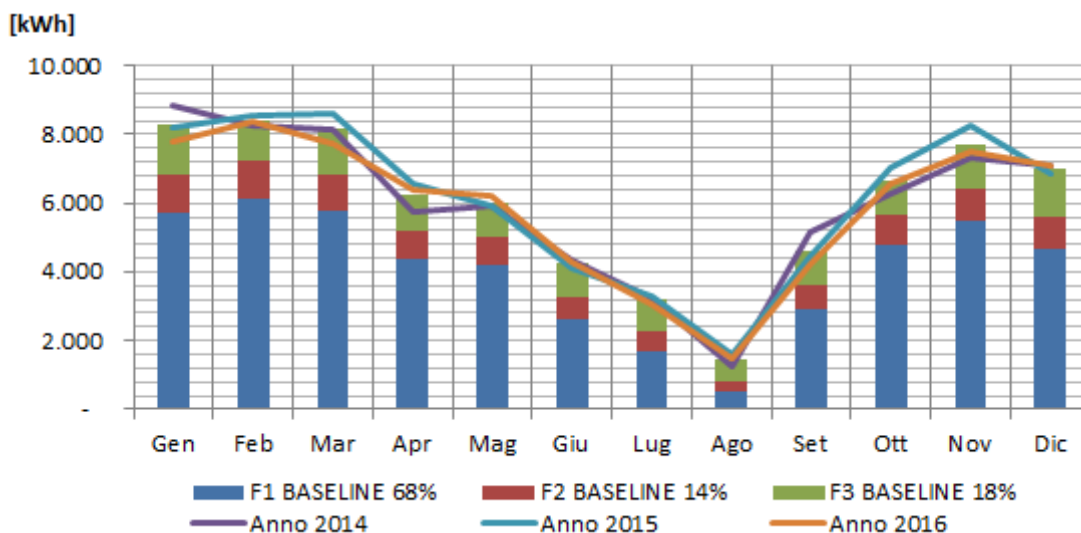
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.3.

Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali ed i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti maggiori nei mesi invernali, durante i quali si utilizza maggiormente l'illuminazione, e più bassi per i mesi primaverili/autunnali. I consumi sono invece molto bassi durante i mesi estivi (luglio e agosto) di chiusura della scuola, periodo durante il quale la struttura viene utilizzata saltuariamente solo dal corpo docenti.

E' stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, il quale rende disponibili i prelievi di energia elettrica con cadenza quarti oraria.

Si sono pertanto analizzati dei profili giornalieri campione, rappresentativi delle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto.

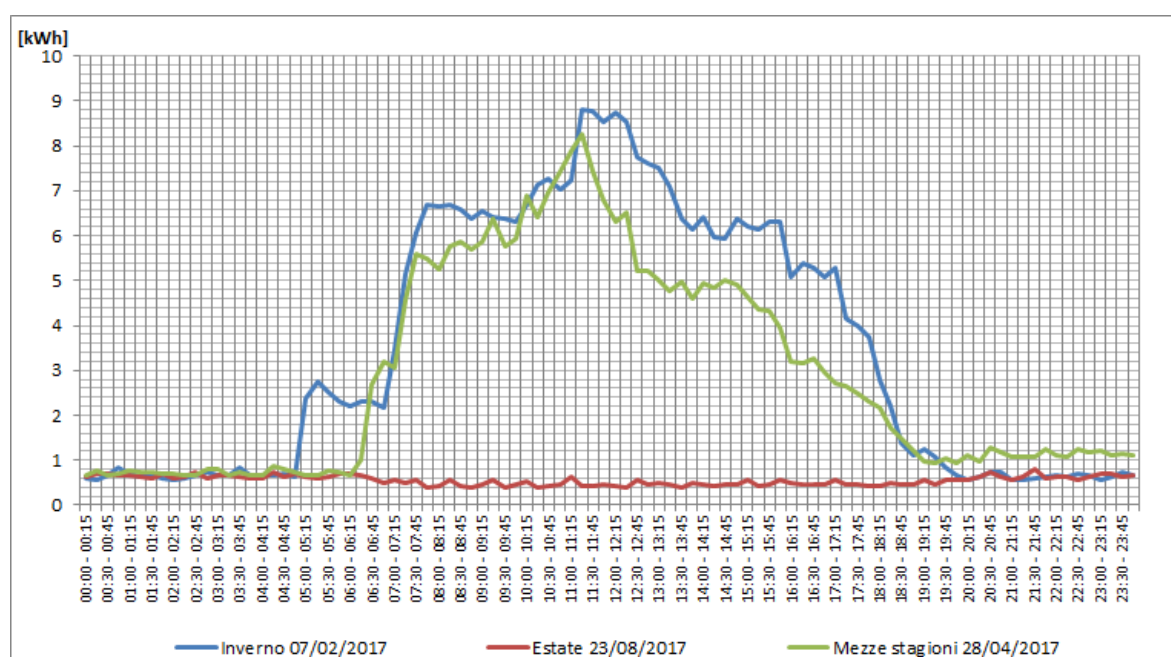
Le giornate analizzate sono riportate nella Tabella 5.9

Tabella 5.9 – Giornate valutate per l'analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico

| PROFILO | DATA | GIORNO DELLA SETTIMANA | PERIODO | TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C] |
|-----------|------------|------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Profilo 1 | 07/02/2017 | Martedì | Periodo invernale | 11,2 |
| Profilo 2 | 23/08/2017 | Mercoledì | Periodo di chiusura | 23,7 |
| Profilo 3 | 28/04/2017 | Venerdì | Mezza stagione | 12,7 |

L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici in Figura 5.4.

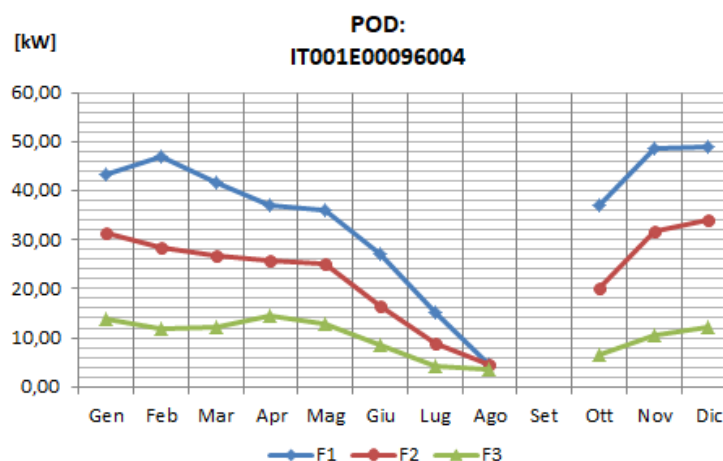
Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00096004



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo “a campana”, dovuto ai limitati consumi dell'edificio durante il periodo di non utilizzo (dalla sera dopo le 19 fino al mattino alle 6.30), e all'entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l'andamento del giorno tipo estivo, nel quale i consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l'edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezze stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il frigorifero ed il rack.

Oltre ai giorni tipo riportati in figura sono stati presi in esame alcuni sabati e domeniche a campione, che hanno mostrato andamenti paragonabili al giorno estivo.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00096004



Nota: i dati di potenza del mese di settembre non sono disponibili.

I profili di potenza giornalieri risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti, essendo le fasce di maggiore e minore consumo rispettivamente la F1 e la F3 ed essendo il periodo invernale quello con la potenza assorbita superiore.

Il prelievo di potenza massima è pari a 48,90 kW e si verifica nel mese di dicembre in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza disponibile del contatore installato, tuttavia è maggiore della potenza impegnata.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

L'esito della DE deve inoltre consentire la valutazione del fabbisogno energetico caratteristico del sistema edificio-impianto ed individuare gli indicatori specifici di performance energetica ed ambientale caratteristici della prestazione energetica dell'edificio, rispetto ai consumi energetici reali.

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.10.

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂.

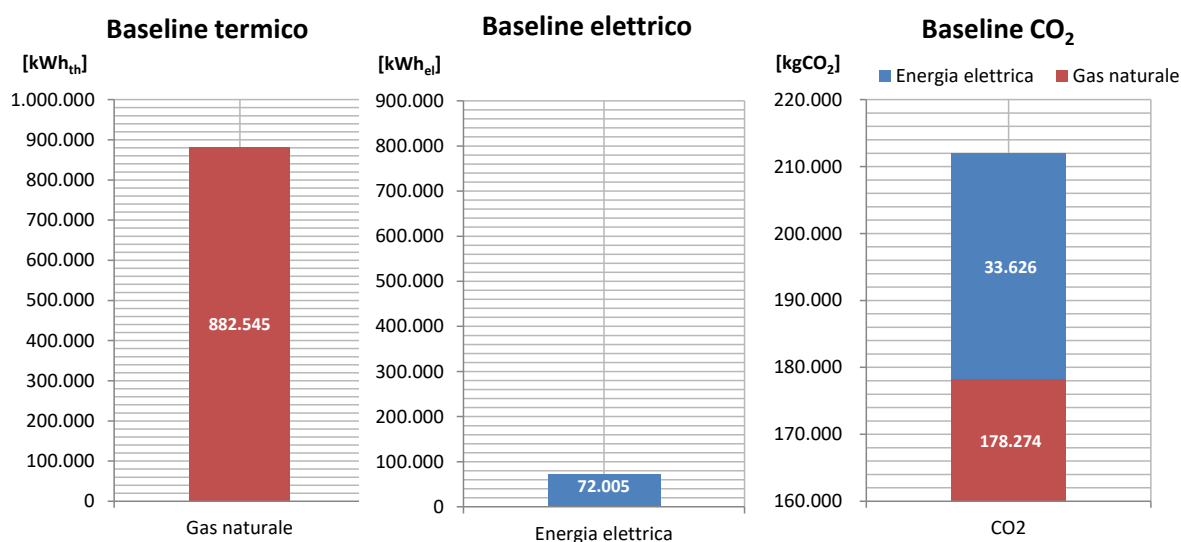
| COMBUSTIBILE | FATTORE DI CONVERSIONE |
|-------------------|------------------------|
| | kgCO ₂ /kWh |
| Energia elettrica | * 0,467 |
| Gas naturale | * 0,202 |
| GPL | * 0,227 |
| Olio combustibile | * 0,267 |
| Gasolio | * 0,267 |
| Benzina | * 0,249 |

* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

| COMBUSTIBILE | CONSUMO DI BASELINE | FATTORE DI CONVERSIONE | |
|-------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| | [kWh] | [tCO ₂ /MWh] | [tCO ₂] |
| Energia elettrica | 72.005 | * 0,467 | 33,63 |
| Gas naturale | 882.545 | * 0,202 | 178,27 |

Figura 5.6 – Rappresentazione grafica delle Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂

Ai fini del calcolo degli indici di performance è necessario effettuare la conversione dei consumi di baseline in energia primaria, utilizzando i fattori di conversione indicati dal Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 “Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici” nell’Allegato 1-Tabella 1.

Tabella 5.12 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

| COMBUSTIBILE | F _{P,nren} | F _{P,ren} | F _{P,tot} |
|---------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Gas naturale | 1,05 | 0 | 1,05 |
| Energia elettrica da rete | 1,95 | 0,47 | 2,42 |

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

| PARAMETRO | VALORE | U.M. |
|---|--------|----------------|
| FATTORE 1 Superficie netta riscaldata | 5.060 | m ² |
| FATTORE 2 Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate) | 5.129 | m ² |
| FATTORE 3 Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate) | 21.101 | m ³ |

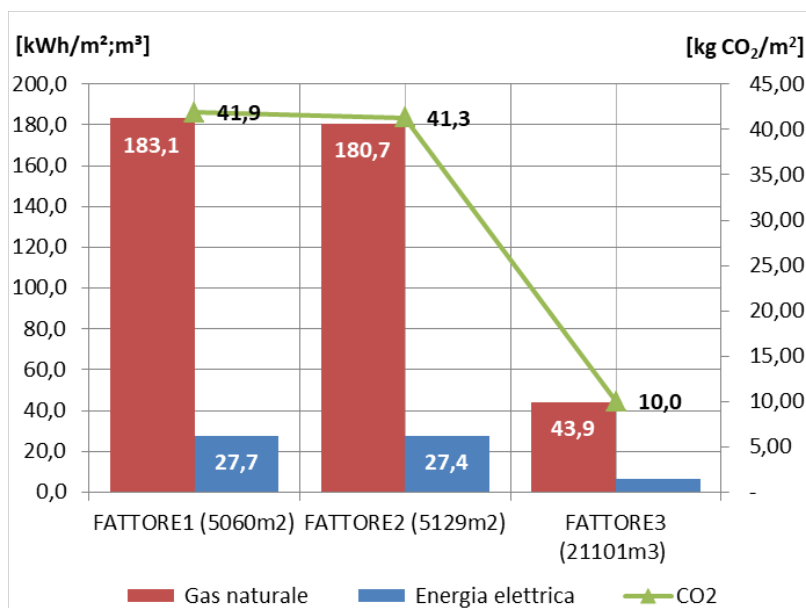
Nella Tabella 5.14 e Tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.14 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria totale

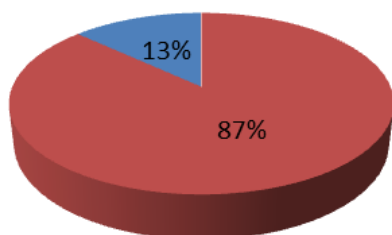
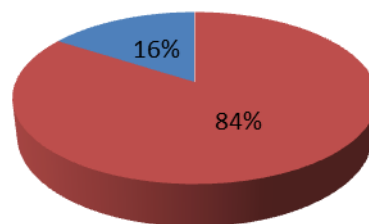
| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno] | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno] | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|--------------------|--|--|--|---|------------------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| | | | | FATTORE 1 [kWh/m ²] | FATTORE 2 [kWh/m ²] | FATTORE 3 [kWh/m ³] | FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³] |
| Gas naturale | 882.545 | 1,05 | 926.672 | 183,1 | 180,7 | 43,9 | 35,23 | 34,76 | 8,45 |
| Energia elettrica | 72.005 | 2,42 | 174.252 | 34,4 | 34,0 | 8,3 | 6,65 | 6,56 | 1,59 |
| TOTALE | | | 1.100.924 | 217,57 | 214,65 | 52,17 | 41,88 | 41,31 | 10,04 |

Tabella 5.15 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

| VETTORE ENERGETICO | CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno] | FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN. | CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno] | INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE | | | INDICATORI AMBIENTALI | | |
|--------------------|--|---|---|--|------------------------------------|------------------------------------|--|--|--|
| | | | | FATTORE 1 [kWh/m ²] | FATTORE 2 [kWh/m ²] | FATTORE 3 [kWh/m ³] | FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²] | FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³] |
| Gas naturale | 882.545 | 1,05 | 926.672 | 183,1 | 180,7 | 43,9 | 35,23 | 34,76 | 8,45 |
| Energia elettrica | 72.005 | 1,95 | 140.410 | 27,75 | 27,37 | 6,65 | 6,65 | 6,56 | 1,59 |
| TOTALE | | | 1.067.082 | 210,89 | 208,05 | 50,57 | 41,88 | 41,31 | 10,04 |

Figura 5.7 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione dei fattori di riparametrizzazioneFigura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

■ Gas naturale ■ Energia elettrica

Trattandosi di edifici scolastici, si sono determinati i due seguenti indici, definiti all’interno delle Linee Guida ENEA- FIRE “Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole”.

L’indicatore introdotto dalla Guida ENEA-FIRE si basa sui consumi di energia per gas naturale normalizzati in funzione dei seguenti fattori di aggiustamento:

- Fattore di forma dell’edificio, in funzione del rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore F_e);
- Ore di occupazione dell’edificio scolastico (fattore F_h);
- Gradi Giorno convenzionali della località (1435 GG) così come definiti D.P.R. 412/93 - allegato A
- Volume riscaldato (V_{risc}).

La formula definita è sotto riportata:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo_annuo_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}}$$

L’indicatore di performance energetico definito dalla Guida ENEA – FIRE per i consumi di energia elettrica è un semplice indicatore normalizzato sui seguenti fattori:

- Superficie lorda ai piani dell’edificio A_p ;
- Fattore F_h relativo all’orario di occupazione, così come precedentemente

La formula per il calcolo dell’indice è la seguente:

$$IEN_E = \frac{\text{Consumo_energia_elettrica} \times F_h}{A_p}$$

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

| COMBUSTIBILE | IEN _R | | | IEN _E | | |
|-------------------|-----------------------------|------|------|--------------------------|------|------|
| | Wh/(m ³ GG anno) | | | Wh/(m ³ anno) | | |
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Gas Naturale | 34,2 | 28,5 | 30,5 | - | - | - |
| Energia elettrica | - | - | - | 12,9 | 13,2 | 12,7 |

E’ stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo valori INSUFFICIENTI sia per l’indice IEN_R sia per l’indice IEN_E.

I dettagli dell’analisi degli indici di performance energetici sono riportati nell’Allegato M Report di Benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti è stato necessario predisporre un modello energetico (termico ed elettrico) redatto ai sensi della normativa regionale e nazionale vigente per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Relativamente all'involucro edilizio esso è stato determinato considerando le composizioni e gli spessori di ciascun elemento opaco e trasparente, i ponti termici e in generale tutti gli elementi che concorrono alla determinazione delle dispersioni e dunque del fabbisogno in accordo alle Norme UNI TS 11300-1:2014 per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Gli impianti termici ed elettrici sono stati simulati considerando le caratteristiche dei vari sottosistemi impiantistici presenti, secondo quanto previsto dalle norme UNI TS 11300-2:2014, UNI TS 11300-3:2010, UNI TS 11300-4:2016, UNI TS 11300-5:2016 e UNI TS 11300-6:2016.

La creazione di un modello energetico dell'edificio oggetto della DE ha fornito come output un profilo di fabbisogno energetico valutato in condizioni standard di utilizzo dell'edificio come definite dal prospetto 2 della norma UNITS 11300 parte 1, considerando le temperature esterne come definite dalla norma UNI 10349:2016 e con una durata del periodo di riscaldamento come da DPR 74/2013.

Nella Tabella 6.1 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio.

Tabella 6.1 – Indicatori di performance energetica e ambientali ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo)

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| Globale non rinnovabile | EP _{gl,nren} | kWh/mq anno | 334,49 | 321,05 |
| Climatizzazione invernale | EP _H | kWh/mq anno | 272,99 | 271,49 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP _w | kWh/mq anno | 8,93 | 7,19 |
| Ventilazione | EP _v | kWh/mq anno | - | - |
| Raffrescamento | EP _c | kWh/mq anno | 2,14 | 1,73 |
| Illuminazione artificiale | EP _L | kWh/mq anno | 50,25 | 40,49 |
| Trasporto di persone e cose | EP _T | kWh/mq anno | 0,19 | 0,15 |
| Emissioni equivalenti di CO2 | CO _{2eq} | Kg/mq anno | 75,3 | 75,3 |

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.2.

Tabella 6.2 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo)

| FONTE ENERGETICA UTILIZZATA | CONSUMO | U.M. | CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-----------------------------|---------|------------------------|--|
| | | | [kWh/anno] |
| Gas Naturale | 135.281 | [m ³ /anno] | 1.338.069 |
| Energia Elettrica | 37.158 | [kWh/anno] | 72.458 |

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogno energetici risultati dal modello con i consumi energetici di baseline, secondo il seguente criterio di congruità:

$$\frac{|E_{teorico} - E_{baseline}|}{E_{teorico}} \times 100 \leq 5\%$$

Dove:

- $E_{teorico}$ è il fabbisogno teorico di energia dell’edificio, come calcolato dal software di simulazione;
 - Nel caso di consumo termico, $E_{teorico}$ è assunto pari al fabbisogno di energia per la combustione ($Q_{gn,in}$) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
 - Nel caso di consumo elettrico, $E_{teorico}$ è assunto pari al fabbisogno complessivo di energia elettrica prelevata dalla rete (EE_{in}) valutata come sommatoria dei contributi riportati nella Tabella 6.3;
- $E_{baseline}$ è il consumo energetico reale di baseline dell’edificio assunto rispettivamente pari al $Q_{baseline}$ e a $EE_{baseline}$

Tale criterio di congruità deve, pertanto, essere soddisfatto sia per il consumo termico, che per il consumo elettrico.

Tabella 6.3 – Elenco dei fabbisogni che contribuiscono alla valutazione del fabbisogno complessivo di energia elettrica prelevata dalla rete

| FABBISOGNO | Corrispondenza UNI TS 11300 [kWh/el] |
|--|---|
| Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS | $E_{W, aux, gn}$ |
| Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento | $E_{H, aux, gn}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione | $E_{ve,el} + E_{aux,e}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS) | $E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio | $E_{L,int}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione | $Q_{c,aux}$ |
| Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni) | $E_T + E_{altro}^{(1)}$ |
| Perdite al trasformatore | $E_{trasf}^{(1)}$ |
| Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili | $E_{exp,el}$ |

Nota (1) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNI TS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base del censimento delle utenze e del relativo tempo di utilizzo, rilevati in sede di sopralluogo.

6.1.1 Validazione del modello termico

A seguito della realizzazione del modello valutato secondo le modalità “Standard” di utilizzo (Asset Rating), si è provveduto ad effettuare una modellazione dell’edificio in modalità “Adattata all’utenza” (Tailored Rating) così come definita al prospetto 2 della UNI TS 11300-1:2014.

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell’edificio e le temperature interne rilevate durante il sopralluogo.

I valori effettivi di temperatura rilevati ed utilizzati all’interno della modellazione, e gli altri eventuali parametri che sono stati modificati rispetto alla condizione standard sono riportati nell’Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

Nella Tabella 6.4 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio in modalità “Adattata all’utenza”.

Tabella 6.4 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

| INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | U.M. | ENERGIA PRIMARIA TOTALE | ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE |
|-------------------------------------|----------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| Globale non rinnovabile | $EP_{gl,nren}$ | kWh/mq anno | 244,59 | 231,23 |
| Climatizzazione invernale | EP_H | kWh/mq anno | 183,18 | 181,74 |
| Produzione di acqua calda sanitaria | EP_w | kWh/mq anno | 8,93 | 7,19 |
| Ventilazione | EP_v | kWh/mq anno | - | - |
| Raffrescamento | EP_c | kWh/mq anno | 2,06 | 1,66 |
| Illuminazione artificiale | EP_L | kWh/mq anno | 50,25 | 40,49 |
| Trasporto di persone e cose | EP_T | kWh/mq anno | 0,19 | 0,15 |
| Emissioni equivalenti di CO2 | CO_{2eq} | Kg/mq anno | 57,28 ⁽¹⁾ | 57,28 ⁽¹⁾ |

Nota (1): i fattori utilizzati per il calcolo della produzione di CO₂ dal software di modellazione energetica sono 0,227 kgCO₂/kWh per il gas metano e 0,200 kgCO₂/kWh per l'energia elettrica.

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5.

Gli indicatori di performance energetica ricavati dai consumi di baseline (Tabelle 5.13 e 5.14) e quelli ricavati dalla modellazione in modalità adattata all'utenza (Tabella 6.4) non sono congruenti in quanto non è possibile eseguire una validazione del modello elettrico mediante il software per la modellazione energetica.

Il metodo utilizzato per la validazione del modello elettrico è riportato al paragrafo 6.1.2 Validazione del modello elettrico.

Tabella 6.5 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

| FONTE ENERGETICA UTILIZZATA | CONSUMO | CONSUMO |
|---------------------------------------|-----------|------------|
| | [mc/anno] | [kWh/anno] |
| Gas Naturale (modello termico) | 89.928 | 847.126 |
| Energia Elettrica (modello elettrico) | - | 72.342 |

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5.1.1 ed il fabbisogno teorico ($Q_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.6 – Validazione del modello energetico termico (valutazione adattata all'utenza)

| $Q_{teorico}$ | $Q_{baseline}$ | Congruità |
|---------------|----------------|-----------|
| [kWh /anno] | [kWh /anno] | [%] |
| 847.126 | 882.545 | 4,2 % |

Dall'analisi effettuata è emerso che il modello valutato in "Modalità adattata all'utenza" risulta validato.

6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($EE_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

Il dettaglio dei calcoli effettuati ai fini della definizione del modello elettrico è riportato nell'Allegato B – Elaborati.

Tabella 6.7 – Validazione del modello energetico elettrico (valutazione in modalità adattata all'utenza)

| EE _{teorico} | EE _{baseline} | Congruità |
|-----------------------|------------------------|-----------|
| [kWh/anno] | [kWh/anno] | [%] |
| 72.342 | 72.005 | 0,47 % |

Dall'analisi effettuata è emerso che il modello risulta validato.

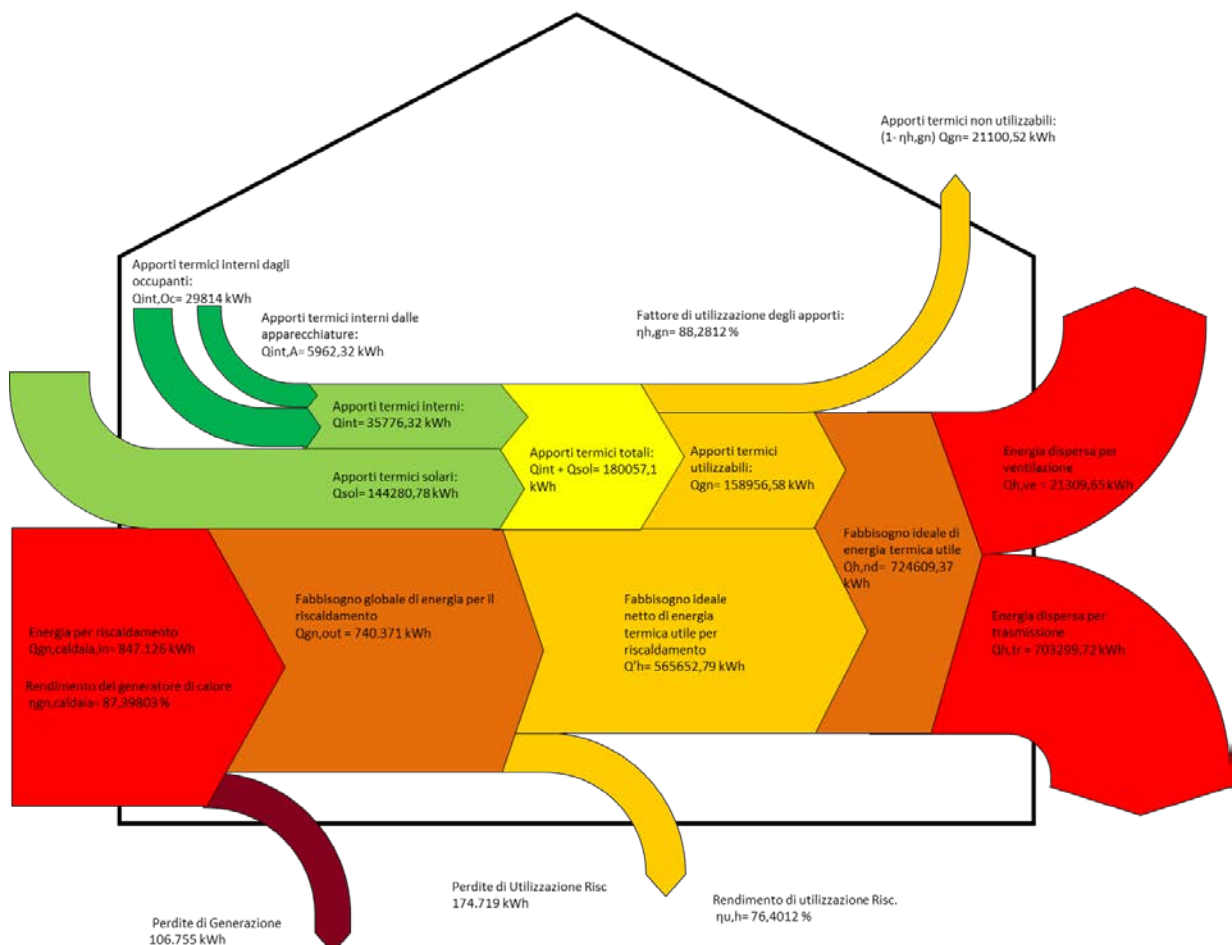
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti, si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio, in modo da valutare in maniera puntuale i consumi specifici, le criticità e gli interventi da considerare, sia per quanto riguarda il bilancio termico, sia per quanto riguarda il bilancio elettrico.

A conclusione della procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria, i risultati del bilancio energetico sono quindi stati rappresentati mediante diagrammi di Sankey.

I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1.

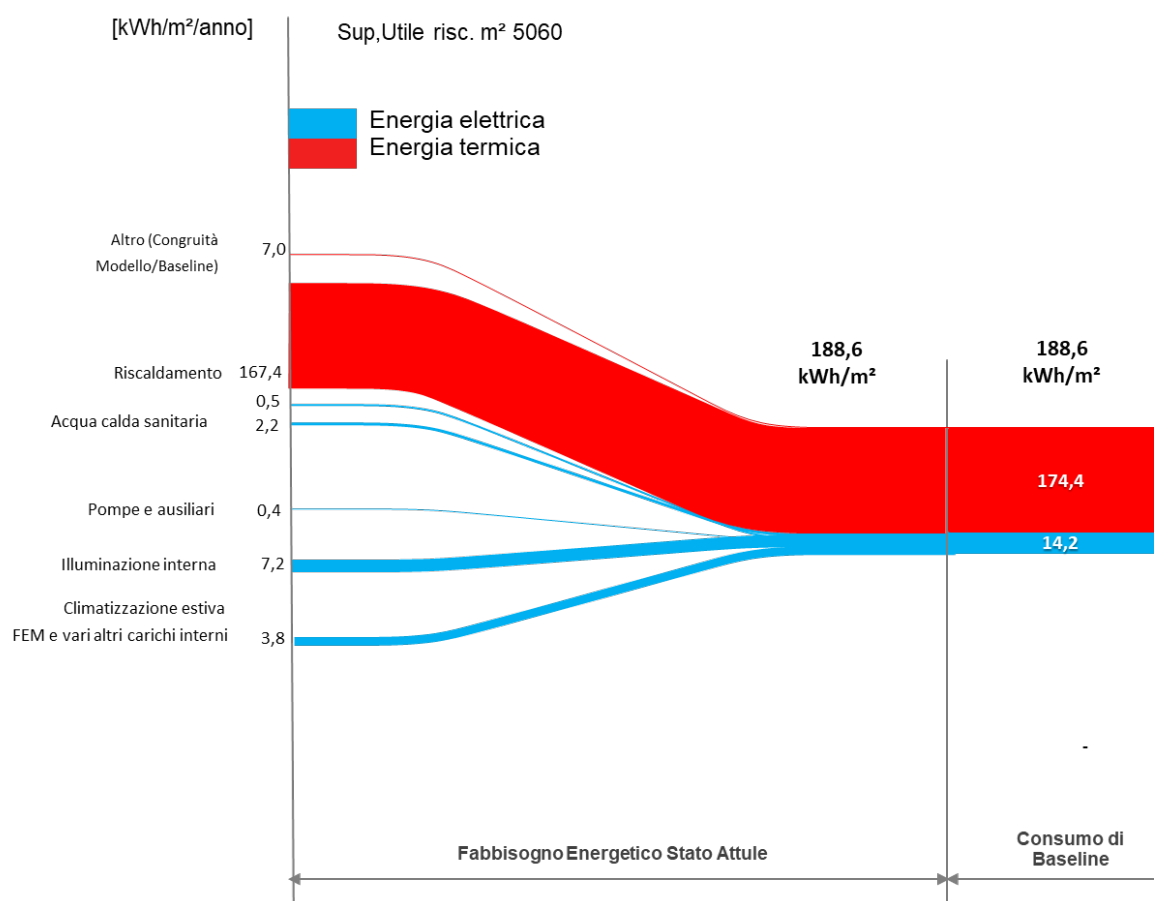
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che l’edificio oggetto di DE non presenta né energia recuperata nel sottosistema di generazione né energia termica da fonte rinnovabile. Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è 88,3% mentre il rendimento di utilizzazione del sistema di riscaldamento è pari a 76,4%.

E’ quindi possibile creare un bilancio energetico complessivo dell’edificio, riportato nella Figura 6.2.

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell’edificio



I consumi specifici rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

Il contributo definito come “Altro – Congruit ”   valutato in due modi differenti a seconda che i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati o meno rispetto alla Baseline.

Nel caso in cui i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati rispetto alla Baseline, i consumi specifici riportati nel diagramma vengono rappresentati come dei consumi normalizzati al baseline.

Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruit ” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

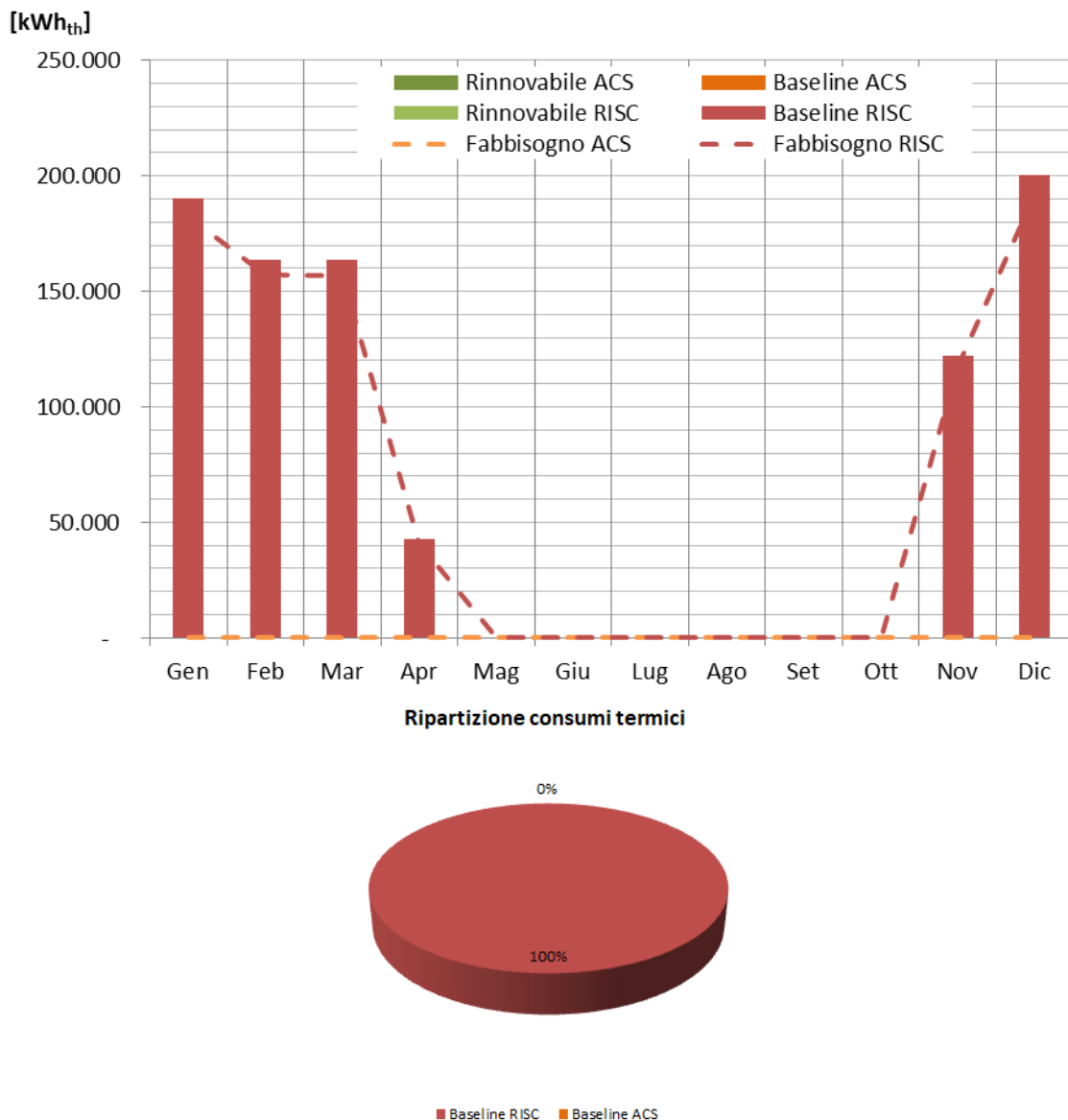
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio   possibile notare che il gas naturale   impiegato esclusivamente per il riscaldamento e che il principale utilizzo dell’energia elettrica risulta essere l’illuminazione interna.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE. Tale profilo può essere confrontato con il profilo mensile del che si otterrebbe tramite la normalizzazione dei consumi di Baseline attraverso l’utilizzo dei GG di riferimento di cui al Capitolo 3.1.

Il confronto tra i due profili è riportato in Figura 6.3.

Figura 6.3 – Confronto tra il profilo mensile del Baseline Termico e il profilo mensile dei GG rif



Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all’utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare esclusivamente tale utilizzo.

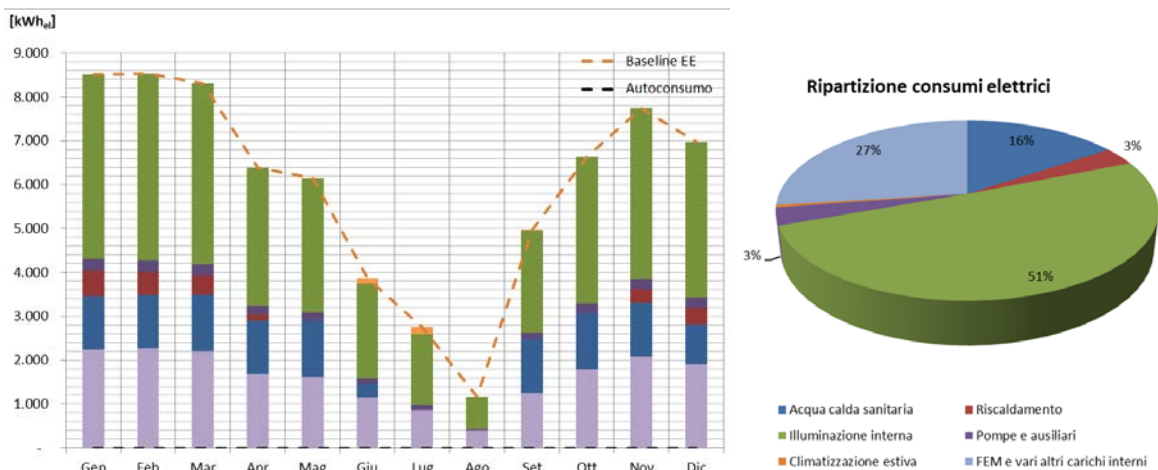
Anche relativamente all’analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

Si è inoltre effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione elettrica ed i profili mensili di Baseline.

Il dato di FEM è stato calcolato come prodotto tra la potenza elettrica complessiva delle apparecchiature elettriche e i relativi profili di utilizzo.

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

Figura 6.4 - Andamento mensile dei consumi elettrici ricavati dalla modellazione energetica, ripartiti tra i vari utilizzi



7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio riguarda le annualità per le quali sono stati rilevati i consumi storici, pertanto si assume come periodo di riferimento il triennio 2014 – 2015 – 2016.

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico riferito al PDR 3270049229971 avviene tramite un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico sia della conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione.

Il calcolo della tariffa è stato effettuato considerando come tipologia di classe del contatore il range G10-G40.

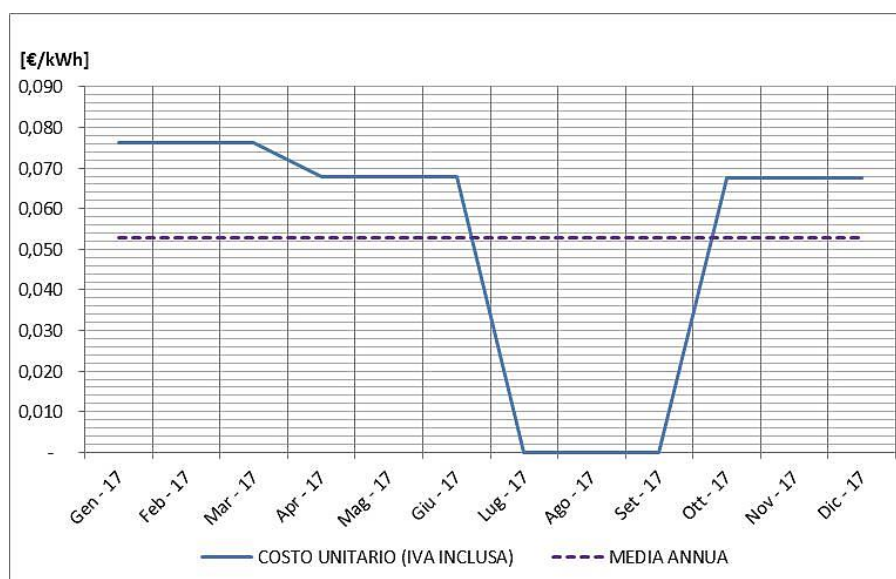
Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7.1 – Prezzo unitario mensile 2017

| ANNO 2017 | [€/kWh] |
|-------------------|---------------|
| Gen - 17 | 0,076 |
| Feb - 17 | 0,076 |
| Mar - 17 | 0,076 |
| Apr - 17 | 0,068 |
| Mag - 17 | 0,068 |
| Giu - 17 | 0,068 |
| Lug - 17 | - |
| Ago - 17 | - |
| Set - 17 | - |
| Ott - 17 | 0,068 |
| Nov - 17 | 0,068 |
| Dic - 17 | 0,068 |
| Media, CuQ | 0,0728 |

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti da ARERA.

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00096004 avviene tramite un contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.2 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.2 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

| POD: IT001E00096004 | 2014 | 2015 | 2016 |
|--|---|---|--|
| Indirizzo di fornitura | SALITA DI GRANAROLO, 24 - GENOVA | | |
| Dati di intestazione fattura | COMUNE DI GENOVA, Via Francia 1, 16124 Genova | COMUNE DI GENOVA – DIREZIONE PATRIMONIO, Via Francia 1, 16124 Genova; COMUNE DI GENOVA, VIA GARIBALDI 9, 16124 GENOVA | COMUNE DI GENOVA, VIA GARIBALDI 9, 16124 GENOVA |
| Società di fornitura | Edison | Edison; Gala | Gala; Iren Mercato |
| Inizio periodo fornitura | 01/01/2014 | 01/01/2015 ; 01/04/2015 | 01/01/2016 ; 31/04/2016 |
| Fine periodo fornitura | 31/12/2014 | 31/03/2015 ; 31/12/2015 | 31/04/2016 ; 31/12/2016 |
| Potenza elettrica impegnata | 60 kW | 60 kW | 38 kW |
| Potenza elettrica disponibile | 60 kW | 60 kW | 60 kW |
| Tipologia di contratto | Forniture in BT (escluso IP) | Forniture in BT (escluso IP) / Utenza altri usi | Utenza altri usi |
| Opzione tariffaria ⁽¹⁾ | Genova-2013-NEW | Genova-2013-NEW; CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA6 | CONSIP EE12 – Lotto 2 - Tariffa BTA6; CONSIP13 VERDE - L0390 |
| Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh] | 0,08 | 0,08 | 0,07 |

Nota (1) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (2): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Nella Tabella 7.3 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.3 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

| POD: IT001E00096004 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|------------------------|---------------|------------------|------------------|------------|--------------|---------------|-------------------|---------------------------------|
| | FISSA | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | |
| ANNO 2014 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen - 14 | 691 | 106 | 801 | 111 | 171 | 1.880 | 8.870 | 0,212 |
| Feb - 14 | 662 | 109 | 757 | 103 | 163 | 1.794 | 8.279 | 0,217 |
| Mar - 14 | 636 | 107 | 745 | 102 | 159 | 1.748 | 8.126 | 0,215 |
| Apr - 14 | 450 | 102 | 575 | 72 | 120 | 1.318 | 5.722 | 0,230 |
| Mag - 14 | 457 | 103 | 566 | 74 | 120 | 1.320 | 5.914 | 0,223 |
| Giu - 14 | 331 | 77 | 445 | 55 | 91 | 998 | 4.361 | 0,229 |
| Lug - 14 | 242 | 53 | 320 | 40 | 65 | 720 | 3.231 | 0,223 |
| Ago - 14 | 86 | 21 | 132 | 15 | 25 | 280 | 1.228 | 0,228 |
| Set - 14 | 394 | 84 | 517 | 64 | 106 | 1.165 | 5.145 | 0,226 |
| Ott - 14 | 483 | 93 | 619 | 78 | 127 | 1.401 | 6.260 | 0,224 |
| Nov - 14 | 555 | 109 | 722 | 92 | 148 | 1.626 | 7.351 | 0,221 |
| Dic - 14 | 522 | 105 | 702 | 88 | 142 | 1.559 | 7.070 | 0,221 |
| Totale | 5.508 | 1.069 | 6.900 | 894 | 1.437 | 15.809 | 71.557 | 0,221 |

| POD: IT001E00096004 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|------------------------|---------------|------------------|------------------|------------|--------------|---------------|-------------------|---------------------------------|
| | FISSA | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | |
| ANNO 2015 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen - 15 | 696 | - | 767 | 103 | 157 | 1.722 | 8.215 | 0,210 |
| Feb - 15 | 704 | - | 794 | 107 | 161 | 1.766 | 8.573 | 0,206 |
| Mar - 15 | 683 | - | 791 | 108 | 158 | 1.740 | 8.606 | 0,202 |
| Apr - 15 | 240 | - | 375 | 52 | 67 | 733 | 6.584 | 0,111 |
| Mag - 15 | 258 | - | 411 | 58 | 73 | 799 | 5.909 | 0,135 |
| Giu - 15 | 238 | - | 392 | 55 | 69 | 754 | 4.141 | 0,182 |
| Lug - 15 | 215 | - | 362 | 49 | 63 | 688 | 3.291 | 0,209 |
| Ago - 15 | 409 | - | 410 | 56 | 87 | 962 | 1.623 | 0,593 |
| Set - 15 | - 196 | - | 413 | 57 | 27 | 301 | 4.463 | 0,067 |
| Ott - 15 | 216 | - | 432 | 57 | 70 | 775 | 7.062 | 0,110 |
| Nov - 15 | 608 | - | 439 | 58 | 111 | 1.216 | 8.271 | 0,147 |
| Dic - 15 | 1.031 | - | 1.001 | 116 | 215 | 2.363 | 6.885 | 0,343 |
| Totale | 5.102 | - | 6.587 | 873 | 1.256 | 13.819 | 73.623 | 0,188 |

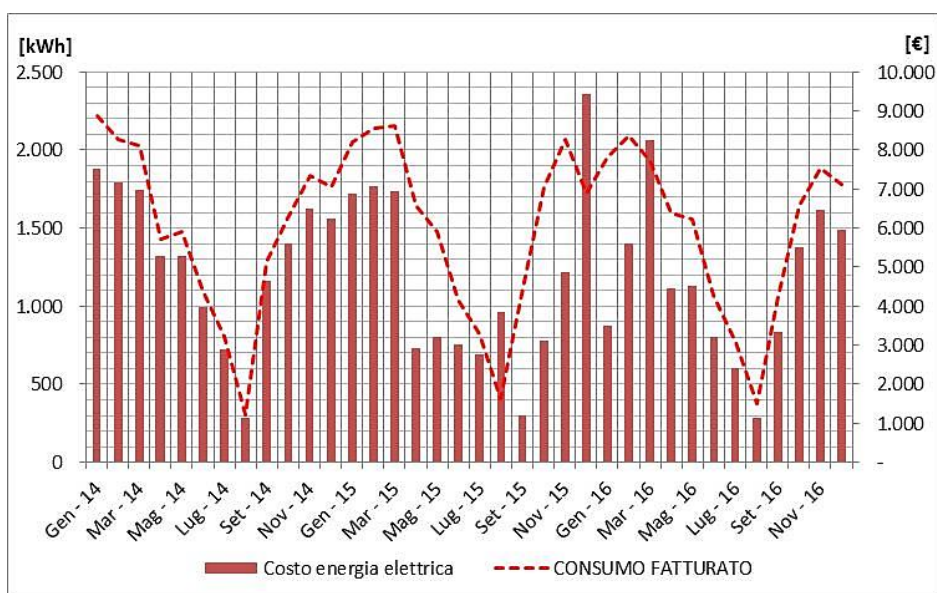
| POD: IT001E00096004 | QUOTA ENERGIA | ONERI DI SISTEMA | ONERI DI SISTEMA | IMPOSTE | IVA | TOTALE | CONSUMO FATTURATO | COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) |
|------------------------|------------------|---------------------|---------------------|------------|--------------|---------------|----------------------|--|
| | | PARTE FISSA | PARTE VARIABILE | | | | | |
| ANNO 2016 | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] | [KWH] | [€/kWh] |
| Gen - 16 | 246 | - | 478 | 69 | 79 | 873 | 7.815 | 0,112 |
| Feb - 16 | 366 | - | 798 | 108 | 127 | 1.399 | 8.369 | 0,167 |
| Mar - 16 | 807 | - | 948 | 122 | 188 | 2.065 | 7.729 | 0,267 |
| Apr - 16 | 334 | 156 | 447 | 80 | 102 | 1.117 | 6.384 | 0,175 |
| Mag - 16 | 355 | 157 | 437 | 78 | 103 | 1.130 | 6.239 | 0,181 |
| Giu - 16 | 256 | 119 | 303 | 53 | 73 | 803 | 4.265 | 0,188 |
| Lug - 16 | 222 | 68 | 222 | 39 | 55 | 605 | 3.083 | 0,196 |
| Ago - 16 | 96 | 31 | 114 | 19 | 26 | 286 | 1.493 | 0,191 |
| Set - 16 | 307 | 101 | 300 | 53 | 76 | 838 | 4.237 | 0,198 |
| Ott - 16 | 535 | 170 | 462 | 82 | 125 | 1.374 | 6.577 | 0,209 |
| Nov - 16 | 673 | 177 | 526 | 94 | 147 | 1.617 | 7.527 | 0,215 |
| Dic - 16 | 586 | 183 | 498 | 89 | 136 | 1.493 | 7.118 | 0,210 |
| Totale | 4.783 | 1.163 | 5.532 | 885 | 1.236 | 13.600 | 70.836 | 0,192 |

Nel grafico in Figura 7.2 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

Figura 7.2 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017



Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue l'andamento dei consumi di energia elettrica, minori nel periodo estivo e maggiori nel periodo invernale.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

La valutazione dei costi consente l'individuazione delle tariffe utili – intese come costi unitari o complessivi al netto della sola IVA – per la realizzazione dell'analisi costi-benefici.

Nella Tabella 7.4 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.4 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

| ANNO | VETTORE TERMICO | | | VETTORE ELETTRICO | | |
|-------|-----------------|------|---------|-------------------|--------|---------|
| | [kWh] | [€] | [€/kWh] | [kWh] | [€] | [€/kWh] |
| 2014 | 894.599 | n.d. | n.d. | 71.557 | 15.809 | 0,22 |
| 2015 | 785.195 | n.d. | n.d. | 13.056 | 13.819 | 0,19 |
| 2016 | 864.323 | n.d. | n.d. | 13.983 | 13.570 | 0,19 |
| Media | 848.039 | n.d. | n.d. | 32.865 | 14.399 | 0,20 |

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono assunti i valori di riportati nella Tabella 7.5.

Tabella 7.5 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

| Definizione | | Valore | U.M. |
|---------------------------------------|------------------------------|------------------|---------------|
| Costo unitario dell'energia termica | Valore ARERA scontato del 5% | Cu _Q | 0,073 [€/kWh] |
| Costo unitario dell'energia elettrica | Valore ARERA scontato del 5% | Cu _{EE} | 0,192 [€/kWh] |

Tutti i costi indicati sono da considerarsi al lordo dell'IVA.

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

Il contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico definisce per l'edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa ai seguenti impianti:

- L1-042-114: servizio SIE3

Facendo riferimento al capitolo 5 del Capitolato Tecnico della convenzione per l'affidamento del servizio integrato energia per le pubbliche amministrazioni ai sensi dell'art. 26 legge n. 488/1999 e s.m.i. e dell'art. 58 legge n. 388/2000, dove sono descritte nel dettaglio le caratteristiche del servizio di "Gestione, Conduzione e Manutenzione", si deduce che i servizi compresi all'interno della componente manutentiva riguardano:

- 1) Gestione e conduzione degli impianti, comprensivo del servizio di terzo responsabile;
- 2) Manutenzione ordinaria degli impianti:
 - Manutenzione Preventiva,
 - Manutenzione Correttiva a guasto (con servizio di reperibilità e pronto intervento);
- 3) Manutenzione straordinaria:
 - Interventi di adeguamento normativo;
 - Interventi di riqualificazione energetica.

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 97.940 €.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.1 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.9 \times C_M \end{aligned}$$

Nel caso di impianti su cui è attivo il Servizio A all'interno del vigente contratto SIE3, i costi di manutenzione C_M sono stimati come segue:

$$C_M = C_{SIE3} - C_Q ;$$

e sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.21 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.79 \times C_M \end{aligned}$$

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.6.

Tabella 7.6 – Valori di costo manutentivi individuati per il calcolo della Baseline

| Definizione | | Valore | U.M. |
|--|---|-----------------|----------|
| Costo per la gestione e manutenzione ordinaria | Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere | C_{MO} 26.634 | [€/anno] |
| Costo per la manutenzione straordinaria | Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici | C_{MS} 7.080 | [€/anno] |

Tutti i costi indicati sono da considerarsi al lordo dell'IVA.

7.4 BASELINE DEI COSTI

I costi unitari dei vettori energetici precedentemente individuati devono essere moltiplicati per i consumi normalizzati di baseline, al fine di definire la baseline dei costi energetici, che verrà utilizzata per la definizione dei risparmi economici conseguibili a seguito della realizzazione delle EEM proposte.

La Baseline dei Costi è quindi definita come la somma della componente di costo di riferimento per la fornitura dei vettori energetici pre-intervento e la componente di costo di riferimento per la gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria pre-intervento.

Per la componente energetica vale la seguente formula:

$$C_E = Q_{baseline} \times Cu_Q + EE_{baseline} \times Cu_{EE}$$

La Baseline dei Costi per il sistema edificio/impianti pre-intervento è pertanto uguale a:

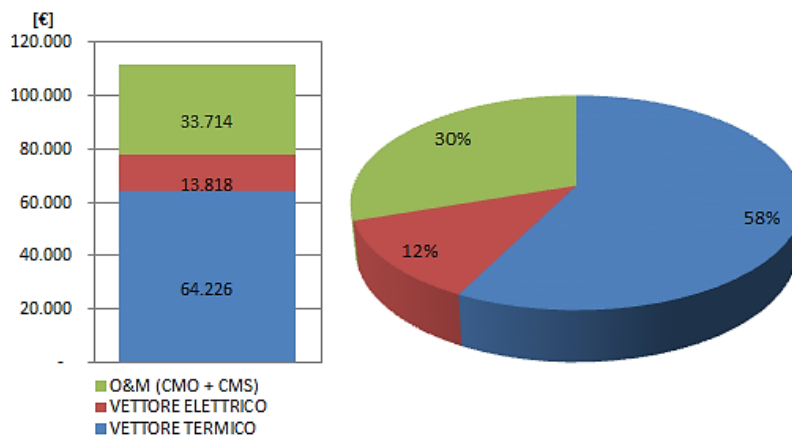
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a 78.044 € e un $C_{baseline}$ pari a 111.758 €.

Tabella 7.7 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

| VETTORE TERMICO | | | VETTORE ELETTRICO | | | | O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | | TOTALE |
|-----------------|---------|--------|-------------------|-----------|----------|--------|---------------------------|----------|----------------------|
| $Q_{baseline}$ | Cu_Q | C_Q | $EE_{baseline}$ | Cu_{EE} | C_{EE} | C_M | C_{MO} | C_{MS} | $C_Q + C_{EE} + C_M$ |
| [kWh] | [€/kWh] | [€] | [kWh] | [€/kWh] | [€] | [€] | [€] | [€] | [€] |
| 882.545 | 0,073 | 64.226 | 72.005 | 0,192 | 13.818 | 33.714 | 26.634 | 7.080 | 111.758 |

Figura 7.4 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione di tutti i serramenti a vetro singolo e l'installazione delle valvole termostatiche sui radiatori.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento permette la diminuzione delle dispersioni attraverso i serramenti e gli spifferi esistenti e un netto miglioramento del comfort interno e della sicurezza.

Serramenti in PVC vetro doppio basso emissivo con trasmittanza complessiva pari a 1,5 W/m²K.

Infissi in pvc con sistema a giunto aperto, permeabilità all'aria secondo norma EN 12207, tenuta alla pioggia battente secondo norma EN 12208, resistenza al vento secondo la norma EN 12210.

Vetrocamera costituito da due lastre antieffrazione e anticaduta; una lastra è rifinita con uno speciale trattamento basso-emissivo che garantisce un elevato isolamento termico. L'intercapedine tra i vetri è riempita con argon.

La valvola termostatica è una valvola la cui apertura è proporzionale alla differenza fra la temperatura impostata dall'utente sul sensore di temperatura chiamato testa termostatica e la temperatura ambiente misurata.

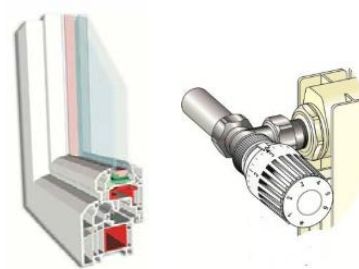
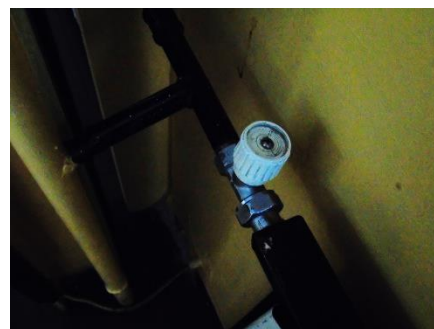
Lo scopo della valvola termostatica è mantenere la temperatura ambiente pari a quella impostata sulla testa termostatica, perciò quando la temperatura ambiente è uguale alla temperatura impostata, la valvola regola in chiusura.

Descrizione dei lavori

SERRAMENTI

Inserire nell'opera muraria un'apposita controcassa, su misura da progetto. Successivamente effettuare l'installazione del serramento completo di ferramenta, guarnizioni e vetro per garantire il corretto isolamento termico e acustico. Il piano di separazione tra clima ambiente e clima esterno sarà realizzato in modo da garantire la protezione del giunto dal clima ambiente. Il rispetto di questo requisito viene assicurato dall'esecuzione in forma di barriera al vapore (nastri di tenuta, sigillanti, membrane impermeabili). Grazie alla sigillatura esterna, il piano di protezione dagli agenti atmosferici nella zona di raccordo correrà sulla

Figura 8.1 - Particolare serramenti da sostituire e delle attuali valvole dei radiatori, prive di testina termostatica



superficie esterna della costruzione. I fissaggi dovranno trasmettere all'edificio, con la necessaria sicurezza, tutte le forze che agiscono a livello della finestra, tenendo conto dei movimenti che intervengono nella zona di raccordo. Nella fase di progettazione valutare le condizioni della struttura esistente, il rilevamento delle forze agenti nella zona di raccordo e dei movimenti che interessano tale zona. A seguito di tale analisi verranno scelti i punti e gli elementi di fissaggio.

L'installazione del profilo tramite viti autofilettanti in acciaio, garantirà il diretto fissaggio tra i componenti edilizi, aumentato ulteriormente dall'inserimento di schiuma poliuretanica negli spazi rimanenti, materiale che permette il continuo assestamento del serramento.

VALVOLE TERMOSTATICHE

Fasi di installazione:

1. Scollegamento del radiatore dal vecchio corpo valvola esistente e dal circuito di riscaldamento.
2. Eliminazione dei raccordi dai tubi del circuito.
3. Montaggio della nuova valvola sul tubo di mandata, e del nuovo detentore sul tubo di ritorno.
4. Montaggio dei nuovi codoli di raccordo alle estremità.
5. Ricollegamento del radiatore ai tubi del circuito

Prestazioni raggiungibili

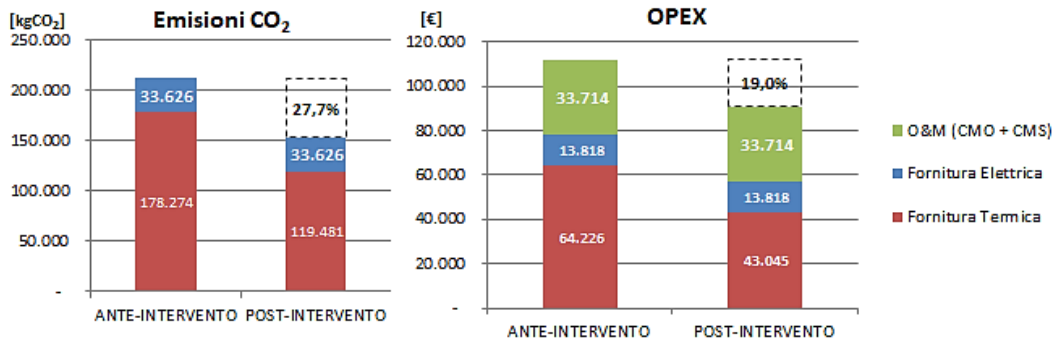
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Trasmittanza | [W/m ² K] | 6,98 | 1,5 | 78,5% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 847.126 | 567.753 | 33,0% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 72.342 | 72.342 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 882.545 | 591.491 | 33,0% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 72.005 | 72.005 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 178.274 | 119.481 | 33,0% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 33.626 | 33.626 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 211.900 | 153.108 | 27,7% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 64.226 | 43.045 | 33,0% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 13.818 | 13.818 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 78.044 | 56.863 | 27,1% |
| C _{MO} | [€] | 26.634 | 26.634 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 7.080 | 7.080 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 33.714 | 33.714 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 111.758 | 90.577 | 19,0% |
| Classe energetica | [-] | F | E | +1 classe |

Nota: i fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,192 [€/kWh]

Figura 8.2 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

EEM2: isolamento dall'esterno della copertura piana

Generalità

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all'estradosso della copertura piana al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura orizzontale opaca conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Il sistema comporta l'applicazione al di sopra della struttura esistente, di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile ed infine e di una eventuale protezione del manto stesso.

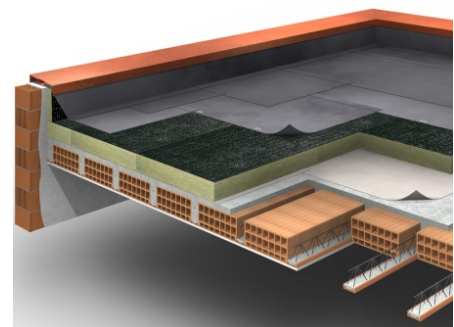
Figura 8.3 - Particolare copertura piana su cui intervenire



Caratteristiche funzionali e tecniche

Questo tipo di soluzione prevede che l'elemento di tenuta sia posto al di sopra dell'elemento termoisolante realizzando così una copertura continua. È molto importante in questo caso la scelta della membrana impermeabile in quanto, essendo a contatto con gli agenti atmosferici, deve resistere con successo alle sollecitazioni termiche e meccaniche (vento).

La protezione dell'elemento termoisolante dall'umidità proveniente dagli ambienti sottostanti mediante barriera al vapore consente al materiale coibente di mantenere le sue caratteristiche di resistenza alla trasmissione del calore.



Lana di roccia ad alta resistenza meccanica, conduttività termica λ **0,037 W/mK**, 150 kg/m^3

Spessore isolante: 16 cm

Descrizione dei lavori

L'intervento è così articolato:

- verifica della planarità della superficie destinata a ricevere la barriera al vapore ed eliminazione di eventuali asperità;
- posa della barriera al vapore;
- posa a secco dei pannelli isolanti in un unico strato sfalsati, avendo cura di accostarli perfettamente fra loro per non creare ponti termici in corrispondenza dei giunti: si utilizzano, per questo, pannelli con bordi perimetrali a battente;
- stesura dello strato di separazione costituito da un tessuto non tessuto in poliestere
- posa del manto impermeabile
- posa di un eventuale strato di protezione della membrana impermeabile

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2: isolamento della copertura piana e nella Figura 8.4.

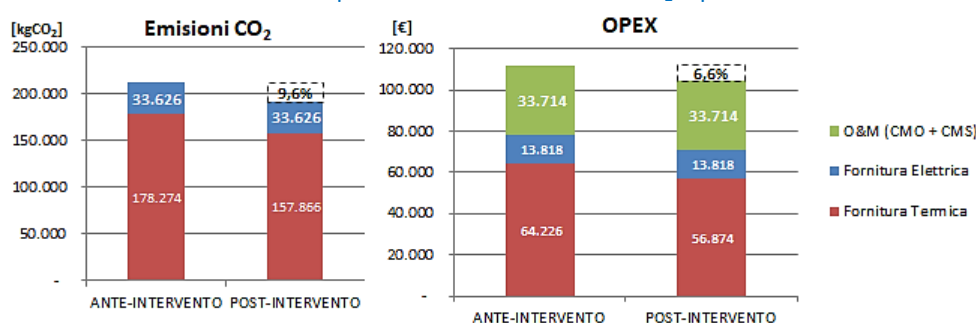
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2: isolamento della copertura piana

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Trasmittanza | [W/m ² K] | 2,768 | 0,213 | 92,3% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 847.126 | 750.149 | 11,4% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 72.342 | 72.342 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 882.545 | 781.513 | 11,4% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 72.005 | 72.005 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 178.274 | 157.866 | 11,4% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 33.626 | 33.626 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 211.900 | 191.492 | 9,6% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 64.226 | 56.874 | 11,4% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 13.818 | 13.818 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 78.044 | 70.691 | 9,4% |
| C _{MO} | [€] | 26.634 | 26.634 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 7.080 | 7.080 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 33.714 | 33.714 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 111.758 | 104.405 | 6,6% |
| Classe energetica | [-] | F | E | +1 classe |

Nota: i fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,192 [€/kWh]

Figura 8.4 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM3: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca

Generalità

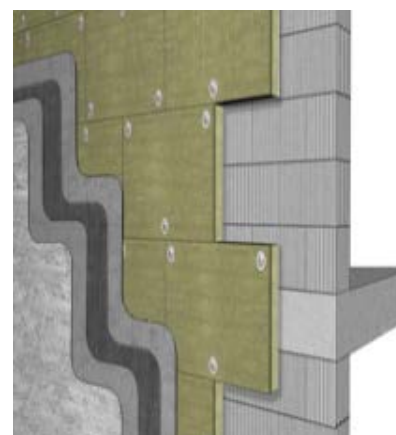
La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante con sistema a cappotto sulla chiusura verticale opaca dell'intero edificio al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Figura 8.5 – Particolare della facciata da isolare esposta a nord



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'isolamento a cappotto consiste nell'applicazione di uno strato di materiale coibente sulle pareti perimetrali verticali all'esterno dell'edificio, in modo da ridurre considerevolmente la dispersione di calore attraverso l'involucro. L'isolamento a cappotto presenta gli ulteriori vantaggi di annullare l'effetto di dissipazione dei ponti termici e di aumentare il comfort interno dell'edificio, grazie ad un innalzamento delle temperature superficiali delle facciate interne.



Lana di roccia, conduttività termica lambda **0,037 W/mK**, 150 kg/m³

Spessore isolante: 12 cm

Descrizione dei lavori

Per eseguire una posa del cappotto a regola d'arte è necessario, in primo luogo, fissare al muro, tramite tasselli ad espansione, le basi di partenza. Per la posa del cappotto termico è necessario inoltre selezionare un collante per cappotto idoneo per isolamento termico a cappotto: il collante per cappotto termico si applica con il sistema a cordolo e tre punti centrali, oppure su supporti complanari, con il sistema del collaggio totale con spatola in acciaio inox dentata. Il collante deve ricoprire almeno il 40% della superficie totale del pannello isolante.

Per eseguire correttamente il cappotto termico, durante la posa del cappotto i pannelli isolanti per cappotto devono essere posati a "mattoncino", sfalsati di almeno 25 cm partendo dal basso verso l'alto. Eventuali giunti aperti tra le lastre, durante la posa del cappotto termico, dovranno essere colmati con adeguata schiuma espansa.

I tasselli per l'ancoraggio meccanico, dove necessari, devono essere applicati a due o tre giorni di distanza dalla posa dei pannelli. La tipologia di tassello per la corretta posa del cappotto termico va scelta in base al tipo di supporto su cui si andrà a posare il cappotto termico.

Dopo un periodo di tre/quattro giorni, si applica una prima rasatura di adesivo rasante.

La posa del cappotto termico prevede poi di applicare il primer, una volta che il rasante si è asciugato. Il rivestimento della facciata deve essere di 1,2 o 1,5 millimetri e deve essere applicato con temperature e umidità idonee, di colore chiaro, usando prodotti vernicianti con indice di riflessione superiore al 25%.

La posa del cappotto termico si conclude infine con l'applicazione di accessori dedicati quali il nastro autoespandente, il profilo per davanzale, giunti di dilatazione.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3: isolamento dall’esterno a cappotto della chiusura verticale opaca e nella Figura 8.6.

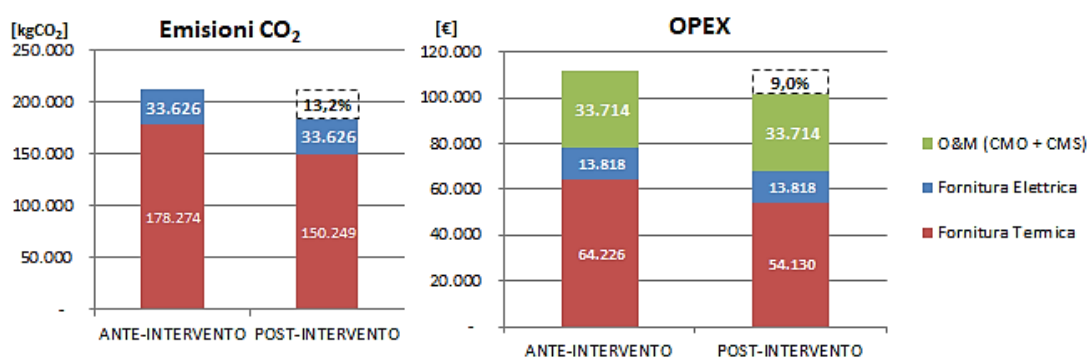
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3: isolamento dall’esterno a cappotto della chiusura verticale opaca

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Trasmittanza | [W/m ² K] | 1,445 | 0,254 | 82,4% |
| Q _{teorico} | [kWh] | 847.126 | 713.958 | 15,7% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 72.342 | 72.342 | 0,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 882.545 | 743.809 | 15,7% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 72.005 | 72.005 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 178.274 | 150.249 | 15,7% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 33.626 | 33.626 | 0,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 211.900 | 183.876 | 13,2% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 64.226 | 54.130 | 15,7% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 13.818 | 13.818 | 0,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 78.044 | 67.948 | 12,9% |
| C _{MO} | [€] | 26.634 | 26.634 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 7.080 | 7.080 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 33.714 | 33.714 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 111.758 | 101.661 | 9,0% |
| Classe energetica | [-] | F | E | +1 classe |

Nota: i fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,912 [€/kWh]

Figura 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM4: sostituzione dei generatori di calore obsoleti con caldaie a condensazione e installazione di valvole termostatiche e di pompe a giri variabili

Generalità

CALDAIA A CONDENSAZIONE

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione dei generatori di calore di tipo tradizionale con nuovi generatori a condensazione omologati quattro stelle e contestuale installazione di circolatori ad inverter in classe "A", di un sistema di regolazione primario efficiente e di valvole termostatiche su ciascun corpo scaldante.

Le caldaie a condensazione garantiranno temperature di mandata compatibili con la temperatura esterna di progetto riferita al comune di Genova e con il sistema di distribuzione ed emissione esistenti.

Per migliorare la distribuzione del calore si prevede la sostituzione dei vecchi circolatori esistenti con nuove elettropompe ad inverter a portata variabile.

La regolazione della temperatura nel sistema di distribuzione secondaria avverrà grazie a valvole miscelatrici comandate da servomotori modulanti gestite dalla centralina climatica della caldaia.

VALVOLE TERMOSTATICHE

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche su ciascun corpo scaldante.

Su ciascun corpo scaldante verranno sostituite le valvole ed i detentori per permettere l'installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

POMPE A PORTATA VARIABILE

La misura prevede la sostituzione degli attuali circolatori di mandata dell'impianto di riscaldamento con due pompe singole a giri variabili.

Figura 8.7 – Sistema di generazione obsoleto da sostituire



Figura 8.8 – Particolare sistema di emissione



Figura 8.9 – Particolare sistema di distribuzione



Caratteristiche funzionali e tecniche

CALDAIA A CONDENSAZIONE

La caldaia a condensazione da installarsi sarà del tipo a grande accumulo per limitare il numero di accensioni ed il pendolamento dell'impianto termico. Vista la vetustà dell'impianto termico si provvederà all'installazione di uno scambiatore di calore a pacco alettato smontabile. Si creerà quindi un circuito primario con circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della caldaia. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la caldaia e lo scambiatore mantenendo costante la differenza di temperatura tra mandata e ritorno al variare del carico termico.

La temperatura e gli orari di funzionamento dei circuiti di distribuzione secondari verranno gestite da una centralina climatica che, in funzione della temperatura esterna agirà sui servomotori delle valvole miscelatrici regolando le temperature dei vari circuiti in funzione delle temperature di mandata rilevate.

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione sulle pompe di circolazione consentirà di modificare l'effettiva portata dei circuiti in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consentirà primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter su ogni circolatore permetterà all'impianto di adattarsi alla curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo valvole e sonde per la gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dalle apparecchiature installate.

VALVOLE TERMOSTATICHE

La valvola termostatica è una valvola la cui apertura è proporzionale alla differenza fra la temperatura impostata dall'utente sul sensore di temperatura chiamato testa termostatica e la temperatura ambiente misurata.

Lo scopo della valvola termostatica è mantenere la temperatura ambiente pari a quella impostata sulla testa termostatica, perciò quando la temperatura ambiente è uguale alla temperatura impostata, la valvola regola in chiusura.

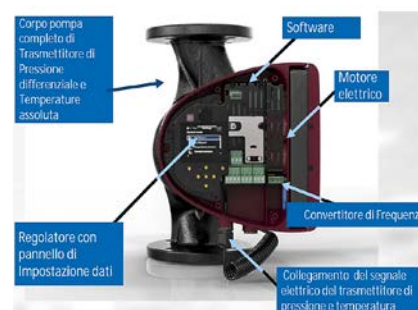


POMPE A PORTATA VARIABILE

In qualunque edificio, le richieste di riscaldamento cambiano continuamente a causa di diversi fattori, tra cui:

- temperatura ambientale;
- cambi di stagione;
- attività umana;
- presenza di altre fonti di calore.

Sia i circolatori a velocità fissa sia quelli a velocità variabile possono soddisfare le richieste di riscaldamento. Lo fanno, però, in modi molto diversi.



Nei sistemi dotati di circolatori a velocità fissa, come quello attualmente installato, la pressione aumenta con il diminuire della portata; è richiesta una valvola bypass di pressione differenziale per ridurre la pressione a carico parziale; il motore funziona sempre alla velocità massima. I circolatori a velocità variabile adattano invece automaticamente la velocità alle continue richieste, consentendo

quindi un risparmio energetico.

L'intervento si esegue sempre in presenza di valvole termostatiche a due vie. La chiusura delle valvole termostatiche, infatti, comporta una riduzione della portata idraulica, di conseguenza una pompa di circolazione a giri fissi si troverebbe a lavorare con prevalenze elevatissime. Una pompa a giri variabili è, invece, in grado, attraverso un differenziale di pressione, di percepire la graduale riduzione della portata, causata dalla proporzionale chiusura delle valvole termostatiche, e quindi ridurre il numero di giri, attraverso un inverter, con limitazione della prevalenza data al circuito idraulico. Le pompe a inverter possono funzionare a pressione costante o proporzionale. La scelta e la programmazione dipendono dalle esigenze idrauliche dell'impianto di riscaldamento.

Descrizione dei lavori

CENTRALE TERMICA

I lavori consistono nello smantellamento dei generatori di calore, delle pompe, della valvola miscelatrice e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verranno installati i nuovi generatori di calore con lo scambiatore e realizzato il circuito primario. Allo scambiatore verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici. Al completamento verranno installati i dispositivi di controllo (termometri, manometri), regolazione (servomotori, sonde) e sicurezza (vasi di espansione, ecc.).

Terminata l'installazione idraulica si provvederà al cablaggio elettrico delle varie apparecchiature e delle centraline di regolazione. La fase terminale comporterà la regolazione, il controllo di funzionamento e l'ottimizzazione del sistema.



VALVOLE TERMOSTATICHE

Fasi di installazione:

1. Scollegamento del radiatore dal vecchio corpo valvola esistente e dal circuito di riscaldamento.
2. Eliminazione dei raccordi dai tubi del circuito.
3. Montaggio della nuova valvola sul tubo di mandata, e del nuovo detentore sul tubo di ritorno.
4. Montaggio dei nuovi codoli di raccordo alle estremità.
5. Ricollegamento del radiatore ai tubi del circuito

POMPA A PORTATA VARIABILE

Fasi di installazione:

1. Svotamento dell'impianto di riscaldamento.
2. Dopo aver tolto l'alimentazione elettrica e protetto i dispositivi elettrici sottostanti dall'eventuale fuoriuscita d'acqua, scollegamento del cavo di alimentazione del circolatore esistente.
3. Inserimento del nuovo circolatore.
4. Esecuzione dei collegamenti elettrici.
5. Se l'impianto è dotato di una valvola di non ritorno, verifica della pressione di mandata minima impostata (che sia superiore alla pressione di chiusura della valvola di regolazione)

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 e nella Figura 8.10.

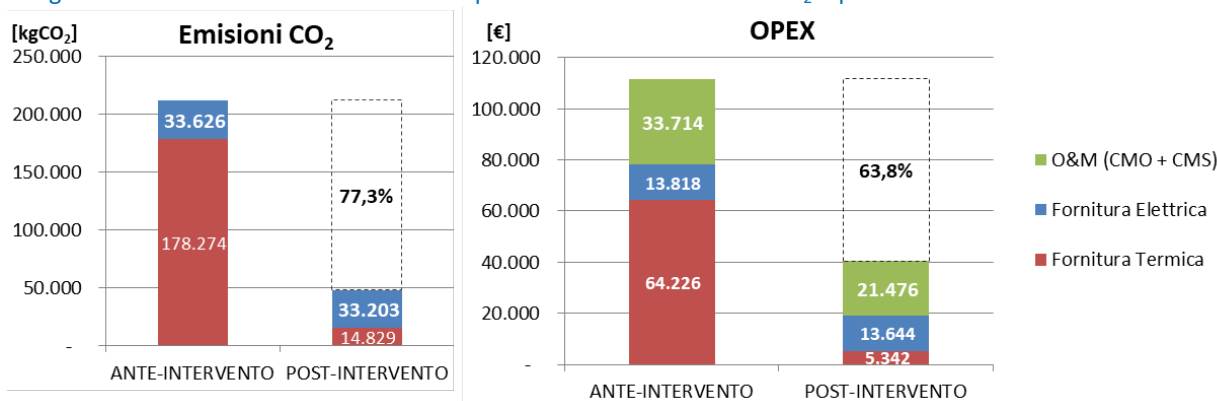
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Rendimento di generazione | [%] | 87 | 102 | -17,2% |
| $Q_{teorico}$ | [kWh] | 847.126 | 70.465 | 91,7% |
| $EE_{teorico}$ | [kWh] | 72.342 | 71.432 | 1,3% |
| $Q_{baseline}$ | [kWh] | 882.545 | 73.411 | 91,7% |
| $EE_{Baseline}$ | [kWh] | 72.005 | 71.099 | 1,3% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 178.274 | 14.829 | 91,7% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 33.626 | 33.203 | 1,3% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 211.900 | 48.032 | 77,3% |
| Fornitura Termica, C_Q | [€] | 64.226 | 5.342 | 91,7% |
| Fornitura Elettrica, C_{EE} | [€] | 13.818 | 13.644 | 1,3% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 78.044 | 18.986 | 75,7% |
| C_{MO} | [€] | 26.634 | 18.644 | 30,0% |
| C_{MS} | [€] | 7.080 | 1.416 | 60,0% |
| O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | [€] | 33.714 | 21.476 | 36,3% |
| OPEX | [€] | 111.758 | 40.462 | 63,8% |
| Classe energetica | [-] | F | E | +1 classe |

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh] I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,192 [€/kWh]

Nota (2) La riduzione del 36,3% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 8.10 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Nessuna EEM prevista in quanto il consumo dell'acqua calda sanitaria risulta poco significativo rispetto al totale dei consumi e non si ritiene pertanto conveniente applicare misure di efficientamento energetico in termini di costi-benefici.

8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Nessuna EEM prevista perché l'impianto di ventilazione e climatizzazione estiva non è presente.

8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

Nessuna EEM prevista in quanto per l'impianto di illuminazione esistente non sono state rilevate particolari criticità e non è stato ritenuto conveniente applicare misure di efficientamento energetico in termini di costi-benefici.

8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM5: installazione di impianto fotovoltaico

Generalità

Realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a **28,60 kWp** sulla copertura piana dell'edificio.

Produzione di circa **31.070 kWh** annui distribuiti su una superficie di 192,50 m² circa.

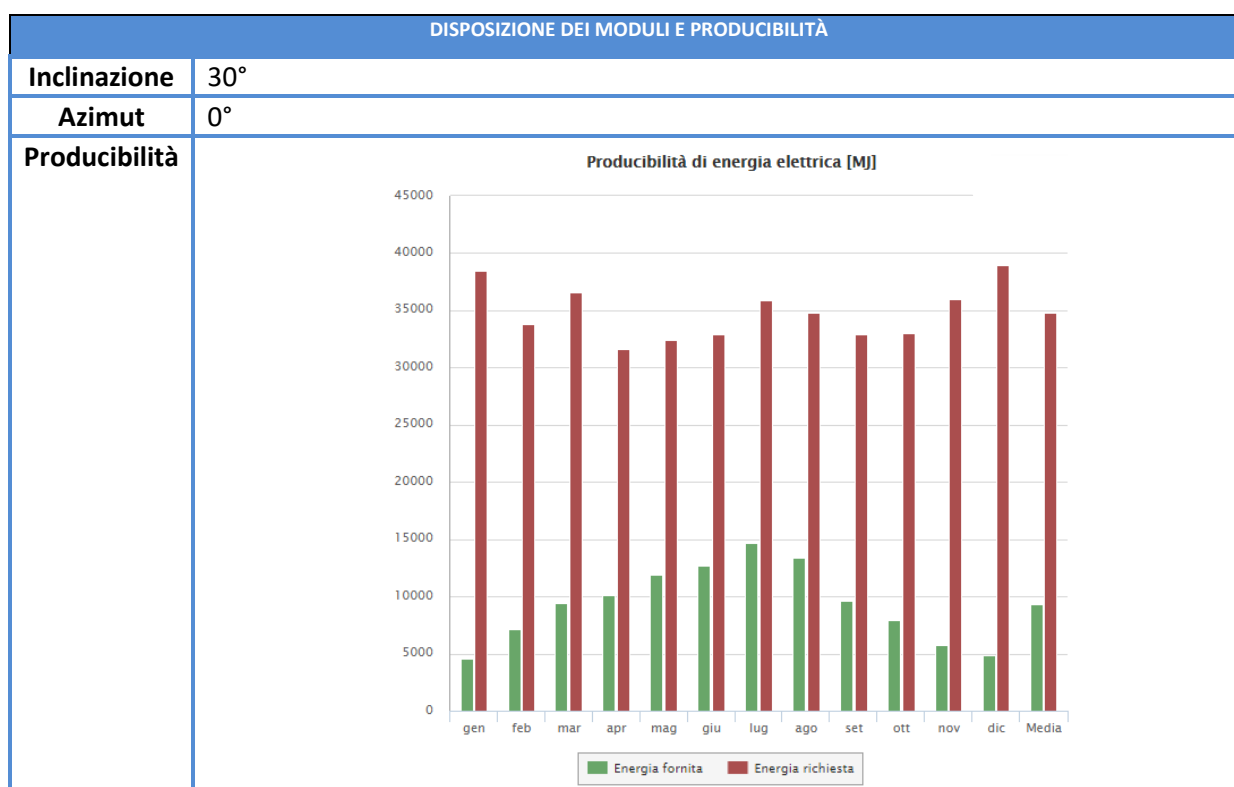
Figura 8.11 – Particolare impianto a fonte rinnovabile



Caratteristiche funzionali e tecniche

| DATI TECNICI PANNELLO FOTOVOLTAICO TIPOLOGICO | | |
|---|--|---|
| Specifiche meccaniche | Dimensioni del modulo (L x W x H) ³ | 1.654 x 989 x 40 mm |
| | Dimensioni della cella | 156 x 156 mm |
| | Numero di celle | 60 |
| | Tipo di celle | Cella policristallina, tecnologia a 3 busbar |
| | NOCT ⁴ | 46° C ± 2° C |
| | Massimo carico consentito ⁵ | 6.000 Pa |
| | Tipo di copertura anteriore | Vetro solare microstrutturato spessore 3,2 mm |
| | Scatola di giunzione | ZJRH Renhesolar GF20, Classe di Protezione IP 67, dimensioni 90 x 77 x 16 mm |
| | Diodi di bypass | 3 diodi; Tipo PST4020 |
| | Cavi | 2 x lunghezza 1.000 mm, sezione 4 mm ² |
| | Tipo di connettore | ZJRH Renhesolar 05-6 (compatibile MC4) |
| | Materiale della cornice | Alluminio anodizzato |
| | Peso del modulo | 18,2 kg |
| | Certificazioni | IEC/EN 61215 Ed. 2, IEC/EN 61730, Factory Inspection, ISO 9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS 18001, MCS, Classe di isolamento II |

| | | |
|----------------------------|--|---------------|
| Parametri elettrici | Potenza massima (P_{MPP}) | ≥ 260 Wp |
| | Tolleranza sulla potenza | -0 %/+3 % |
| | Efficienza del modulo | 15,98 % |
| | Tensione MPP (V_{MP}) | 30,90 V |
| | Corrente MPP (I_{MPP}) | 8,48 A |
| | Tensione a vuoto (V_{oc}) | 37,78 V |
| | Corrente di cortocircuito (I_{sc}) | 8,93 A |
| | Coefficiente di temperatura (P_{MPP}), percentuale | -0,42 %/°C |
| | Coefficiente di temperatura (V_{oc}), assoluto | -0,121 V/°C |
| | Coefficiente di temperatura (V_{oc}), percentuale | -0,32 %/°C |
| | Coefficiente di temperatura (I_{sc}), assoluto | 5,27 mA/°C |
| | Coefficiente di temperatura (I_{sc}), percentuale | 0,059 %/°C |



Descrizione dei lavori

I lavori di installazione dell'impianto sulla copertura comprendono:

- fissaggio delle staffe e dei profilati in alluminio, con viti dotate di guarnizione;
- montaggio dei moduli fotovoltaici con gli appositi morsetti di serraggio;
- installazione apparecchiature elettriche (nel locale tecnico sottotetto sono montati i quadri di stringa, i gruppi di conversione, il quadro di protezione c.a. ed il contatore fiscale);
- collegamento con l'impianto elettrico e la rete tramite una linea di adeguata sezione posata in canalizzazioni nuove ed esistenti fino al quadro principale del fabbricato.
- Quadri di protezione e linea dal contatore

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 e nella Figura 8.12.

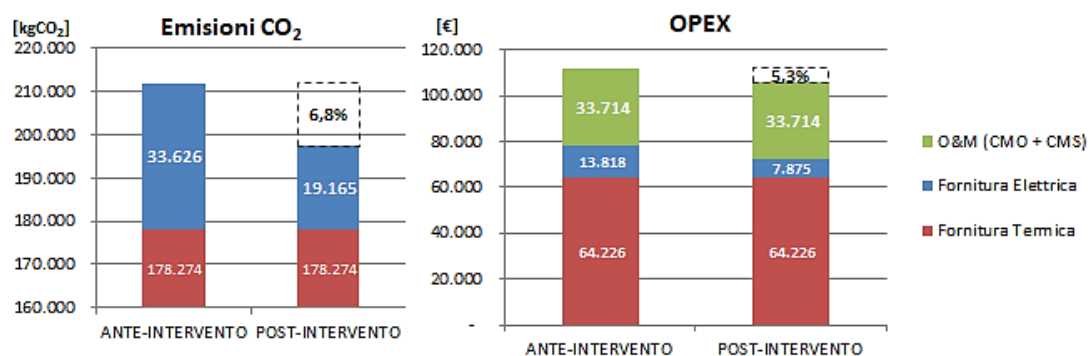
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE DAL BASELINE |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Pruducibilità | [kWh] | 0 | 31070 | - |
| Q _{teorico} | [kWh] | 847.126 | 847.126 | 0,0% |
| EE _{teorico} | [kWh] | 72.342 | 41.231 | 43,0% |
| Q _{baseline} | [kWh] | 882.545 | 882.545 | 0,0% |
| EE _{Baseline} | [kWh] | 72.005 | 41.039 | 43,0% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 178.274 | 178.274 | 0,0% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 33.626 | 19.165 | 43,0% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 211.900 | 197.439 | 6,8% |
| Fornitura Termica, C _Q | [€] | 64.226 | 64.226 | 0,0% |
| Fornitura Elettrica, C _{EE} | [€] | 13.818 | 7.875 | 43,0% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 78.044 | 72.101 | 7,6% |
| C _{MO} | [€] | 26.634 | 26.634 | 0,0% |
| C _{MS} | [€] | 7.080 | 7.080 | 0,0% |
| O&M (C _{MO} + C _{MS}) | [€] | 33.714 | 33.714 | 0,0% |
| OPEX | [€] | 111.758 | 105.815 | 5,3% |
| Classe energetica | [-] | F | E | +1 classe |

Nota: i fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,192 [€/kWh]

Figura 8.12 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei serramenti a vetro singolo e nell'installazione di valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal Conto Termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 100.000 euro.

Tabella 9.1 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

| STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO | |
|-------------------------------|----------------------|
| Percentuale spesa ammissibile | 40% |
| Costo massimo ammissibile | 450 €/m ² |
| Valore massimo incentivo | 100.000 € |

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM1

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|--|---|----------|------|----------------------------|----------------------------|----------------------|------------|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ₂] | [€/n° o €/m ₂] | [€] | [%] | [€] |
| Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²) | Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A05.H01.100 | 1.268 | mq | 39,61 | 36,01 | 45.659,53 | 22% | 55.704,62 |
| Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante | Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010 | 1.268 | mq | 328,90 | 299,00 | 379.132,00 | 22% | 462.541,04 |
| Posa serramento | Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010 | 1.268 | mq | 47,62 | 43,29 | 54.892,87 | 22% | 66.969,30 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | 14.390,53 | 22% | 17.556,45 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | 33.577,91 | 22% | 40.965,05 |
| TOTALE (I₀ – EEM1-a) | | | | | | 527.652,84 | 22% | 643.736,46 |

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|--|---|----------|------|----------------------------|----------------------------|----------------------|------------|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ₂] | [€/n° o €/m ₂] | [€] | [%] | [€] |
| Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm | Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010 | 233 | cad | 35,42 | 32,20 | 7.502,60 | 22% | 9.153,17 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | 225,08 | 22% | 274,60 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | 525,18 | 22% | 640,72 |
| TOTALE (I₀ – EEM1-b) | | | | | | 8.252,86 | 22% | 10.068,49 |

| | | |
|------------------|-------------------|---------|
| Incentivi | Conto termico 2.0 | 100.000 |
| Durata incentivi | | 5 anni |
| Incentivo annuo | | 20.000 |

EEM2: isolamento dall'esterno della copertura piana

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'isolamento dall'esterno della copertura piana.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 21.908 euro.

Tabella 9.3 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

| STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO | |
|-------------------------------|----------------------|
| Percentuale spesa ammissibile | 40% |
| Costo massimo ammissibile | 200 €/m ² |
| Valore massimo incentivo | 400.000 € |

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM2

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|---|---|-----------|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------|------------|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ₂] | [€/n° o €/m ₂] | [€] | [%] | [€] |
| Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili) | Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010 | 853,41 | mq | 6,55 | 5,95 | 5.081,67 | 22% | 6.199,64 |
| Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata | Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039 | 853,41 | mq | 5,67 | 5,15 | 4.398,94 | 22% | 5.366,71 |
| Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK | Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010 | 13.654,56 | mq cm | 2,00 | 1,82 | 24.826,47 | 22% | 30.288,30 |
| Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese | Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010 | 510,00 | mq | 14,03 | 12,75 | 6.504,82 | 22% | 7.935,88 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | 1.224,36 | 22% | 1.493,72 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | 2.856,83 | 22% | 3.485,34 |
| TOTALE (I₀ – EEM2) | | | | | | 44.893,09 | 22% | 54.769,57 |

| | | |
|------------------|-------------------|--------|
| Incentivi | Conto termico 2.0 | 21.908 |
| Durata incentivi | | 5 anni |
| Incentivo annuo | | 4.382 |

EEM3: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella coibentazione a cappotto esterno della muratura perimetrale.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 82.014 euro.

Tabella 9.5 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

| STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO | |
|-------------------------------|----------------------|
| Percentuale spesa ammissibile | 40% |
| Costo massimo ammissibile | 100 €/m ² |
| Valore massimo incentivo | 400.000 € |

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM3

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|---|---|-----------|---------|----------------------------|----------------------------|----------------------|------------|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ₂] | [€/n° o €/m ₂] | [€] | [%] | [€] |
| Posa di isolamento termico-acustico superfici verticali (intercapedini e simili) | Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010 | 2.050,34 | mq | 13,98 | 12,71 | 26.057,96 | 22% | 31.790,71 |
| Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK | Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010 | 24.604,08 | mq cm | 2,00 | 1,82 | 44.734,69 | 22% | 54.576,32 |
| Intonaco esterno in malta cementizia | Prezziario Regione Liguria - voce: 1.16.1.A10 | 2.050,34 | mq | 21,79 | 19,81 | 40.615,37 | 22% | 49.550,75 |
| Strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici | Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.010 | 2.050,34 | mq | 5,32 | 4,84 | 9.916,19 | 22% | 12.097,75 |
| Strato di fondo a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici | Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.020 | 2.050,34 | mq | 19,79 | 17,99 | 36.887,48 | 22% | 45.002,73 |
| Strato di finitura a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici | Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.030 | 2.050,34 | mq | 7,91 | 7,19 | 14.743,81 | 22% | 17.987,45 |
| Strollato tirato a fratazzo su pareti verticali o soffitti | Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.040 | 2.050,34 | mq | 13,48 | 12,25 | 25.125,98 | 22% | 30.653,70 |
| Tinteggiatura superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani) | Prezziario Regione Liguria - voce: 0.A90.A20.010 | 2.050,34 | mq | 5,98 | 5,44 | 11.146,39 | 22% | 13.598,60 |
| Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese | Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010 | 3.442,34 | mq | 14,03 | 12,75 | 43.905,48 | 22% | 53.564,69 |
| Noleggio per ponteggio per ogni mese successivo al primo | Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.015 | 3.442,34 | mq/mese | 1,30 | 1,18 | 4.068,22 | 22% | 4.963,23 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | 7.716,05 | 22% | 9.413,58 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | 18.004,11 | 22% | 21.965,01 |
| TOTALE (I₀ – EEM3) | | | | | | 282.921,74 | 22% | 345.164,52 |

| | | |
|------------------|-------------------|--------|
| Incentivi | Conto termico 2.0 | 82.014 |
| Durata incentivi | | 5 anni |
| Incentivo annuo | | 16.403 |

EEM4: sostituzione dei generatori di calore obsoleti con caldaie a condensazione e installazione di valvole termostatiche e di pompe a giri variabili

Nella Tabella 9.8 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione dei generatori di calore con caldaie a condensazione e nell'installazione di valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di circa 34.836 euro.

Tabella 9.7 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

| STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO | |
|-------------------------------|----------|
| Percentuale spesa ammissibile | 40% |
| Costo massimo ammissibile | 130 €/kW |
| Valore massimo incentivo | 40.000 € |

Tabella 9.8 – Analisi dei costi della EEM4

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO | PREZZO UNITARIO SCONTATO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|---|---|----------|------|----------------------------|----------------------------|----------------------|-----|----------------------|
| | | | | [€/n° o €/m ²] | [€/n° o €/m ²] | [€] | [%] | [€] |
| Caldaia a cond., in lega alluminio-silicio-magnesio, 800 kW | Prezziario Regione Liguria PR.C76.B15.055 | 2 | cad | 26.754,75 | 24.322,50 | 48.645,00 | 22% | 59.346,90 |
| Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm | Prezziario Regione Liguria PR.C84.C05.520 | 1 | cad | 253,00 | 230,00 | 230,00 | 22% | 280,60 |
| Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 701 Kw a 1300 Kw | Prezziario Regione Liguria 40.C10.B10.140 | 2 | cad | 614,79 | 558,90 | 1.117,80 | 22% | 1.363,72 |
| Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m | Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.020 | 5 | cad | 21,13 | 19,21 | 96,05 | 22% | 117,18 |
| Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm | Prezziario Regione Liguria PR.C76.A30.015 | 2 | cad | 28,46 | 25,87 | 51,75 | 22% | 63,13 |
| Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere | Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.030 | 1 | cad | 120,60 | 109,64 | 109,64 | 22% | 133,76 |

E1318 – Scuole dell'infanzia Firpo e Bacigalupo e primaria Cantore

| | | | | | | | | |
|--|---|-----|-------------------|----------|----------|------------------|-------------|------------------|
| Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico | Prezziario Regione Liguria 40.F10.H10.040 | 1 | cad | 29,71 | 27,01 | 27,01 | 22% | 32,95 |
| Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali | Prezziario Regione Liguria PR.C74.C10.010 | 1 | cad | 146,74 | 133,40 | 133,40 | 22% | 162,75 |
| Opere edili Operaio Qualificato | Prezziario Regione Liguria RU.M01.A01.030 | 15 | h | 34,41 | 31,28 | 469,23 | 22% | 572,46 |
| Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato | Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020 | 40 | h | 31,88 | 28,98 | 1.159,27 | 22% | 1.414,31 |
| Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km. | Prezziario Regione Liguria 20.A15.B10.015 | 100 | m ³ km | 4,72 | 4,29 | 429,09 | 22% | 523,49 |
| Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm | Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010 | 233 | cad | 35,42 | 32,20 | 7.502,60 | 22% | 9.153,17 |
| Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione singola con attacchi flangiati, Ø 100, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 60 m ³ /h | Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.095 | 2 | cad | 2.599,57 | 2.363,25 | 4.726,49 | 22% | 5.766,32 |
| Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm | Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.040 | 2 | cad | 97,34 | 88,49 | 176,98 | 22% | 215,92 |
| Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V | Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210 | 1 | cad | 22,69 | 20,63 | 20,63 | 22% | 25,17 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | 1.946,85 | 22% | 2.375,15 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | 4.542,64 | 22% | 5.542,03 |
| TOTALE (I₀ – EEM4) | | | | | | 71.384,42 | 0,22 | 87.088,99 |
| Incentivi | Conto termico 2.0 | | | | | | | 34.836 |
| Durata incentivi | | | | | | | | 5 anni |
| Incentivo annuo | | | | | | | | 6.967 |

EEM5: installazione di impianto fotovoltaico

Nella Tabella 9.9 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nell'installazione sulla copertura di un impianto fotovoltaico. La misura non è soggetta a incentivo.

Tabella 9.9 – Analisi dei costi della EEM5

| DESCRIZIONE | FONTE PREZZO UTILIZZATO | QUANTITÀ | U.M. | PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²] | PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m ²] | TOTALE (IVA ESCLUSA) [€] | IVA [%] | TOTALE (IVA INCLUSA) [€] |
|--|--|----------|------|--|---|-----------------------------|------------|-----------------------------|
| Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da: | | | | | | | | |
| 1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato). | Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.17.010.0010 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento. | | | | | | | | |
| 3. Quadro di parallelo inverter. | | | | | | | | |
| 4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie. | | | | | | | | |
| 5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale. | | | | | | | | |
| Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie | | | | | | | | |
| Con potenza complessiva per singolo impianto: | | | | | | | | |
| da 21 a 50 kWp | 1E.17.010.0010.c | 28,60 | kWp | 2.236,65 | 2.033,32 | 58.152,90 | 22% | 70.946,54 |
| Costi per la sicurezza | - | 3% | % | | | 1.744,59 | 22% | 2.128,40 |
| Costi progettazione (in % su importo lavori) | - | 7% | % | | | 4.070,70 | 22% | 4.966,26 |
| TOTALE (I₀ – EEM1) | | | | | | 63.968,19 | 22% | 78.041,19 |

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

L'analisi di convenienza delle singole EEM analizzate è stata svolta tramite la valutazione dei principali indicatori economici d'investimento secondo il metodo dei flussi di cassa, valutando chiaramente i valori dei costi, ricavi, flussi di cassa e redditività.

Si è inoltre posta particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili agli scenari (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc.), con la quantificazione dell'importo incentivabile e l'analisi dei flussi di cassa e degli indicatori finanziari con e senza il contributo degli incentivi considerati. In attuazione delle disposizioni di cui all'articolo 7, comma 6 del decreto legislativo 102/2014, le amministrazioni pubbliche che optino, anche per il tramite di una ESCO, per la procedura di prenotazione dell'incentivo del Conto Termico, possono richiedere l'erogazione di una rata di acconto al momento della comunicazione dell'avvio dei lavori e di una rata di saldo a seguito della sottoscrizione della scheda-contratto. A tal fine, il GSE eroga la rata di acconto entro 60 giorni dalla ricezione della comunicazione di avvio dei lavori suddetta. La rata di acconto è pari ai due quinti del beneficio complessivamente riconosciuto, se la durata dell'incentivo è di cinque anni, ovvero al 50%, nel caso in cui la durata sia di due anni.

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

- TRS (tempo di ritorno semplice);
- TRA (tempo di ritorno attualizzato);
- VAN (valore attuale netto);
- TIR (tasso interno di rendimento)
- IP (indice di profitto);

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

$$TRS = \frac{I_0}{\overline{FC}}$$

Dove:

- I_0 è il valore dell'investimento iniziale;
- \overline{FC} è il flusso di cassa medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento.

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

$$TRA = \frac{I_0}{\overline{FC}_{att}}$$

Dove:

- I_0 è il valore dell'investimento iniziale;
- \overline{FC}_{att} è il flusso di cassa attualizzato medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento, opportunamente attualizzati tramite il tasso di attualizzazione.

$$FC_{att,n} = FC_n \frac{(1+f)^n (1+f')^n}{(1+R)^n} \approx FC_n \frac{1}{(1+i)^n}$$

Dove:

- FC_n è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- f è il tasso di inflazione;
- f' è la deriva dell'inflazione;

- R è il tasso di sconto;
- $i = R - f - f'$ è il tasso di attualizzazione;
- $\frac{1}{(1+i)^n}$ è il fattore di annualità (FA_n).

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FC_n}{(1+i)^n} - I_0$$

Dove:

- n sono gli anni di vita tecnica per la tecnologia di ciascuna EEM, o, 15 anni per lo SCN1, o, 25 anni per SCN2;

4) Tasso Interno di Rendimento (TIR), è il valore di i che rende il VAN = 0.

5) Indice di Profitto (IP):

$$IP = \frac{VAN}{I_0}$$

I tassi di interesse utilizzati per le operazioni di attualizzazione e analisi economico sono i seguenti:

- Tasso di sconto: $R = 4\%$
- Tasso di inflazione relativa al costo dei vettori energetici e dei servizi di manutenzione: $f = 0.5\%$
- Deriva dell'inflazione relativa al costo dei vettori energetici $f'_{ve} = 0.7\%$ e dei servizi di manutenzione $f'_m = 0\%$

I risultati dell'analisi economica tramite flussi di cassa sono poi stati rappresentati mediante tipici grafici a farfalla, dal quale è possibile evincere i flussi di cassa cumulati di progetto, l'investimento capitale iniziale, I_0 , e il TRS.

Analogamente la rappresentazione grafica dei flussi di cassa cumulati attualizzati permetterà la visualizzazione del TRA e del VAN

Di seguito si riportano i flussi di cassa ed i risultati dell'analisi di convenienza delle singole EEM proposte.

Il dettaglio dei calcoli è riportato all' Allegato B – Elaborati.

EEM1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 653.805 |
| Oneri Finanziari % I_0 | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n_{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 30 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | 20.000 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 27,0 | 22,8 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 44,7 | 37,3 |
| Valore attuale netto | VAN | - 221.130 | - 132.094 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 0,5% | 1,8% |
| Indice di profitto | IP | -0,34 | -0,20 |

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.1 e Figura 9.2.

Figura 9.1 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

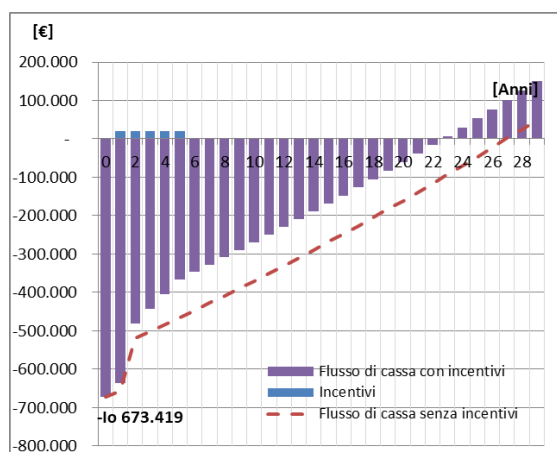
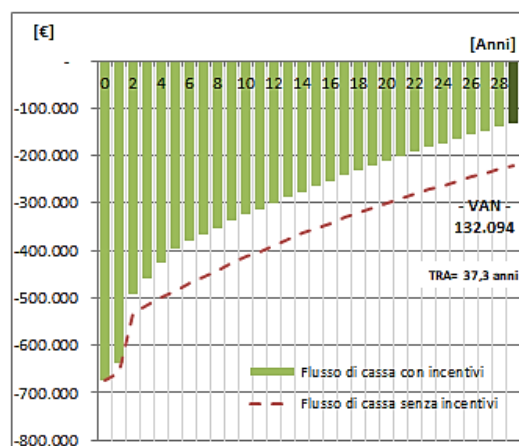


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che la EEM1 non risulta economicamente vantaggiosa sebbene la sostituzione dei serramenti dell’edificio oggetto di DE sia da ritenere prioritaria per il miglioramento dell’efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

È possibile ipotizzare la realizzazione di questa misura in combinazione con altri interventi più performanti dal punto di vista della sostenibilità economica.

EEM2: isolamento dall’esterno della copertura piana

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.11 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 54.770 |
| Oneri Finanziari % I_0 | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n_{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 30 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | 4.382 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 7,4 | 4,5 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 9,0 | 5,0 |
| Valore attuale netto | VAN | 71.881 | 91.387 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 13,2% | 18,1% |
| Indice di profitto | IP | 1,31 | 1,67 |

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.3 e Figura 9.4.

Figura 9.3 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

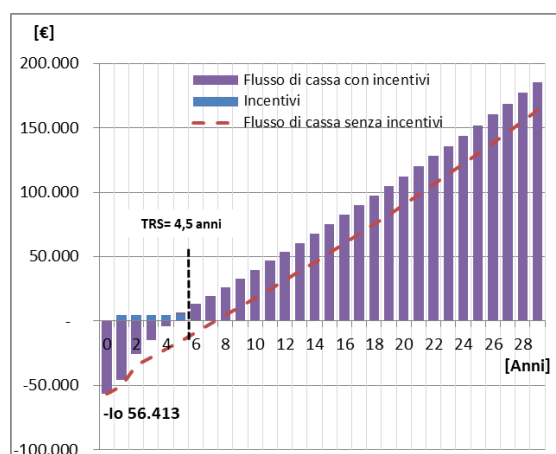
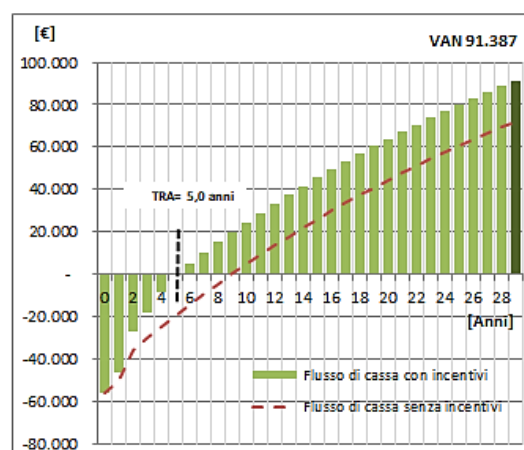


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che la EEM2 risulta economicamente vantaggiosa, oltre che fondamentale per il miglioramento dell’efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti tramite la riduzione delle dispersioni attraverso l’involucro.

EEM3: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 345.165 |
| Oneri Finanziari % I_0 | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n_{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 30 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | 16.403 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 30,4 | 22,4 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 48,2 | 36,3 |
| Valore attuale netto | VAN | - 134.340 | - 61.318 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | -0,1% | 1,9% |
| Indice di profitto | IP | -0,39 | -0,18 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.5 e Figura 9.6.

Figura 9.5 –EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

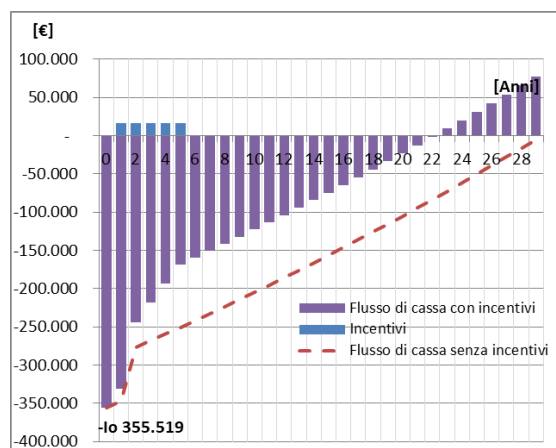
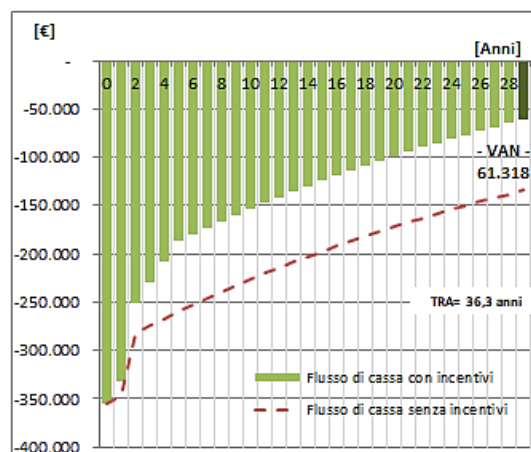


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM3 non risulta economicamente vantaggiosa sebbene la coibentazione a cappotto esterno dell'edificio oggetto di DE sia da ritenere prioritaria per il miglioramento dell'efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti, attraverso l'eliminazione dei ponti termici e la riduzione della trasmittanza termica delle componenti opache verticali.

EEM4: sostituzione dei generatori di calore obsoleti con caldaie a condensazione e installazione di valvole termostatiche

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 87.089 |
| Oneri Finanziari % I_0 | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n_{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 15 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | 6.967 |
| Durata incentivo | n_B | anni | 5 |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 1,3 | 1,21 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 1,4 | 1,28 |
| Valore attuale netto | VAN | 590.241 | 621.258 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 71,1% | 78,4% |
| Indice di profitto | IP | 6,78 | 7,13 |

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.7 e Figura 9.8.

Figura 9.7 –EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

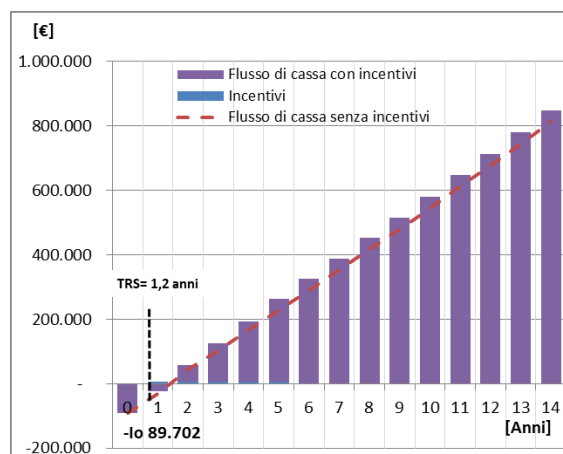
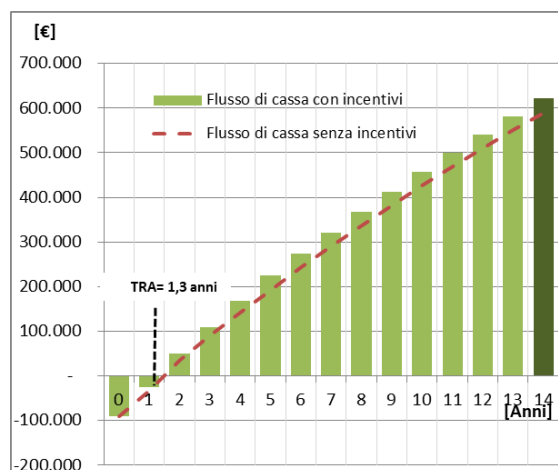


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM4 risulta economicamente vantaggiosa, grazie alla massimizzazione dell'efficienza degli impianti termici.

EEM5: installazione di impianto fotovoltaico

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.14 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5

| PARAMETRO FINANZIARIO | | U.M. | VALORE |
|--------------------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| Investimento Iniziale | I_0 | € | 78.041 |
| Oneri Finanziari % I_0 | OF | [%] | 3,0% |
| Aliquota IVA | %IVA | [%] | 22,0% |
| Anno recupero erariale IVA | n_{IVA} | anni | 3 |
| Vita utile | n | anni | 20 |
| Incentivo annuo | B | €/anno | - |
| Durata incentivo | n_B | anni | - |
| Tasso di attualizzazione | i | [%] | 3,5% |
| INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO | | VALORE SENZA INCENTIVI | VALORE CON INCENTIVI |
| Tempo di rientro semplice | TRS | 12,6 | 12,6 |
| Tempo di rientro attualizzato | TRA | 17,8 | 17,8 |
| Valore attuale netto | VAN | 3.882 | 3.882 |
| Tasso interno di rendimento | TIR | 4,6% | 4,6% |
| Indice di profitto | IP | 0,05 | 0,05 |

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.9 e Figura 9.10.

Figura 9.9 –EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

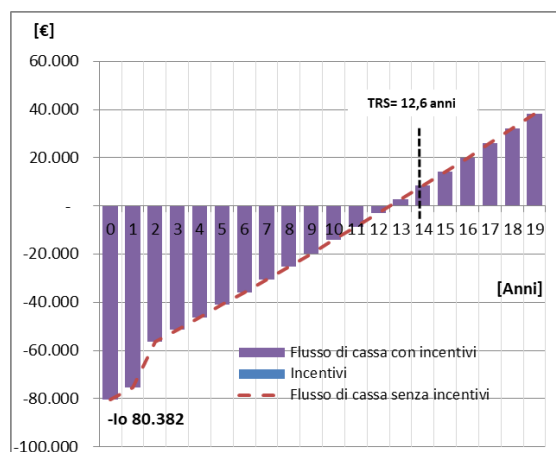
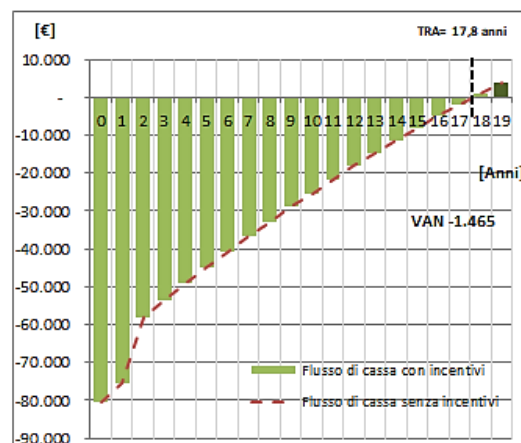


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che la EEM7 risulta economicamente sostenibile, grazie alla riduzione del prelievo dalla rete di energia elettrica, conseguibile sfruttando l’energia rinnovabile prodotta in loco.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata in Tabella 9.15 e in Tabella 9.16.

Tabella 9.15 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

| SENZA INCENTIVI | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|-------------|------------|------------|-----------|
| | % Δ_E [%] | % Δ_{CO_2} [%] | ΔC_E [€/anno] | ΔC_{MO} [€/anno] | ΔC_{MS} [€/anno] | I_0 [€] | TRS [anni] | TRA [anni] | anni [n] | VAN [€] | TIR [%] | IP [-] |
| EEM 1 | 27,1 | 27,7 | 21.181 | 0 | 0 | 653.805 | 27,0 | 44,7 | 30 | -221.130 | 0,5 | -0,34 |
| EEM 2 | 9,4 | 9,6 | 7.352 | 0 | 0 | 54.770 | 7,4 | 9,0 | 30 | 71.881 | 13,2 | 1,31 |
| EEM 3 | 12,9 | 13,2 | 10.096 | 0 | 0 | 345.165 | 30,4 | 48,2 | 30 | -134.340 | -0,1 | -0,39 |
| EEM 4 | 75,7 | 77,3 | 59.057 | 7.990 | 4.248 | 87.089 | 1,3 | 1,4 | 15 | 590.241 | 71,1% | 6,78 |
| EEM 5 | 7,6 | 6,8 | 5.942 | 0 | 0 | 78.041 | 12,6 | 17,8 | 20 | 3.882 | 4,6 | 0,05 |

Oltre agli indicatori finanziari precedentemente descritti, i parametri elencati in tabella sono i seguenti:

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO_2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- ΔC_E è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- ΔC_{MO} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- ΔC_{MS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi.

Dall'analisi dei risultati emerge che l'unico intervento che coinvolge l'involucro con TRS di molto inferiore alla vita utile è la coibentazione della copertura (EEM2). Tra le altre misure quella più conveniente risulta essere la EEM4.

Tabella 9.16 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

| CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | |
|---------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|---------------|-------------|------------|------------|-----------|
| | % Δ_E [%] | % Δ_{CO_2} [%] | ΔC_E [€/anno] | ΔC_{MO} [€/anno] | ΔC_{MS} [€/anno] | I_0 [€] | TRS [anni] | TRA [anni] | anni [n] | VAN [€] | TIR [%] | IP [-] |
| EEM 1 | 27,1 | 27,7 | 21.181 | 0 | 0 | 653.805 | 22,8 | 37,3 | 30 | -132.094 | 1,8 | -0,20 |
| EEM 2 | 9,4 | 9,6 | 7.352 | 0 | 0 | 54.770 | 4,5 | 5,0 | 30 | 91.387 | 18,1 | 1,67 |
| EEM 3 | 12,9 | 13,2 | 10.096 | 0 | 0 | 345.165 | 22,4 | 36,3 | 30 | -61.318 | 1,9 | -0,18 |
| EEM 4 | 75,7 | 77,3 | 59.057 | 7.990 | 4.248 | 87.089 | 1,2 | 1,3 | 15 | 621.258 | 78,4% | 7,13 |
| EEM 5 | 7,6 | 6,8 | 5.942 | 0 | 0 | 78.041 | 12,6 | 17,8 | 20 | 3.882 | 4,6 | 0,05 |

Dall'analisi dei risultati considerando gli incentivi del conto termico emerge come i tempi di ritorno degli investimenti diminuiscono in modo proporzionale. Le soluzioni EEM1 e EEM2 risultano avere ad ogni modo tempi di ritorno elevati, seppur entro il limite di vita utile.

9.3 IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi.

La scelta degli scenari ottimale è quindi stata effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella di cui sopra, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

Per fattibilità economica delle soluzioni integrate si intendere accettabili le soluzioni che verificano i seguenti scenari economici:

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 15$ anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 25$ anni.

Il primo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzione integrate che includono interventi sull'involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, laddove, nel caso del secondo scenario ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti.

La valutazione della fattibilità tecnico-economica è stata effettuata al fine di una gestione diretta da parte della PA o indiretta mediante ESCO.

Nella formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo degli scenari ottimali, si è assunto che i capitali per la realizzazione degli interventi siano resi disponibili da un privato, con una ripartizione dell'investimento al 20% tramite mezzi propri (equity) ed all'80% tramite finanziamento terzi (debito). Nel calcolo del VAN di Progetto il tasso di attualizzazione i usato coincide con il WACC (costo medio ponderato del capitale) ed è posto pari al 4%, sulla base della seguente equazione:

$$WACC = Kd \times \frac{D}{D + E} \times (1 - \tau) + Ke \times \frac{E}{D + E}$$

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

L'ultima dimensione di analisi è la valutazione della sostenibilità finanziaria. Infatti, non tutti gli investimenti economicamente convenienti risultano poi fattibili dal punto di vista finanziario. La sostenibilità finanziaria di un progetto può essere espressa anche in termini di bancabilità ricorrendo a degli indicatori capaci di valutare il margine di sicurezza su cui i soggetti finanziatori possono contare per essere garantiti sul puntuale pagamento del servizio del debito.

Per gli scenari ottimali, si è quindi proceduto ad una valutazione della sostenibilità finanziaria. Gli indicatori di bancabilità utilizzati sono:

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo. Esprime la capacità dell’investimento di rimborsare il servizio del debito (capitale e interessi) per tutta la durata del finanziamento;
- LLCR (*Loan Life Cover Ratio*) medio di periodo. Esprime la capacità del progetto di generare flussi di cassa positivi dopo aver ripagato il servizio del debito.

Essi sono così definiti:

1) *Debt Service Cover Ratio* (DSCR):

$$DSCR = \frac{FCO_n}{K_n + I_t}$$

Dove:

- FCO_n sono i flussi di cassa operativi nell’anno corrente n-esimo;
- K_n è la quota capitale da rimborsare nell’anno n-esimo;
- I_n è la quota interessi da ripagare nell’anno tn-esimo.

2) *Loan Life Cover Ratio* (LLCR):

$$LLCR = \frac{\sum_{n=s}^{s+m} \frac{FCO_n}{(1+i)^n} + R}{D_n}$$

Dove:

- s è il periodo di valutazione dell’indicatore;
- $s+m$ è l’ultimo periodo di rimborso del debito;
- FCO_n è il flusso di cassa per il servizio del debito;
- D è il debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo;
- i è il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa;
- R è l’eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*).

Valori positivi (nell’intorno di 1,3) del DSCR indicano convenzionalmente la capacità dell’investimento di generare risorse sufficienti a ripagare il servizio del debito; valori maggiori di 1 del LLCR indicano la liquidità generata dal progetto dopo aver ripagato il debito. Pertanto, per la proposta di scenari ottimali bancabili sono stati considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell’intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

Nell’ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un’analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all’interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l’individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinate all’istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l’applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

Al fine di effettuare concretamente un’analisi finanziaria preliminare e verificare quindi gli aspetti di convenienza economica e sostenibilità finanziari degli scenari ottimali è stato presentato un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo per ogni scenario.

Infine, si è proceduto all’identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di *Energy Performance Contract* (EPC).

Si sono quindi individuati i seguenti scenari, che forniscano i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici, nei tempi di ritorno accettabili sopra descritti.

- **Scenario 1: [EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5]:** Tale scenario si differenzia dallo scenario 1 per l'assenza dell'EEM1 (sostituzione dei serramenti) e consiste pertanto nella riqualificazione dell'involucro opaco, comprensiva di coibentazione della copertura e delle pareti perimetrali, unitamente all'efficientamento dell'impianto termico, con sostituzione dei generatori di calore e installazione di valvole termostatiche, oltre che nell'installazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura.
- **Scenario 2: [EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5]:** Tale scenario consiste nell'applicazione di tutte le EEM proposte ovvero nella riqualificazione complessiva dell'involucro, comprensiva di sostituzione delle chiusure trasparenti e coibentazione della copertura e delle pareti perimetrali, unitamente all'efficientamento dell'impianto termico, con sostituzione dei generatori di calore e installazione di valvole termostatiche, oltre che nell'installazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura.

9.3.1 Scenario 1: EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5

La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

- EEM 2: isolamento dall'esterno copertura piana
- EEM 3: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca
- EEM 4: sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche
- EEM 5: installazione impianto fotovoltaico

Tabella 9.17 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

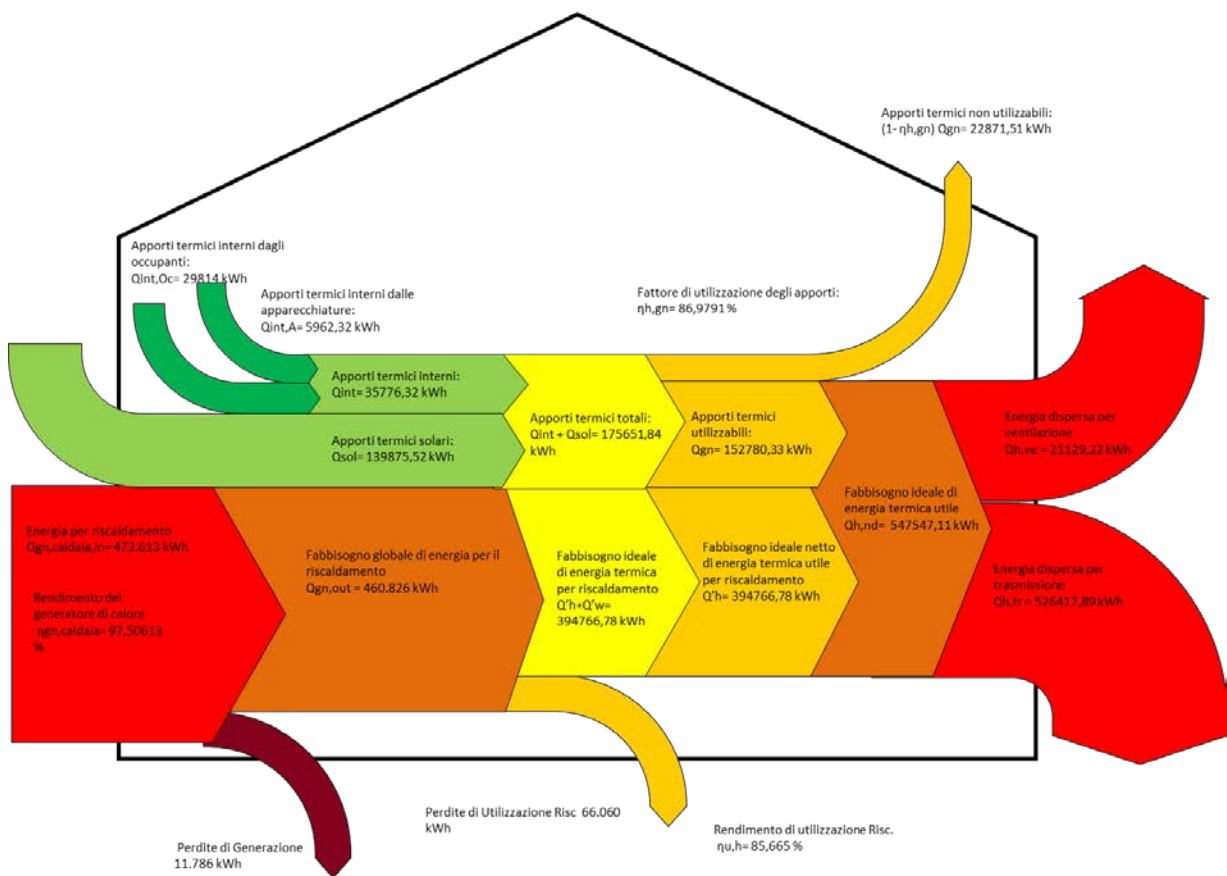
| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA Al 22% | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM2 Fornitura & Posa | 40.811,90 | 8.978,62 | 49.790,52 |
| EEM3 Fornitura & Posa | 257.201,58 | 56.584,35 | 313.785,93 |
| EEM4 Fornitura & Posa | 64.894,93 | 14.276,88 | 79.171,81 |
| EEM5 Fornitura & Posa | 58.152,90 | 12.793,64 | 70.946,54 |
| Costi per la sicurezza | 27.022,37 | 5.944,92 | 32.967,29 |
| Costi per la progettazione | 63.052,20 | 13.871,48 | 76.923,68 |
| TOTALE (I₀) | 511.135,88 | 112.449,89 | 623.585,77 |
| VOCE MANUTENZIONE | C _{MO} (IVA INCLUSA) | C _{MS} (IVA INCLUSA) | C _M (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM2 O&M | - | - | - |
| EEM3 O&M | - | - | - |
| EEM4 O&M | 18.644 | 2.832 | 21.476 |
| EEM5 O&M | - | - | - |
| TOTALE (C_M) | 18.644 | 2.832 | 21.476 |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE (IVA INCLUSA) | |
| | | [€] | |
| Incentivi | Conto termico | 182.892 | |
| Durata incentivi | | 5 | |
| Incentivo annuo | | 36.578 | |

Tabella 9.18– Stima dell’incentivo da Conto Termico

| STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO | |
|--|-----------------------|
| Percentuale spesa ammissibile per EEM2-3-4 | 55% |
| Costo massimo ammissibile per EEM2 | 200 €/m ² |
| Costo massimo ammissibile per EEM3 | 100 €/ m ² |
| Costo massimo ammissibile per EEM4 | 130 €/kWt |
| Costo massimo ammissibile per EEM5 | n/a |
| Valore massimo incentivo EEM2 | 400.000 € |
| Valore massimo incentivo EEM3 | 400.000 € |
| Valore massimo incentivo EEM4 | 40.000 € |
| Valore massimo incentivo EEM5 | n/a |

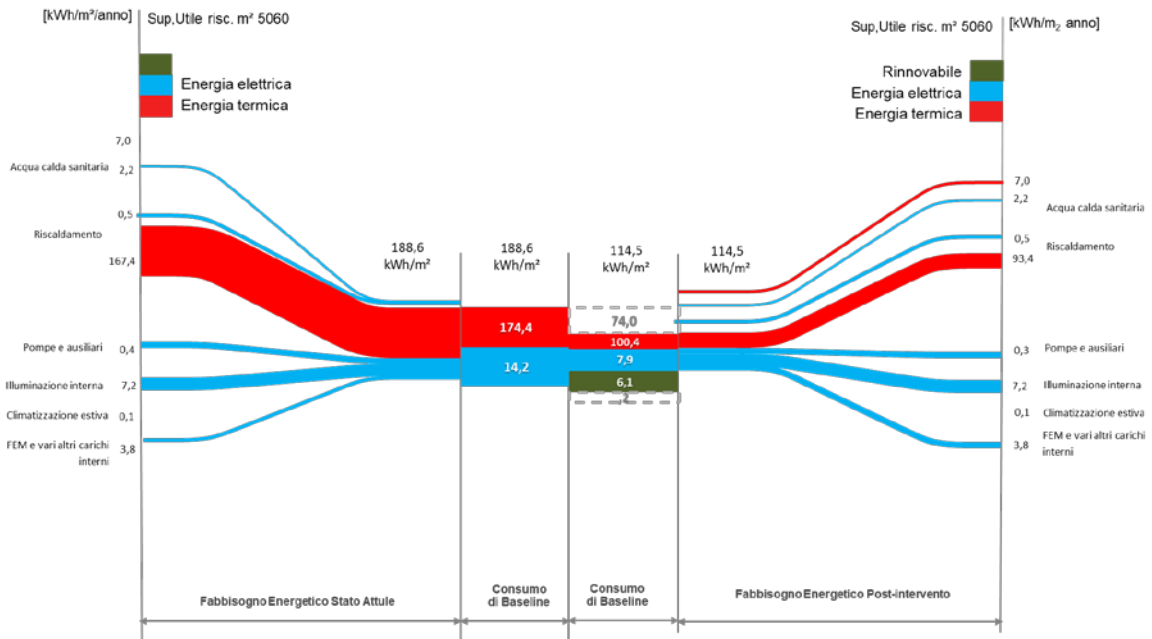
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.11 – Scenario 1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare come il rendimento del generatore di calore sia aumentato rispetto a quanto rilevato per lo stato di fatto e come, grazie al complesso degli interventi che compongono lo scenario, sia diminuito sensibilmente anche il fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

Figura 9.12 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.13

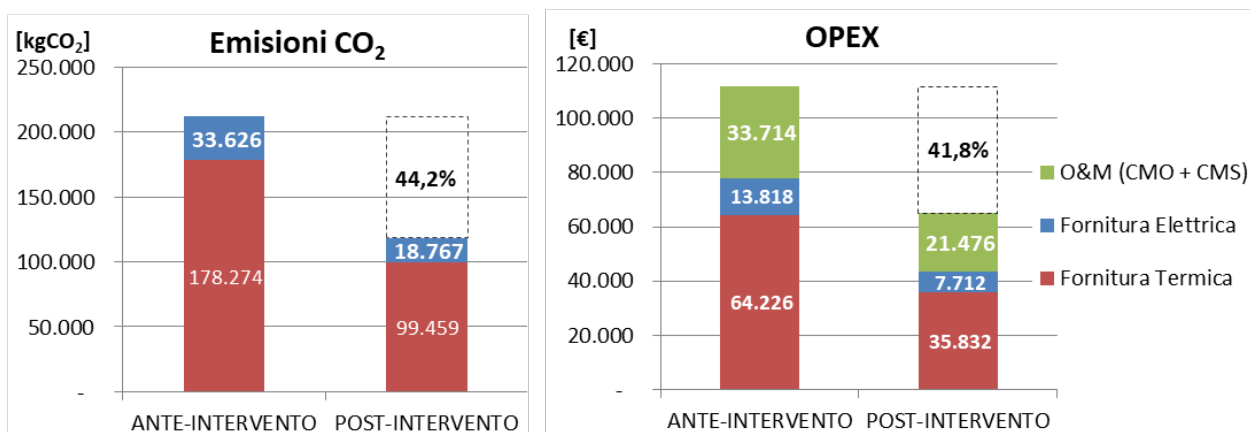
Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN1

| CALCOLO RISPARMIO | U. M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE % |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| EM 2 [Trasmittanza] | [W/m²K] | 2,768 | 0,213 | 92,3% |
| EM 3 [Trasmittanza] | [W/m²K] | 1,445 | 0,254 | 82,4% |
| EM 4 [Rendimento di generazione] | [%] | 87 | 98 | -11,6% |
| EM 5 [Producibilità] | [kWh] | 0 | 31.070 | -100,0% |
| $Q_{teorico}$ | [kWh] | 847.126 | 472.613 | 44,2% |
| $EE_{teorico}$ | [kWh] | 72.342 | 40.375 | 44,2% |
| $Q_{baseline}$ | [kWh] | 882.545 | 492.373 | 44,2% |
| $EE_{Baseline}$ | [kWh] | 72.005 | 40.187 | 44,2% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 178.274 | 99.459 | 44,2% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 33.626 | 18.767 | 44,2% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 211.900 | 118.227 | 44,2% |
| Fornitura Termica, C_Q | [€] | 64.226 | 35.832 | 44,2% |
| Fornitura Elettrica, C_{EE} | [€] | 13.818 | 7.712 | 44,2% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 78.044 | 43.544 | 44,2% |
| C_{MO} | [€] | 26.634 | 18.644 | 30,0% |
| C_{MS} | [€] | 7.080 | 2.832 | 60,0% |
| O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | [€] | 33.714 | 21.476 | 36,3% |
| OPEX | [€] | 111.758 | 65.019 | 41,8% |
| Classe energetica | [-] | F | D | +2 classi |

Nota: I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,192 [€/kWh]

Figura 9.13 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

| PARAMETRI FINANZIARI | | |
|--|-------------------------|-----------|
| Anni Costruzione | n_i | 1 |
| Anni Gestione Servizio | n_s | 14 |
| Anni Concessione | n | 15 |
| Anno inizio Concessione | n_0 | 2020 |
| Anni dell'ammortamento | n_A | 10 |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti | k_{cdp} | 2,00% |
| Costo Capitale Azienda | WACC | 4,00% |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$ | $k_{progetto}$ | 4,00% |
| Inflazione ISTAT | f | 0,50% |
| deriva dell'inflazione | f' | 0,70% |
| %, interessi debito | k_D | 3,82% |
| %, interessi equity | k_E | 9,00% |
| Aliquota IRES | IRES | 24,0% |
| Aliquota IRAP | IRAP | 3,9% |
| Aliquota fiscale | τ | 27,90% |
| Anni debito (finanziamento) | n_D | 10 |
| Anni Equity | n_E | 14 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | I_0 | € 565.064 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | %Of | 3,00% |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | € 16.952 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | CAPEX | € 582.016 |
| %CAPEX a Debito | D | 80,0% |
| %CAPEX a Equity | E | 20,00% |
| Debito | I_D | € 465.613 |
| Equity | I_E | € 116.403 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | 8,30 |
| Rata annua debito | q_D | € 56.086 |
| Costo finanziamento, (D+INT _D) | $q_D * n_D$ | € 560.857 |
| Costi per interessi debito, INT _D | $INT_D = q_D * n_D - D$ | € 95.244 |

Tabella 9.21 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

| PARAMETRI ECONOMICI | | |
|---|-------------------|-----------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{ED} | € 63.970 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{MO} | € 27.634 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | $C_{Baseline}$ | € 91.605 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | € - |
| Riduzione% costi fornitura Energia | $\% \Delta C_E$ | 44,2% |
| Riduzione% costi O&M | $\% \Delta C_M$ | 36,3% |
| Obiettivo riduzione spesa PA | $\% C_{Baseline}$ | 1,0% |
| Risparmio annuo PA garantito | 45,6% | € 34.235 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | € 916 |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | € 161.058 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | € 45.835 |
| N° di Canoni annuali | anni | 14 |
| Utile lordo della ESCO | $\% CAPEX$ | 11,65% |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C_{ESCO} | € 4.845 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C_{FTT} | € 6.803 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C_{CAPEX} | € 21.671 |
| Canone O&M €/anno | CnM | € 18.278 |
| Canone Energia €/anno | CnE | € 39.092 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | CnS | € 57.369 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | CnD | € 33.319 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | Cn | € 90.689 |
| Aliquota IVA % | IVA | 22% |
| Rimborso erariale IVA | R_{IVA} | € 101.897 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R_B | € 176.721 |
| Durata Incentivi, anni | n_B | 5 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | 2022 |

Tabella 9.22 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

| INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE | | |
|---|------------|----------|
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 9,72 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 13,68 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € 22.948 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR > WACC | 4,81% |
| Indice di Profitto | IP | 0,0406 |
| INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 8,72 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | 13,92 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN > 0 | € 8.625 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR > ke | 11,59% |
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | 1,085 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | 1,084 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | 1,53% |

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



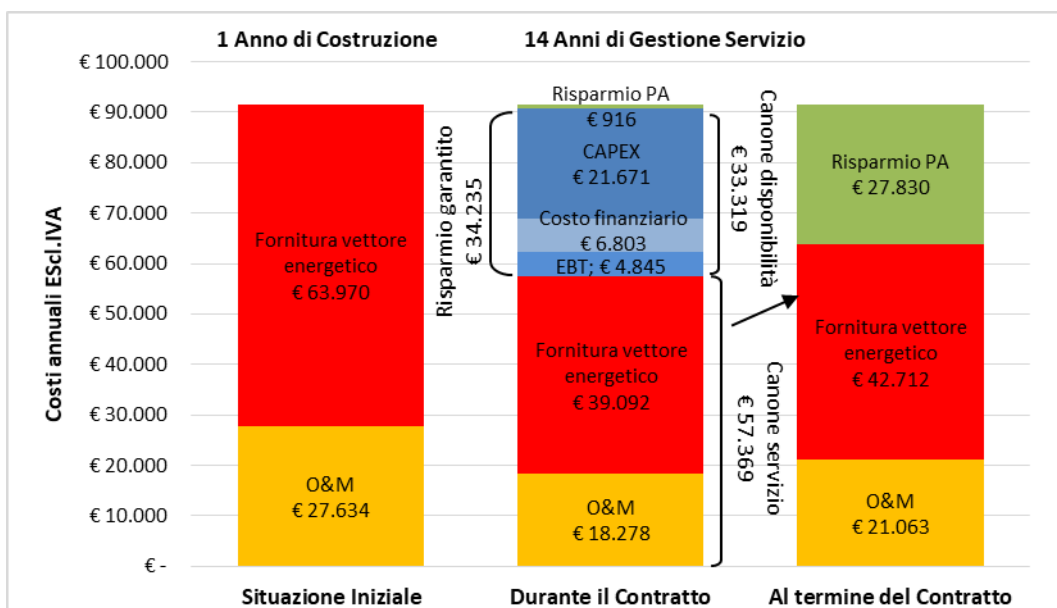
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo Scenario 1 risulta avere i TRS ed i TRA inferiori a 15 anni sia dal punto di vista del progetto sia da quello dell'azionista. Avendo un TIR superiore di k_e , lo scenario risulta sostenibile dal punto di vista finanziario, come confermato anche dagli indici LLCR e DSCR. Il valore di quest'ultimo non è pari ad 1,3 ma essendo superiore all'unità può comunque essere considerato accettabile.

Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.16.

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM4 + EEM5

La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

- EEM 1: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche
- EEM 2: isolamento dall'esterno copertura piana
- EEM 3: isolamento dall'esterno a cappotto della chiusura verticale opaca
- EEM 4: sostituzione sistema di generazione obsoleto con caldaia a condensazione e installazione valvole termostatiche
- EEM 5: installazione impianto fotovoltaico

Tabella 9.23 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

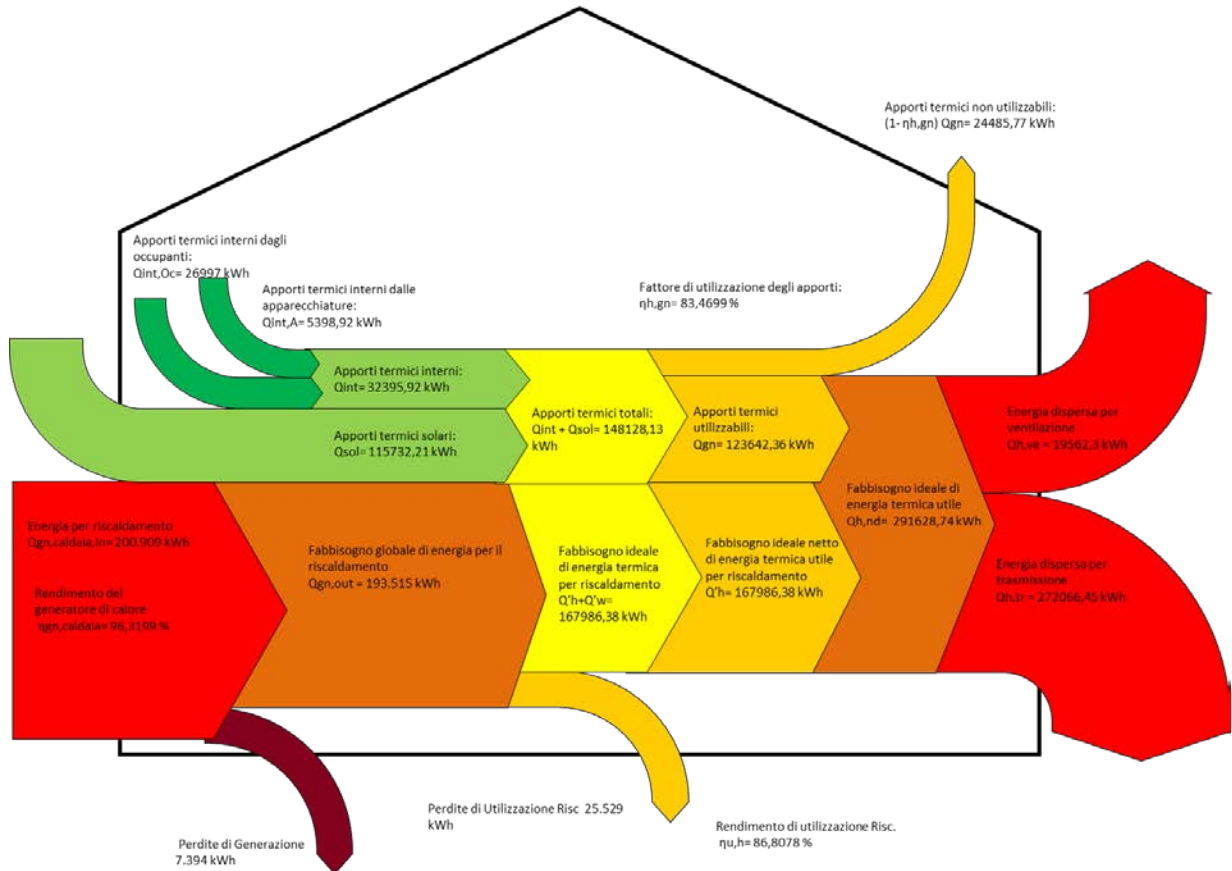
| VOCE INVESTIMENTO | TOTALE (IVA ESCLUSA) | IVA AL 22% | TOTALE (IVA INCLUSA) |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 Fornitura & Posa | 479.684,40 | 105.530,57 | 585.214,97 |
| EEM2 Fornitura & Posa | 40.811,90 | 8.978,62 | 49.790,52 |
| EEM3 Fornitura & Posa | 257.201,58 | 56.584,35 | 313.785,93 |
| EEM4 Fornitura & Posa | 64.894,93 | 14.276,88 | 79.171,81 |
| EEM5 Fornitura & Posa | 58.152,90 | 12.793,64 | 70.946,54 |
| Costi per la sicurezza | 27.022,37 | 5.944,92 | 32.967,29 |
| Costi per la progettazione | 63.052,20 | 13.871,48 | 76.923,68 |
| TOTALE (I₀) | 990.820,28 | 217.980,46 | 1.208.800,74 |
| VOCE MANUTENZIONE | C _{MO} (IVA INCLUSA) | C _{MS} (IVA INCLUSA) | C _M (IVA INCLUSA) |
| | [€] | [€] | [€] |
| EEM1 O&M | - | - | - |
| EEM2 O&M | - | - | - |
| EEM3 O&M | - | - | - |
| EEM4 O&M | 18.644 | 2.832 | 21.476 |
| EEM5 O&M | - | - | - |
| TOTALE (C_M) | 18.644 | 2.832 | 21.476 |
| VOCE INCENTIVO | DESCRIZIONE | TOTALE (IVA INCLUSA) | |
| | | [€] | |
| Incentivi | Conto termico | 282.892 | |
| Durata incentivi | | 5 | |
| Incentivo annuo | | 56.578 | |

Tabella 9.24– Stima dell'incentivo da Conto Termico

| STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO | |
|--|-----------------------|
| Percentuale spesa ammissibile per EEM1-2-3-4 | 55% |
| Costo massimo ammissibile per EEM1 | 450 €/m ² |
| Costo massimo ammissibile per EEM2 | 200 €/m ² |
| Costo massimo ammissibile per EEM3 | 100 €/ m ² |
| Costo massimo ammissibile per EEM4 | 130 €/kWt |
| Costo massimo ammissibile per EEM5 | n/a |
| Valore massimo incentivo EEM1 | 100.000 € |
| Valore massimo incentivo EEM2 | 400.000 € |
| Valore massimo incentivo EEM3 | 400.000 € |
| Valore massimo incentivo EEM4 | 40.000 € |
| Valore massimo incentivo EEM5 | n/a |

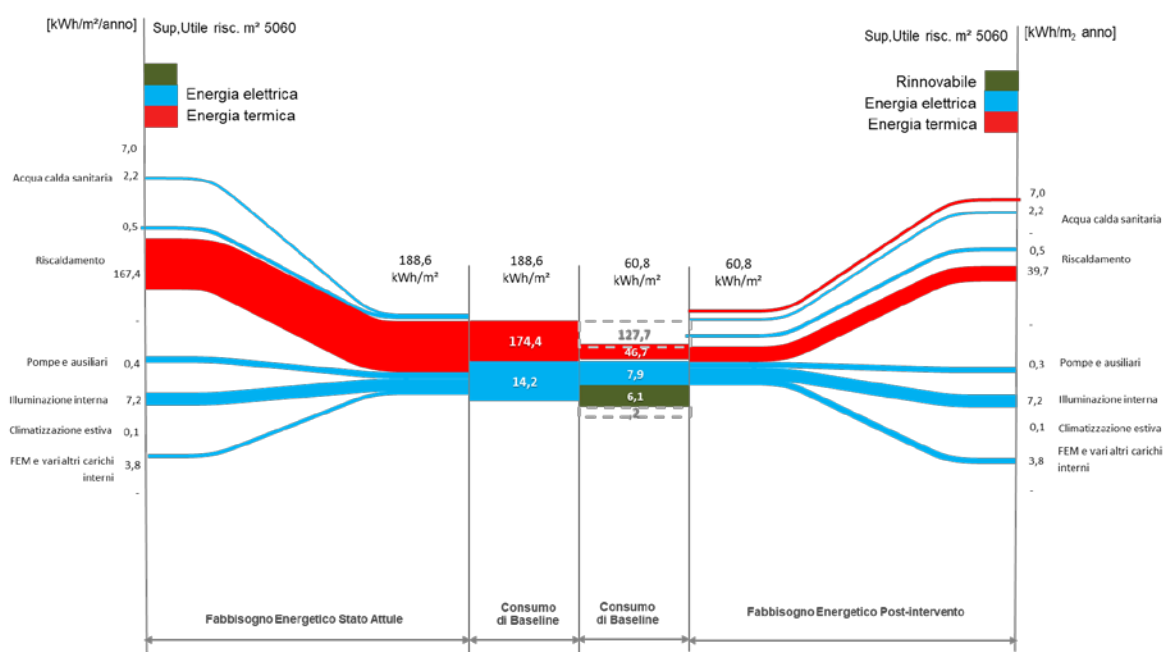
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.17 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare come, rispetto allo scenario precedente, essendo prevista anche la sostituzione dei serramenti, la riduzione del fabbisogno globale di energia per il riscaldamento sia maggiore, mentre l'incremento del rendimento del generatore di calore è paragonabile.

Figura 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



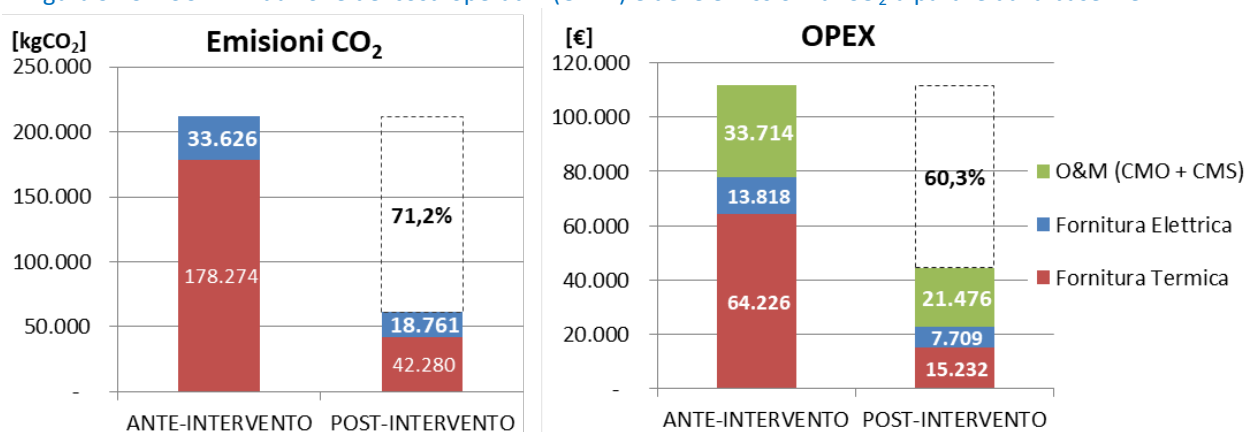
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.25 e nella Figura 9.19.

Tabella 9.25 – Risultati analisi SCN2

| CALCOLO RISPARMIO | U.M. | ANTE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO | RIDUZIONE % |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| EM 1 [Trasmittanza] | [W/m²K] | 5,98 | 1,5 | 74,9% |
| EM 2 [Trasmittanza] | [W/m²K] | 2,77 | 0,21 | 92,3% |
| EM 3 [Trasmittanza] | [W/m²K] | 1,445 | 0,254 | 82,4% |
| EM 4 [Rendimento di generazione] | [%] | 87 | 96 | -10,2% |
| EM 5 [Producibilità] | [kWh] | 0 | 31.070 | -100,0% |
| $Q_{teorico}$ | [kWh] | 847.126 | 200.909 | 76,3% |
| $EE_{teorico}$ | [kWh] | 72.342 | 40.362 | 44,2% |
| $Q_{baseline}$ | [kWh] | 882.545 | 209.309 | 76,3% |
| $EE_{baseline}$ | [kWh] | 72.005 | 40.174 | 44,2% |
| Emiss. CO2 Termico | [kgCO ₂] | 178.274 | 42.280 | 76,3% |
| Emiss. CO2 Elettrico | [kgCO ₂] | 33.626 | 18.761 | 44,2% |
| Emiss. CO2 TOT | [kgCO₂] | 211.900 | 61.042 | 71,2% |
| Fornitura Termica, C_Q | [€] | 64.226 | 15.232 | 76,3% |
| Fornitura Elettrica, C_{EE} | [€] | 13.818 | 7.709 | 44,2% |
| Fornitura Energia, C_E | [€] | 78.044 | 22.942 | 70,6% |
| C_{MO} | [€] | 26.634 | 18.644 | 30,0% |
| C_{MS} | [€] | 7.080 | 2.832 | 60,0% |
| O&M ($C_{MO} + C_{MS}$) | [€] | 33.714 | 21.476 | 36,3% |
| OPEX | [€] | 111.758 | 44.417 | 60,3% |
| Classe energetica | [-] | F | C | +3 classi |

Nota: i fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,192 [€/kWh]

Figura 9.19 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.26 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

| PARAMETRI FINANZIARI | | |
|--|-------------------------|-------------|
| Anni Costruzione | n_i | 1 |
| Anni Gestione Servizio | n_s | 24 |
| Anni Concessione | n | 25 |
| Anno inizio Concessione | n_o | 2020 |
| Anni dell'ammortamento | n_A | 10 |
| Saggio Cassa Deposito e Prestiti | k_{cdp} | 2,00% |
| Costo Capitale Azienda | WACC | 4,00% |
| $k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$ | $k_{progetto}$ | 4,00% |
| Inflazione ISTAT | f | 0,50% |
| deriva dell'inflazione | f' | 0,70% |
| %, interessi debito | k_D | 3,82% |
| %, interessi equity | k_E | 9,00% |
| Aliquota IRES | IRES | 24,0% |
| Aliquota IRAP | IRAP | 3,9% |
| Aliquota fiscale | τ | 27,90% |
| Anni debito (finanziamento) | n_D | 10 |
| Anni Equity | n_E | 24 |
| Costi d'Investimento diretti, IVA incl. | I_o | € 1.208.801 |
| Oneri Finanziari (costi indiretti) | %Of | 3,00% |
| Costi d'Investimento indiretti, IVA incl. | Of | € 36.264 |
| Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl. | CAPEX | € 1.245.065 |
| %CAPEX a Debito | D | 80,0% |
| %CAPEX a Equity | E | 20,00% |
| Debito | I_D | € 996.052 |
| Equity | I_E | € 249.013 |
| Fattore di annualità Debito | FA_D | 8,30 |
| Rata annua debito | q_D | € 119.980 |
| Costo finanziamento, (D+INT _D) | $q_D * n_D$ | € 1.199.801 |
| Costi per interessi debito, INT _D | $INT_D = q_D * n_D - D$ | € 203.749 |

Tabella 9.27 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

| PARAMETRI ECONOMICI | | |
|---|-------------------|-----------|
| Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl. | C_{ED} | € 63.970 |
| Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl. | C_{MO} | € 27.634 |
| Spesa PA pre-intervento (Baseline) | $C_{Baseline}$ | € 91.605 |
| Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl. | C_{Altro} | € - |
| Riduzione% costi fornitura Energia | $\% \Delta C_E$ | 70,6% |
| Riduzione% costi O&M | $\% \Delta C_M$ | 36,3% |
| Obiettivo riduzione spesa PA | $\% C_{Baseline}$ | 1,0% |
| Risparmio annuo PA garantito | 45,6% | € 50.942 |
| Risparmio annuo PA immediato durante la gestione | Risp.IM | € 916 |
| Risparmio PA durante la concessione | 14% | € 422.642 |
| Risparmio annuo PA al termine della concessione | Risp.Term. | € 74.436 |
| N° di Canoni annuali | anni | 24 |
| Utile lordo della ESCO | $\% CAPEX$ | 19,80% |
| Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl. | C_{ESCO} | € 10.271 |
| Costi FTT €/anno IVA escl. | C_{FTT} | € 8.490 |
| Costi CAPEX €/anno IVA escl. | C_{CAPEX} | € 31.265 |
| Canone O&M €/anno | CnM | € 18.747 |
| Canone Energia €/anno | CnE | € 21.916 |
| Canone Servizi €/anno IVA escl. | CnS | € 40.663 |
| Canone Disponibilità €/anno IVA escl. | CnD | € 50.026 |
| Canone Totale €/anno IVA escl. | Cn | € 90.689 |
| Aliquota IVA % | IVA | 22% |
| Rimborso erariale IVA | R_{IVA} | € 217.981 |
| Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA | R_B | € 276.721 |
| Durata Incentivi, anni | n_B | 5 |
| Inizio erogazione Incentivi, anno | | 2022 |

Tabella 9.28 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

| INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE | | |
|---|------------|---------|
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 15,51 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | >25 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN < 0 | <0 |
| Tasso interno di rendimento del progetto | TIR < WACC | 3,71% |
| Indice di Profitto | IP | -0,0214 |
| INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE | | |
| Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni | T.R.S. | 19,71 |
| Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni | T.R.A. | >25 |
| Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io | VAN < 0 | <0 |
| Tasso interno di rendimento dell'azionista | TIR < ke | 3,93% |
| Debit Service Cover Ratio | DSCR < 1,3 | 0,857 |
| Loan Life Cover Ratio | LLCR > 1 | 1,394 |
| Indice di Profitto Azionista | IP | -0,1015 |

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

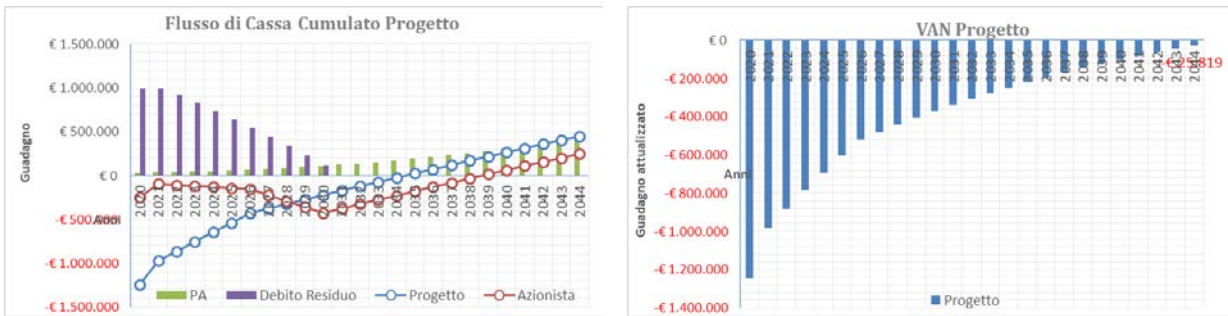
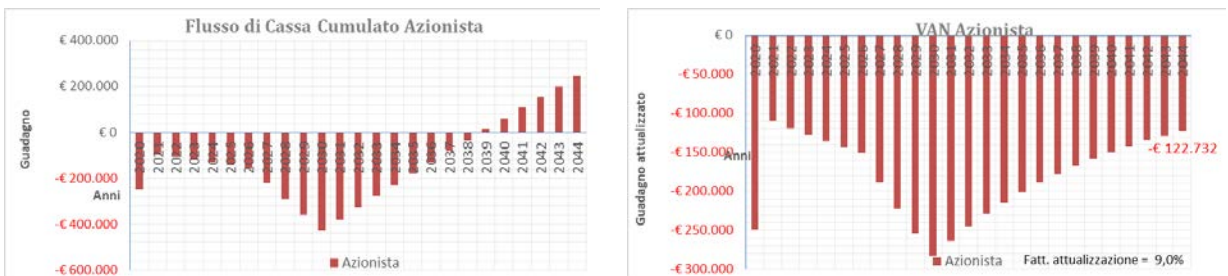


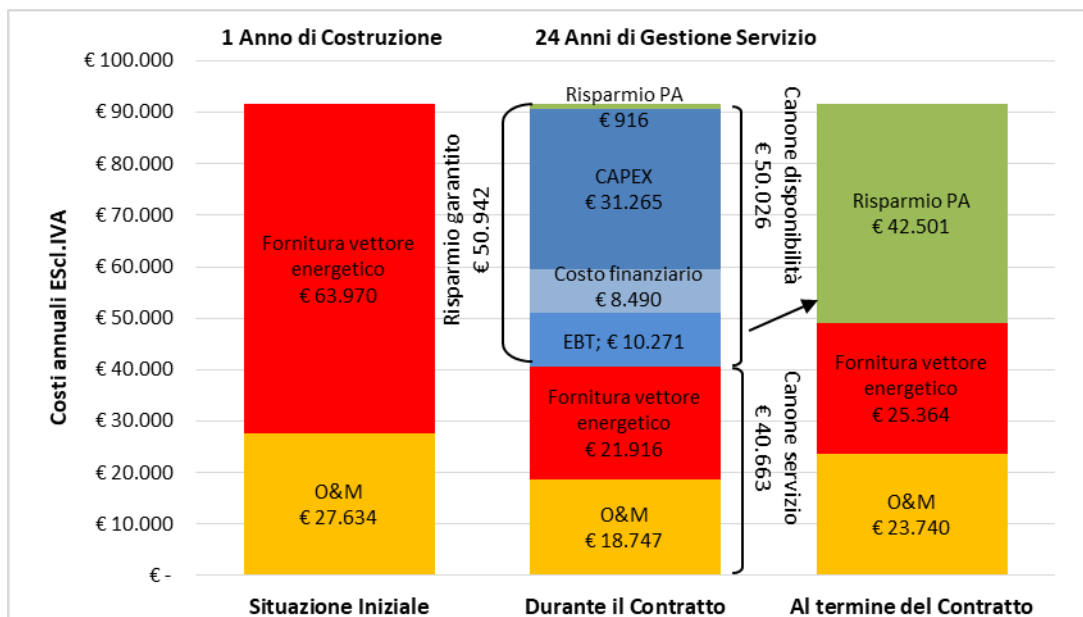
Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo Scenario 2 risulta avere un TRS inferiore a 25 anni sia dal punto di vista del progetto sia da quella della ESCO. Analizzandone tuttavia la sostenibilità finanziaria, si osserva come l’intervento non produca VAN positivi nell’orizzonte temporale considerato; conseguentemente anche i valori dei principali indicatori, come TIR e DSCR risultano insufficienti.

Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.16.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

La classe di merito che si ottiene confrontando gli indici di performance energetica dell'edificio oggetto di analisi con la classificazione riportata nelle Linee Guida ENEA – FIRE porta a un giudizio INSUFFICIENTE sia per l'indice IEN_R sia per l'indice IEN_E .

| COMBUSTIBILE | IEN_R | | | IEN_E | | |
|-------------------|-----------------------------|------|------|--------------------------|------|------|
| | Wh/(m ³ GG anno) | | | Wh/(m ³ anno) | | |
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Gas Naturale | 34,2 | 28,5 | 30,5 | - | - | - |
| Energia elettrica | - | - | - | 12,9 | 13,2 | 12,7 |

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

L'analisi di sostenibilità finanziaria dei due scenari ha dato come risultato ottimale, in termini di salto di classe energetica, tempo di ritorno e remunerabilità dell'investimento, lo Scenario 1.

Di seguito si riassumono i risultati dello scenario sopra citato.

| | SENZA INCENTIVI | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|---------|--------|--------|-----|-----|-------|------|------|
| | % Δ_E | % Δ_{CO_2} | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | VAN | TIR | IP | DSCR | LLCR |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] | | |
| SCN 1 | 44,2 | 44,2 | 28.279 | 6.549 | 3.482 | 565.064 | >15 | >15 | < 0 | < 0 | -0,21 | 0,81 | 0,93 |

| | CON INCENTIVI | | | | | | | | | | | | |
|-------|---------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|---------|--------|--------|-------|------|-------|------|------|
| | % Δ_E | % Δ_{CO_2} | ΔC_E | ΔC_{MO} | ΔC_{MS} | I_0 | TRS | TRA | VAN | TIR | IP | DSCR | LLCR |
| | [%] | [%] | [€/anno] | [€/anno] | [€/anno] | [€] | [anni] | [anni] | [€] | [%] | [-] | | |
| SCN 1 | 44,2 | 44,2 | 28.279 | 6.549 | 3.482 | 565.064 | 8,7 | 13,9 | 8.625 | 11,6 | 0,015 | 1,09 | 1,08 |

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'analisi dei consumi di energia termica ed elettrica e dei possibili scenari di intervento dell'edificio oggetto di DE ha portato alle seguenti conclusioni:

- gli impianti per la produzione e la distribuzione di energia presentano bassi rendimenti;
- è stata constatata la presenza di elevate dispersioni di calore attraverso l'involucro;
- è stato constatato un discomfort termoigrometrico nella Scuola Firpo, dove gli utenti segnalano condizioni di umidità relativa molto basse, confermate dai rilievi strumentali effettuati in sede di sopralluogo.

Analizzando i tempi di ritorno delle singole EEM proposte si è portati a prediligere gli interventi di riqualificazione che coinvolgono gli impianti, per via della loro maggiore remunerabilità. Tuttavia bisogna considerare che il dimensionamento corretto di un impianto termico dipende dal suo involucro, di conseguenza, la scelta più corretta da un punto di vista energetico è sempre quella di iniziare riqualificando l'involucro edilizio, e solo successivamente passare agli impianti. In questo modo si può ad esempio evitare una spesa eccessiva per l'installazione di una caldaia di una data potenza, poiché, in seguito alla coibentazione della muratura, sarà sufficiente un generatore di taglia inferiore.

Per le ragioni sopra esposte in entrambi gli scenari proposti SCN1 e SCN2, oltre alla riqualificazione degli impianti, sono stati inclusi anche interventi di efficientamento dell'involucro.



Si propone l'attuazione di un Piano di Misure e Verifiche (PMV) in accordo con il protocollo EVO (Efficiency Valutation Organization) per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

Per poter massimizzare i benefici delle EEM proposte e mitigare le problematiche di discomfort emerse, si suggerisce la realizzazione di campagne di sensibilizzazione degli utenti finali volte a:

- favorire un uso più razionale dell'energia incrementando la consapevolezza delle proprie azioni sul risparmio energetico
- migliorare la gestione dei sistemi di regolazione, come ad esempio le valvole termostatiche, attraverso l'informazione agli utenti circa il loro funzionamento;

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

| | Titolo | Data | Nome file |
|----|-----------------------------------|---------|----------------------------|
| 01 | TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO | 10/1997 | E01318 |
| 02 | TAVOLA PIANO 1 | 10/1997 | PIAN1 |
| 03 | TAVOLA PIANO 2 | 10/1997 | PIAN2 |
| 04 | TAVOLA PIANO 3 | 10/1997 | PIAN3 |
| 05 | TAVOLA PIANO 4 | 10/1997 | PIAN4 |
| 06 | TAVOLA PIANO COPERTURA | 10/1997 | PIANC |
| 07 | TAVOLA PIANO TERRA | 10/1997 | PIANT |
| 08 | TAVOLA PIANO SEMINTERRATO | 10/1997 | PIAN1SSP |
| 09 | TAVOLA EX ABITAZIONE CUSTODE | 10/1997 | UIU001 |
| 10 | SCHEMA CENTRALE TERMICA | 06/2017 | 114-S01-001 |
| 11 | CENSIMENTO PIANO TERRA | 06/2017 | L1-042-114-P00 |
| 12 | CENSIMENTO PIANO 1 | 06/2017 | L1-042-114-P01 |
| 13 | CENSIMENTO PIANO 2 | 06/2017 | L1-042-114-P02 |
| 14 | CENSIMENTO PIANO 3 | 06/2017 | L1-042-114-P03 |
| 15 | CENSIMENTO PIANO 4 | 06/2017 | L1-042-114-P04 |
| 16 | CENSIMENTO PIANO S01 | 06/2017 | L1-042-114-PS01 |
| 17 | CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST | 06/2017 | L1-042-114-P00 - Checklist |
| 18 | CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST | 06/2017 | L1-042-114-P01 - Checklist |
| 19 | CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST | 06/2017 | L1-042-114-P02 - Checklist |
| 20 | CENSIMENTO PIANO 3-CHECKLIST | 06/2017 | L1-042-114-P03 - Checklist |
| 21 | CENSIMENTO PIANO 4-CHECKLIST | 06/2017 | L1-042-114-P04 - Checklist |
| 22 | CENSIMENTO PIANO S01 -CHECKLIST | 06/2017 | L1-042-117-S01 - Checklist |
| 23 | FATTURA DEL 06/03/2014 | - | 5700065499 |
| 24 | FATTURA DEL 20/03/2014 | - | 5700098221 |
| 25 | FATTURA DEL 23/04/2014 | - | 5700134954 |
| 26 | FATTURA DEL 27/05/2014 | - | 5700176200 |
| 27 | FATTURA DEL 23/06/2014 | - | 5700214973 |
| 28 | FATTURA DEL 21/07/2014 | - | 5700248946 |
| 29 | FATTURA DEL 08/08/2014 | - | 5700261641 |
| 30 | FATTURA DEL 12/09/2014 | - | 5700291259 |
| 31 | FATTURA DEL 14/10/2014 | - | 5700345571 |
| 32 | FATTURA DEL 13/11/2014 | - | 5700373395 |
| 33 | FATTURA DEL 12/12/2014 | - | 5700411457 |
| 34 | FATTURA DEL 24/02/2015 | - | 5700477402 |
| 35 | FATTURA DEL 06/03/2015 | - | 5700510846 |
| 36 | FATTURA DEL 13/04/2015 | - | 5750081986 |
| 37 | FATTURA DEL 17/03/2015 | - | 5700544221 |
| 38 | FATTURA DEL 07/05/2015 | - | E000140843 |
| 39 | FATTURA DEL 11/03/2016 | - | E000163928 |
| 40 | FATTURA DEL 03/06/2015 | - | E000175671 |
| 41 | FATTURA DEL 02/09/2015 | - | E000337521 |
| 42 | FATTURA DEL 01/07/2015 | - | E000234064 |
| 43 | FATTURA DEL 03/08/2015 | - | E000281519 |
| 44 | FATTURA DEL 02/10/2015 | - | E000386675 |
| 45 | FATTURA DEL 02/11/2015 | - | E000432862 |
| 46 | FATTURA DEL 01/12/2015 | - | E000483581 |
| 47 | FATTURA DEL 02/01/2016 | - | E000018556 |

*E1318 – Scuole dell'infanzia Firpo e Bacigalupo e primaria Cantore*

| | | | |
|----|------------------------|---|--------------|
| 48 | FATTURA DEL 02/02/2016 | - | E000084133 |
| 49 | FATTURA DEL 16/06/2016 | - | E000310244 |
| 50 | FATTURA DEL 03/03/2016 | - | E000150589 |
| 51 | FATTURA DEL 03/03/2016 | - | E000150589 |
| 52 | FATTURA DEL 02/02/2016 | - | E000084134 |
| 53 | FATTURA DEL 01/04/2016 | - | E000194172 |
| 54 | FATTURA DEL 17/06/2016 | - | E000334603 |
| 55 | FATTURA DEL 02/05/2016 | - | E000238236 |
| 56 | FATTURA DEL 01/06/2016 | - | E000278553 |
| 57 | FATTURA DEL 16/05/2016 | - | 011640011738 |
| 58 | FATTURA DEL 13/10/2016 | - | 011640087941 |
| 59 | FATTURA DEL 28/06/2016 | - | 011640025275 |
| 60 | FATTURA DEL 25/07/2016 | - | 011640048519 |
| 61 | FATTURA DEL 24/08/2016 | - | 011640060830 |
| 62 | FATTURA DEL 26/09/2016 | - | 011640074903 |
| 63 | FATTURA DEL 19/12/2016 | - | 011640126636 |
| 64 | FATTURA DEL 14/03/2017 | - | 011740042570 |
| 65 | FATTURA DEL 15/11/2016 | - | 011640100078 |
| 66 | FATTURA DEL 16/01/2017 | - | 011740001581 |

ALLEGATO B – ELABORATI

| | Titolo | Data | Nome file |
|----|--|---------|--|
| 01 | ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P00 | 02/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0 |
| 02 | ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P01 | 02/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1 |
| 03 | ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P02 | 02/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2 |
| 04 | ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P03 | 02/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP3 |
| 05 | ALLEGATO B – Elaborato planimetrico P04 | 02/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP4 |
| 06 | ALLEGATO B – Elaborato planimetrico S01 | 02/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoS1 |
| 07 | ALLEGATO B – DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM | 04/2018 | E1318 Grafici_Template_rev13 |
| 08 | ALLEGATO B – Analisi fatture fornitura elettrica | 03/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica |
| 09 | ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico |

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

| | Titolo | Data | Nome file |
|----|--|---------|--|
| 01 | ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA | 03/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica |

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Il presente allegato è finalizzato ad illustrare l'utilizzo o motivare il mancato utilizzo degli strumenti di diagnostica strumentale dichiarati nella Proposta Tecnica (Relazione illustrativa sulla metodologia di lavoro e gestione della commessa).

RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL'APPALTO

Le risorse strumentali in dotazione dedicate all'appalto, descritte nel suddetto documento, sono di seguito elencate.

| N. | Strumento |
|----|---|
| 01 | DISTANZIOMETRO LASER LEICA Disto A2 |
| 02 | SPESSIVETRO MERLIN GLAZER GMGlass |
| 03 | LUXMETRO DELTA-OHM HD 2102.2 |
| 04 | TERMOFLUSSIMETRO EXTRATECH THERMOZIG SN20/21/22/23/24 |
| 05 | TERMOCAMERA FLIR T335 |
| 06 | TERMOIGROMETRO EXTECH MO297 |
| 07 | Centralina Microclimatica DELTA-OHM HD 32.3 |
| 08 | PINZA AMPEROMETRICA FLUKE 345 |

STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

MISURE METRICHE

Distanziometro e bindella metrica

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di metro laser e bindella metrica al fine di verificare le misure planimetriche del fabbricato e rilevare le dimensioni dei serramenti, le quote e gli spessori dei componenti edilizi.

A seconda del tipo di misura da rilevare è stato utilizzato il primo o il secondo strumento, sulla base della praticità di impiego.

Tali strumenti, per loro natura, non producono un output ma restituiscono valori da leggere istantaneamente; ad ogni modo il modello tridimensionale dell'edificio elaborato con il software di calcolo è da considerarsi come il risultato delle misure effettuate, riproducendo fedelmente tutte le caratteristiche plani-volumetriche reali.

Di seguito si riportano delle fotografie che documentano l'utilizzo degli strumenti durante il sopralluogo presso l'edificio oggetto di DE.



Spessivetro

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di uno spessivetro al fine di rilevare le caratteristiche dimensionali dei vetri.

Analogamente alle altre misure metriche, lo strumento, per sua natura, non produce un output ma restituisce valori da visualizzare istantaneamente; gli esiti delle misure sono riportati nel paragrafo 4.1.2.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l’utilizzo dello strumento durante il sopralluogo presso l’edificio oggetto di DE.



MISURE ILLUMINOTECNICHE

Durante il sopralluogo non sono stati rilevate palesi situazioni di inadeguatezza del livello di illuminamento e non sono state riscontrate segnalazioni di particolari criticità in merito da parte degli utenti intervistati. Non essendo l’illuminamento un parametro di input della modellazione energetica e non essendo la progettazione illuminotecnica ambito del presente lavoro, si è ritenuto non necessario, stante l’assenza di anomalie, un approfondimento diagnostico attraverso l’utilizzo di un luxmetro.

ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

L’acquisizione dei dati necessari per la diagnosi energetica di un edificio esistente risulta spesso problematica a causa delle difficoltà di reperimento dei dati progettuali. Per questo motivo, in assenza di informazioni precise, risulta indispensabile effettuare delle misure strumentali sul campo. Per quanto concerne la valutazione della trasmittanza termica dell’involucro edilizio si procede tenendo conto dei seguenti possibili scenari:

| Condizione | Metodo |
|---|--|
| Stratigrafia della struttura nota (sono disponibili i disegni aggiornati del progetto architettonico o della relazione di legge 10/91) | La trasmittanza viene calcolata in accordo con la norma UNI EN ISO 6946 |
| Stratigrafia della struttura non nota ma edificio riconducibile ad una determinata tipologia edilizia di cui si conoscono le stratigrafie | La trasmittanza viene stimata avvalendosi di opportuni abachi di riferimento (ES: raccomandazioni CTI, norma UNI TS 11300) |
| Stratigrafia della struttura non nota | Si esegue un foro nella struttura (endoscopio o carotaggio) per determinare la stratigrafia e si procede al calcolo in accordo con la norma UNI EN ISO 6946 Si determina la trasmittanza mediante misura in opera (termoflussimetria) in accordo con la norma ISO 9869 |

Nel caso non sia possibile determinare la stratigrafia della struttura o non siano note le proprietà termofisiche dei materiali utilizzati, il rilievo termoflussimetrico risulta essere l’unica metodologia di indagine non invasiva.

Stima della trasmittanza della muratura dell’edificio oggetto di audit

Nel caso in esame le strutture del fabbricato sono riconducibili a tipologie edilizie di cui si conoscono le stratigrafie, grazie alla ridondanza di informazioni a disposizione:

| Tipo di informazione | Dettaglio |
|-------------------------------------|---|
| Informazioni reperite sull’edificio | Epoca costruttiva |
| Evidenze di sopralluogo | Riscontro acustico (suono pieno/vuoto) Spessori murari rilevati con bindella metrica |
| Rilievo termografico | Osservazione diretta della trama muraria attraverso la tecnica della termografia attiva Osservazione indiretta della composizione muraria attraverso l’analisi dei ponti termici caratteristici della tipologia edilizia |

RILIEVI TERMOIGROMETRICI

Durante il sopralluogo sono state effettuate misure di temperatura e umidità relativa sia all’esterno sia all’interno degli ambienti, aventi le seguenti finalità:

- 1) individuazione di eventuali anomalie legate al comfort termoigrometrico;
- 2) individuazione di eventuali anomalie legate alla regolazione degli impianti termici;
- 3) quantificazione dei parametri di settaggio della termocamera.

Per quanto concerne i primi due punti, le misurazioni istantanee effettuate tramite il termoigrometro sono risultate congruenti con quanto dichiarato dagli utenti, pertanto non si è ritenuto necessario procedere all’installazione della centralina climatica per acquisire dati in continuo.

Per l’ultimo punto, il termoigrometro rappresenta infine l’unico strumento idoneo, in quanto la termocamera richiede come dati di input i valori di temperatura e umidità relativa registrati istantaneamente al momento del rilievo.

Di seguito si riportano delle fotografie che documentano l’utilizzo del termoigrometro durante il sopralluogo presso l’edificio oggetto di DE.

**MISURE ELETTRICHE**

Durante il sopralluogo è stato effettuato un censimento di dettaglio di tutte le utenze elettriche presenti all’interno del fabbricato. Ove possibile sono stati rilevati i dati di targa riportanti la potenza o l’assorbimento nominale. Tali dati sono stati utilizzati, congiuntamente agli orari di utilizzo, per stimare il consumo annuo di ciascuna utenza. Per le apparecchiature sprovviste di targa non è stato ad ogni modo necessario effettuare rilievi strumentali, infatti, trattandosi di dispositivi di comune utilizzo nelle scuole è stato possibile avvalersi di valori di letteratura e/o derivanti dall’esperienza pregressa in attività svolte in edifici aventi una dotazione analoga.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

| | Titolo | Data | Nome file |
|----|---|---------|--|
| 01 | ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo |
| 02 | ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo |

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

| | Titolo | Data | Nome file |
|----|---------------------------------------|---------|---|
| 01 | ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE | 03/2017 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita |

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

| | Titolo | Data | Nome file |
|----|--|---------|---|
| 01 | ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA – Bacigalupo e Cantore | 02/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoG- ApeStatoDiFattoSubA |
| 02 | ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA – Firpo | 02/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoG- ApeStatoDiFattoSubB |
| 03 | ALLEGATO G – FAC SIMILE ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA – Intero edificio | 02/2018 | ALLEGATO G_Lotto.2 – E1318_tot |

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

| | Titolo | Data | Nome file |
|----|--------------------------------------|---------|--|
| 01 | ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1 | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoH-ApeScenario1 |
| 02 | ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2 | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoH-ApeScenario2 |

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

| | Titolo | Data | Nome file |
|----|-----------------------------|---------|--|
| 01 | ALLEGATO I – DATI CLIMATICI | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoI-Dati climatici |

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

| | Titolo | Data | Nome file |
|----|------------------------------|---------|---|
| 01 | ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoJ-SchedaAudit |

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

| | Titolo | Data | Nome file |
|----|-------------------------|---------|---|
| 01 | ALLEGATO K – SCHEDE ORE | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoK-SchedeOre |

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

| | Titolo | Data | Nome file |
|----|--|---------|--|
| 01 | ALLEGATO L – PEF SCENARI CON INCENTIVI | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi |
| 02 | ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_senza incentivi |

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

| | Titolo | Data | Nome file |
|----|----------------------------------|---------|---|
| 01 | ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK | 04/2018 | DE_Lotto.2-E1318_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark |

ALLEGATO N – CD-ROM