

# SCUOLA PRIMARIA "EMILIO SALGARI"

## E1381

Salita San Barborino 9, 16149 Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



# **SCUOLA PRIMARIA “EMILIO SALGARI” E1381**

**SALITA SAN BARBORINO 9, 16149 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 0105573560 – 5573855; [energymanager@comune.genova.it](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://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](mailto:info@iqssrl.eu) ; <http://www.iqssrl.eu>

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	02/03/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Prima Pubblicazione
B	23/04/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisioni richieste dalla PA in data 10/04/2018
C	25/05/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 3.2
D	21/06/2018	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Elisa Bezzone	Ing. Fabio Gianola	Revisioni richieste dalla PA in data 20/06/2018

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

<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
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
<b>2 DATI DELL’EDIFICIO.....</b>	<b>7</b>
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.....	10
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>12</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	13
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>15</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	20
4.2.2 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	21
4.2.3 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	23
<b>LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.8 - RIEPILOGO</b>	
<b>CARATTERISTICHE GENERATORE E BRUCIATORE.....</b>	<b>24</b>
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	24
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	25
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	25
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	25
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	26
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	27
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>28</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	28
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	28
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	31
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	36
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>39</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	39
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	40
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	42
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	42
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	44
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>46</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	46
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	46



7.1.2	Vettore elettrico.....	47
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	50
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	51
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	51
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>53</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	53
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	53
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	61
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i> .....	63
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i> .....	63
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	63
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i> .....	65
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>66</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	66
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	71
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	80
9.3.1	<i>Scenario 1- SCN2: EEM1 + EEM3</i> .....	82
9.3.2	<i>Scenario 1- SCN1: EEM1 + EEM2 + EEM3+EEM6</i> .....	88
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>94</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	94
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	94
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	95
<b>ALLEGATO A –ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA .....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....</b>		<b>2</b>
<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>		<b>5</b>
<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>		<b>6</b>
<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>		<b>7</b>
<b>ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....</b>		<b>A</b>
<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>		<b>B</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

Il presente executive summary contiene il riassunto dei principali risultati ottenuti dall’analisi, con riferimento agli interventi fattibili ed all’individuazione dello scenario ottimale, con indicazione degli indicatori finanziari ottenuti; tali aspetti saranno descritti nei capitoli 8 e 9.

La sintesi contenuta nel presente paragrafo contiene:

1. Consumi attuali e indicatori di performance allo stato di fatto;
2. Principali interventi migliorativi individuati;
3. Tabella riassuntiva scenari ottimali per ESCO: baseline, scenari interventi, investimento e indicatori economici e di sostenibilità finanziaria

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1982
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 - Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.789
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.925
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	6.559
Rapporto S/V	[1/m]	0,43
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.306
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.077
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3.011
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizione a gas per la sola climatizzazione invernale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	176,20
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		2014: Gasolio + Gas metano 2015 / 2016: Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici per la sola produzione di ACS
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	33,37
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	107.437
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	8.709
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	24.995
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.164

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- **EEM 1** Relamping
- **EEM 2** Sostituzione delle chiusure trasparenti (Serramenti) piani fuori terra
- **EEM 3** Sostituzione del generatore di calore tradizione con Pompa di Calore
- **EEM 4** Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)
- **EEM 5** Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)
- **EEM 6** Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)
- **SCN 1** EEM1+ EEM3
- **SCN 2** EEM1+ EEM2+ EEM3+ EEM6

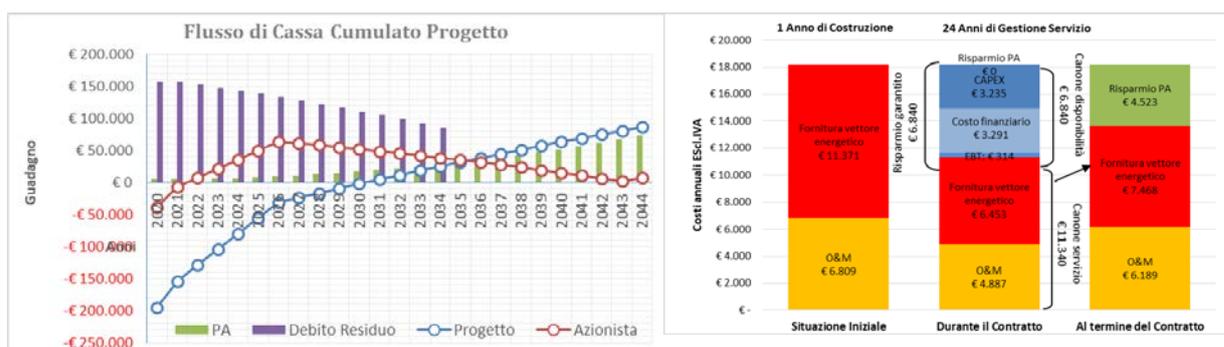
Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

CON INCENTIVI														
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0^1$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]
EEM 1	5,3%	5,0%	733	0	0	5.965	9,0	10,3	8	-1.370	-3,0%	-0,23		
EEM 2	11,5%	11,9%	1.595	0	0	112.292	52,7	77,9	30	-71.096	-4,1%	-0,63		
EEM 3	5,8%	11,5%	2.545	1.312	1.396	39.690	4,3	4,8	15	20.565	14,2%	0,52		
EEM 4	54,3%	56,3%	7.540	0	0	212.521	16,7	30,1	30	-844	4,0%	-0,004		
EEM 5	43,9%	45,4%	6.087	0	0	180.250	17,8	31,4	30	-8.029	3,5%	-0,04		
EEM 6	13,1%	13,6%	1.823	0	0	32.271	9,6	13,7	30	13.187	8,4%	0,41		
SCN 1	38,0%	41,7%	5.268	1.312	1.396	45.655	5,7	6,5	15	17310	21,9%	0,38	0,6	2,7
SCN 2	51,3%	54,3%	7.119	1.312	1.396	190.218	2,5	2,8	25	24199	46,3%	0,13	1,1	0,5

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante sostituzione di tutte le lampade con sorgenti luminose a LED e nella riqualificazione impiantistica dell'impianto di climatizzazione invernale, sostituendo la caldaia tradizione con una Pompa di Calore elettrica ed installando le termovalvole sui radiatori esistenti.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante la realizzazione di un intervento di relamping, la sostituzione della caldaia tradizione con Pompa di Calore elettrica ed installazione termovalvole, la sostituzione serramenti dei piani fuori terra e l'isolamento della copertura.

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1 sono nello scenario 1 e DSCR minori di 1,3 in entrambi i casi.

## 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 CO<sub>2</sub>.

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 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 uguale rispettivamente a 25 o a 15 anni.

Figura 1.1 - Vista della facciata Nord-Ovest



### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla 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

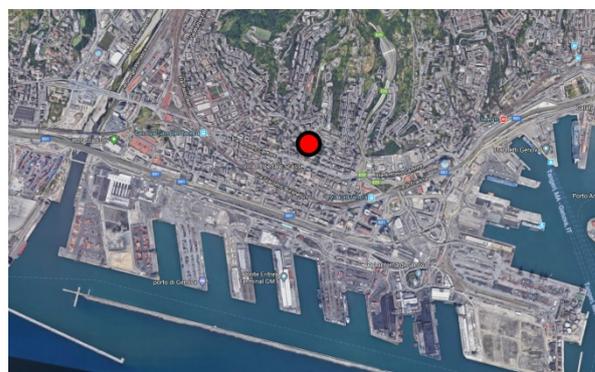
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Elena Mazzucco		Sopralluogo in sito
Ing. Elena Mazzucco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Elena Mazzucco		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Geom. Silvano Roberto		Tecnico Termografico secondo livello: rilievo termografico ed elaborazione report termografico
Ing. Elena Mazzucco		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, non è catastalmente individuato in quanto le informazioni reperite catastalmente (NCT - sezione D - Fg.40 - Mapp. 108 e 109) si riferiscono solo a due terreni e non si individua in mappa nessun edificio). L'edificio è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere di Sampierdarena.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola elementare.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



Nella tabella a pagina seguente 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		1982
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 - Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.789
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.925
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	6.728
Rapporto S/V	[1/m]	0,43
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.306

Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.077
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3.011
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore tradizione a gas per la sola climatizzazione invernale	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	465
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile	2014: Gasolio + Gas metano 2015 / 2016: Gas metano	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler Elettrici per la sola produzione di ACS	
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	33,37
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>rt</sub> /anno]	107.437
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	8.709
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	24.995
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.164

Nota (1): Valori di Baseline

La superficie utile è stata valutata tramite le tavole fornite dalla Committenza, considerando l'intero edificio.

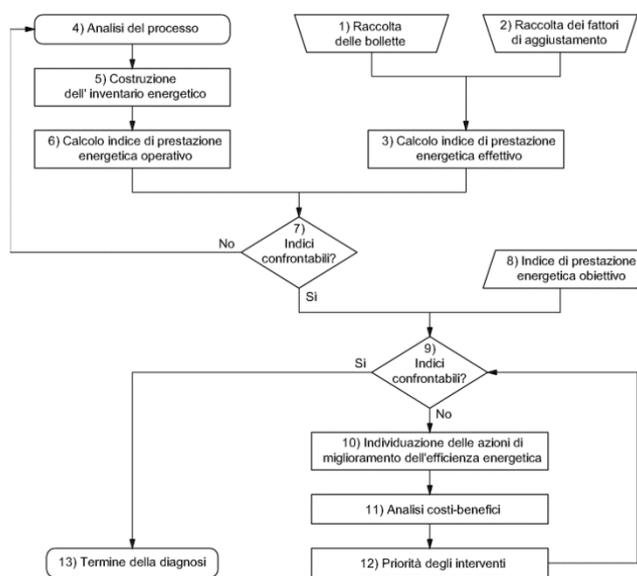
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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, 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<sub>real</sub>), 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 CO<sub>2</sub>) 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<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>ref</sub>);
- Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) 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.

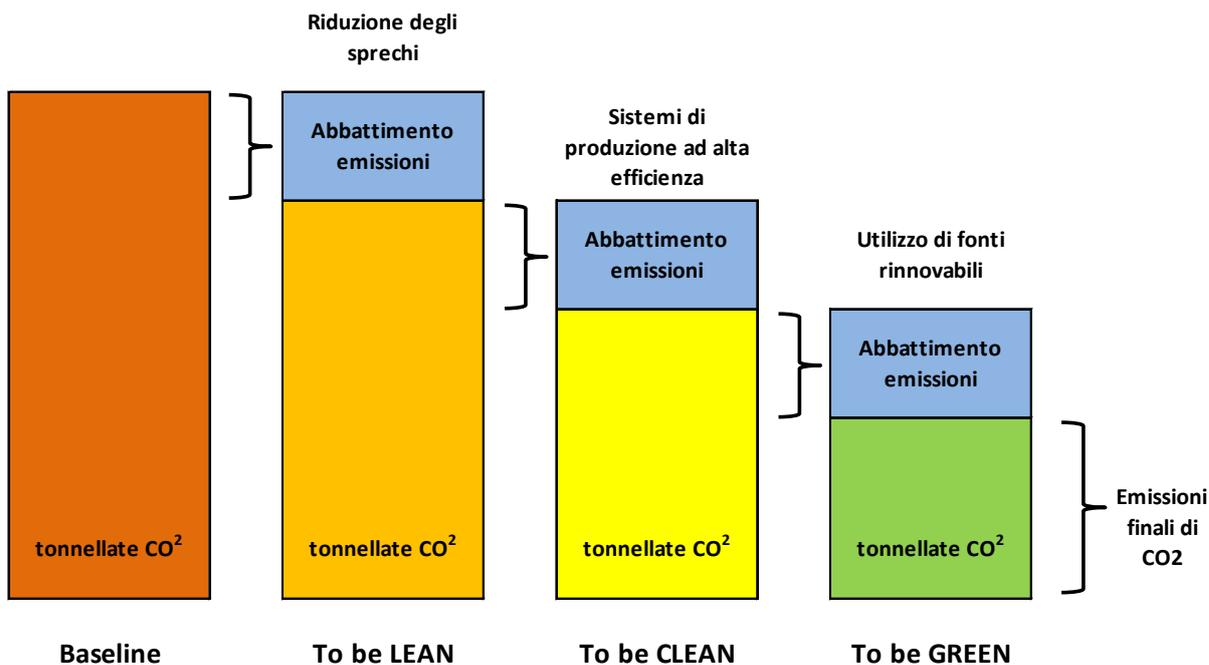
Figura 1.3–Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



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.

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica

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 CO<sub>2</sub>, 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 energetico primario.

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domanda d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e a 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 dalle riqualificazioni 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 una 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:

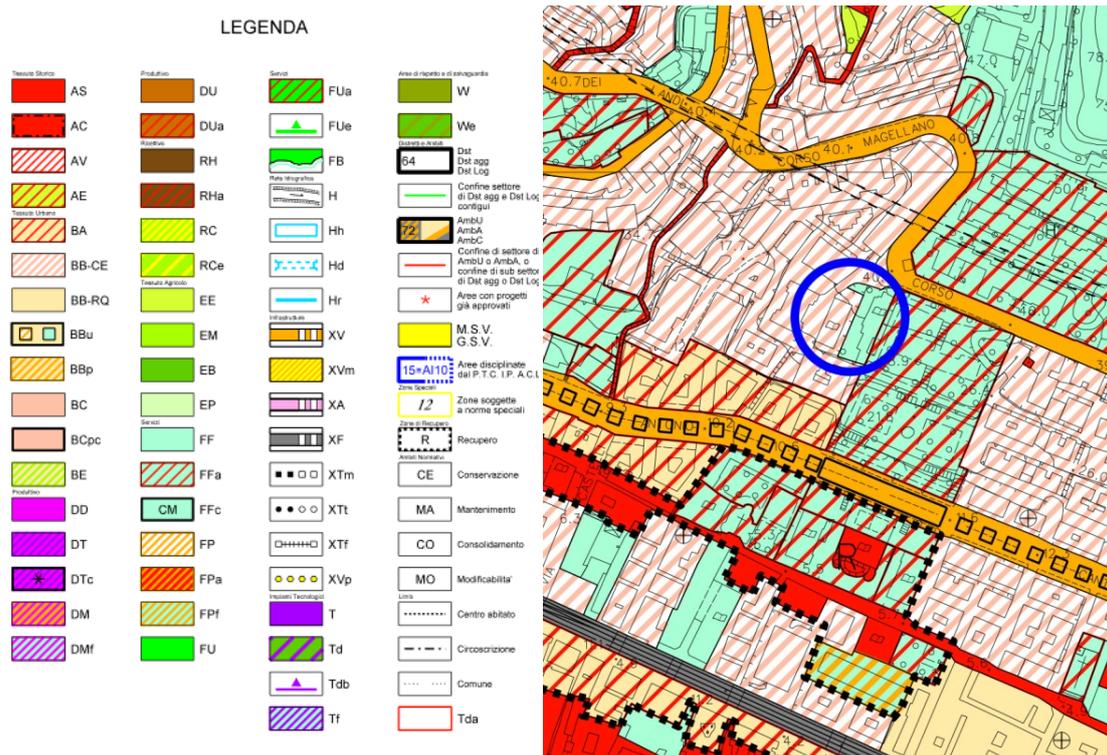
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 il 3/12/2015, 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 - Estratto dal Piano Urbanistico Comunale (fuori scala)



### 2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO

L'edificio scolastico risale al 1982, non ha mai subito interventi di ristrutturazione o trasformazione. Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.

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

L'edificio scolastico è frequentato da 200 alunni (anno 2017/2018) ed il personale si misura invece in 29 unità. Vista l'ampiezza del plesso scolastico si può affermare che la riqualificazione energetica dell'edificio porterebbe ad una maggiore interesse sociale nell'edificio, oltre ad una valorizzazione di tipo economico. Le operazioni di ristrutturazione rappresenterebbero inoltre 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 quattro piani fuori terra e due piani seminterrati, nei quali si sviluppano le aule didattiche, i laboratori e gli ambienti di servizio.

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 Earth)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Secondo Seminterrato (2SS)	Magazzini, palestra	[m <sup>2</sup> ]	409,2	364,3	0
Primo Seminterrato (1SS)	Magazzini, bagni, spogliatoi palestra	[m <sup>2</sup> ]	409,2	146,2	0
Terra	Aule, bagni	[m <sup>2</sup> ]	479,7	420,1	0
Primo	Aule, bagni, uffici	[m <sup>2</sup> ]	479,7	420,1	0
Secondo	Aule, bagni	[m <sup>2</sup> ]	269,1	210,9	0
Terzo	Cucina, refettori, bagni, uffici	[m <sup>2</sup> ]	259,1	227,4	0
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>2.306</b>	<b>1.789</b>	<b>0</b>

Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (3): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

Dal punto di vista storico, Sampierdarena è diventato un quartiere di Genova nel 1962. Precedentemente era un’importante cittadina industriale di cui ha mantenuto le caratteristiche architettoniche ed attualmente è una delle aree più popolate della città.

Come mostra la figura 2.3 che riporta un estratto dal Geoportale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>), l’edificio che ospita la scuola non risulta vincolato.

Riferendosi inoltre anche al sito internet “Vincoli in Rete” a cura del Ministero dei Beni Culturali (<http://vincoliinretegeo.beniculturali.it/vir/vir/vir.html>), risulta che solo l’edificio adiacente a sud del fabbricato scolastico viene identificato come bene architettonico “di interesse culturale non verificato”. Tale segnalazione di interesse, priva di provvedimenti vincolistici, non incide dunque sugli eventuali interventi di riqualificazione energetica da svolgersi sull’edificio scolastico, il quale comunque manterrebbe inalterate le proprie caratteristiche morfologico-architettoniche, non andando ad alterare il contesto.

Nell’analisi delle EEM non si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti, tuttavia si procede nella compilazione della tabella 2.2 per omogeneità con le altre relazioni.

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

Ad est il lotto confina con un parco pubblico, ampiamente vegetato. Tuttavia questo non presenta elementi soggetti a tutela, né risulterà influenzato dagli interventi di riqualificazione energetica che si svolgeranno eventualmente sull'edificio.

Figura 2.3a - Estratto carta dei vincoli (fuori scala) dal sito Geoportale Regione Liguria

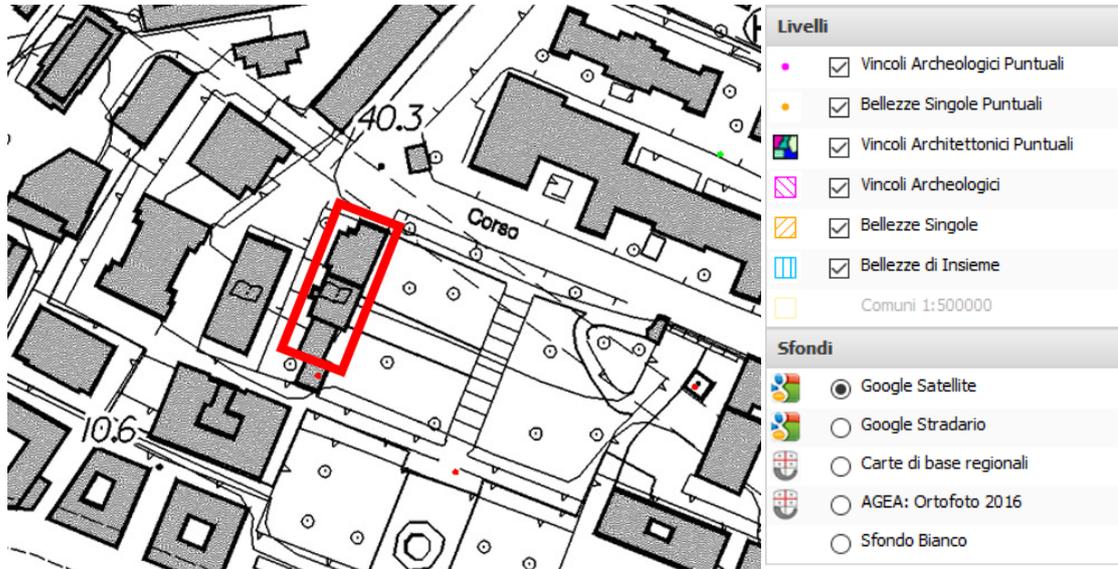


Figura 2.3 b - Estratto carta dei vincoli (fuori scala) dal sito Vincoli in Rete



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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: relamping	-		-
EEM 2: Sostituzione delle chiusure trasparenti (Serramenti)	-		-
EEM 3: Sostituzione del generatore di calore tradizione con Pompa di Calore	-		-
EEM 4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)	-		-
EEM 5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)	-		-
EEM 6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

Nessuna delle misure precedentemente indicate presenta interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

## 2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio (7:30-18:30), intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal personale scolastico presente durante il sopralluogo (7:00-18:00).

Durante il sopralluogo il personale non era a conoscenza tuttavia delle temperature di settaggio del riscaldamento.

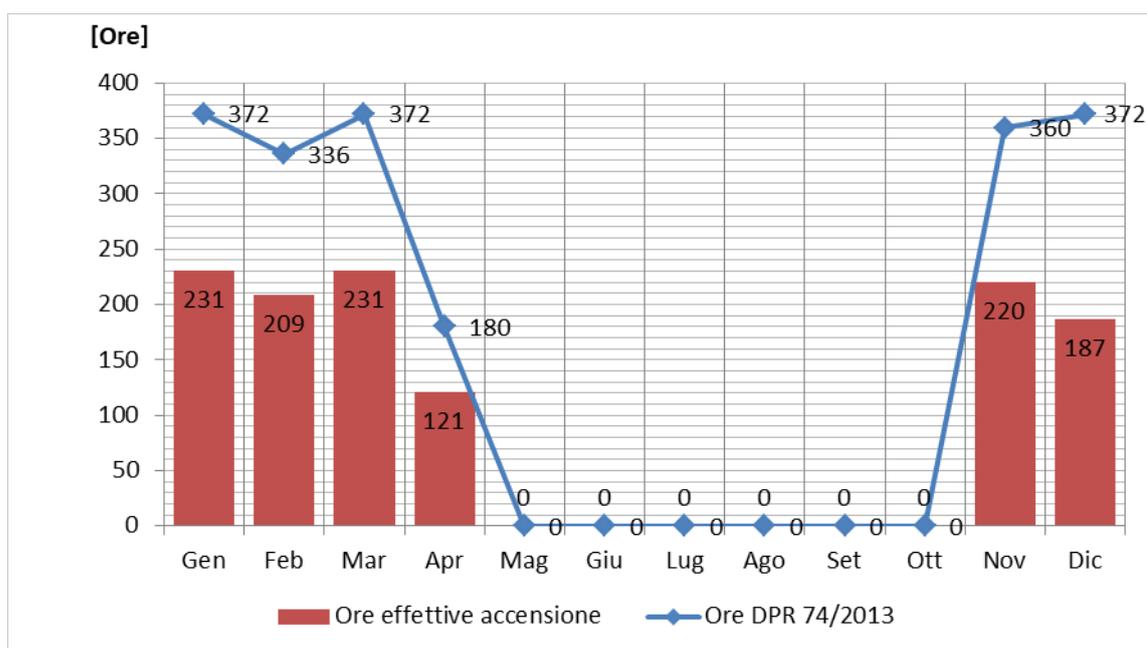
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale internet regionale, segna 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 i professori ed i maestri utilizzano 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
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7:30-18:30	7:00-18:00

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 strettamente correlati agli orari di occupazione della struttura.

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, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l’assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi.

Tale contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 ed 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 1421GG 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 926 GG calcolati su 111 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<sub>rif</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG<sub>rif</sub>

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 <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	201.60	21	21	202	21%
Febbraio	28	10,5	28	180.50	19	19	180	19%
Marzo	31	11,1	31	185.90	21	21	187	20%
Aprile	30	15,3	15	55.74	20	11	56	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	134.00	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	170.00	17	17	170	18%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>928.741</b>	<b>220</b>	<b>109</b>	<b>929</b>	<b>100%</b>

### 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 Stazione Meteo GENOVA-CENTRO FUNZIONALE –FOCE (GECF).

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

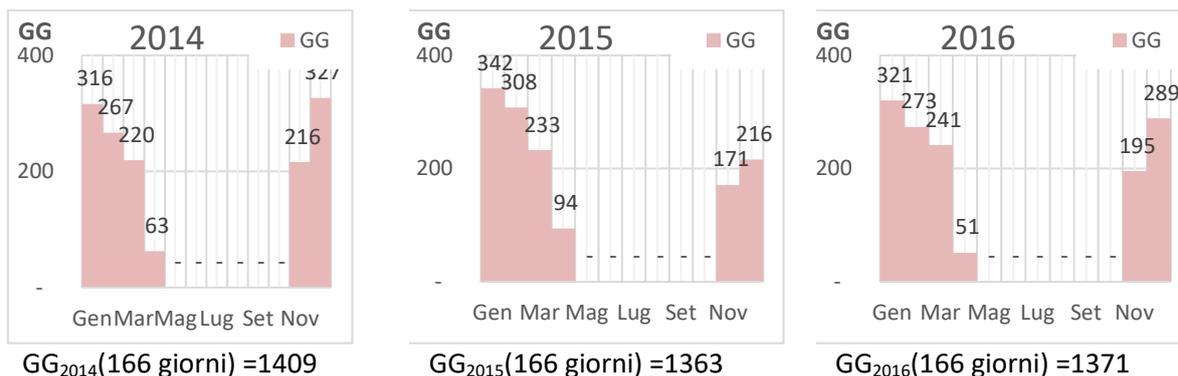
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



### 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<sub>reali</sub>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<sub>reali</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.

Figura 3.3 - Andamento mensile dei GG<sub>reali</sub>, 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.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

### 4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'edificio risulta costruito con una struttura in calcestruzzo, sia per quanto riguarda il sistema di travi-pilastri portanti, sia per quanto riguarda i tamponamenti.

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una tipologia muraria predominante composta da blocchi in calcestruzzo. La tipologia e stratigrafia sono variabili sulla base allo spessore murario, variabile da struttura a struttura, in un range che oscilla tra circa 20 e circa 50 cm.

L'involucro opaco orizzontale invece si compone di una struttura in laterocemento ricoperta da una guaina bituminosa.

Figura 4.1 - Particolare di una porzione di involucro



Questa soluzione realizzativa incide sul comportamento termico dell'edificio in quanto le componenti opache non risultano essere particolarmente performanti, poiché sostanzialmente prive di isolamento.

Analoghe considerazioni possono essere affrontate in relazione alle chiusure trasparenti, le quali non si presentano come grandemente performanti.

L'edificio è infatti stato costruito nel 1983, quando l'unica normativa vigente era la 373/1976, le cui prescrizioni non prevedevano elevate performance.

Figura 4.2 - Particolare della copertura, ripresa attraverso una griglia metallica

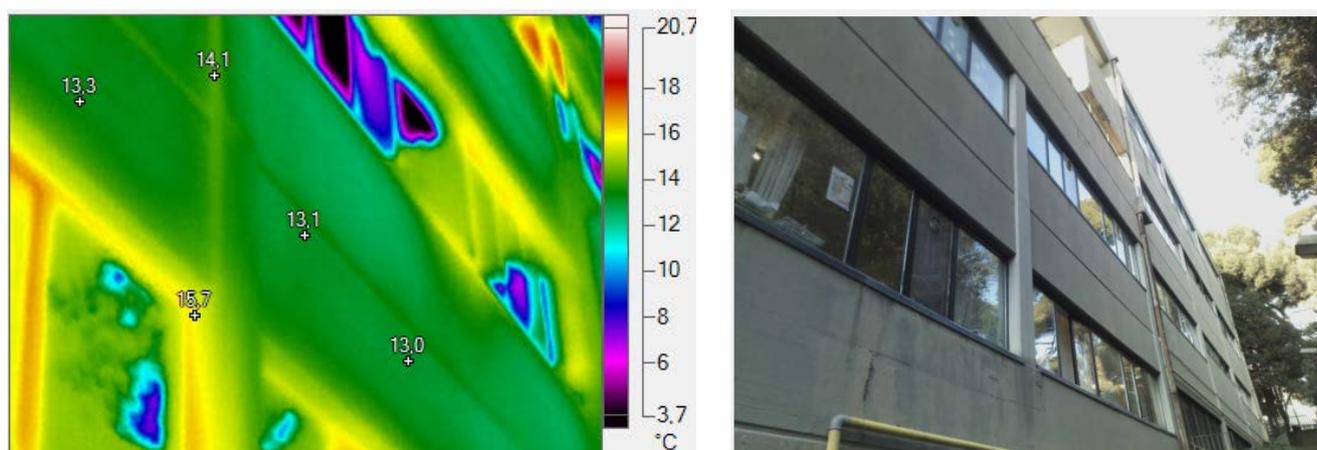


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera Flir E8.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

l'edificio è caratterizzato da un involucro con dispersioni localizzate in corrispondenza della struttura portante dell'edificio e dei ponti termici geometrici con serramenti estremamente poco prestanti.

Figura 4.3 –Rilevo termografico della parete est (immagine termografica – immagine visibile)



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
Copertura	C1	40	Assente	1,40	Sufficiente
Parete verticale in CA	M1	27	Assente	2,328	Buono
Parete verticale in CA	M2	30	Assente	2,184	Buono
Parete verticale in CA	M3	35	Assente	1,98	Sufficiente
Parete verticale in CA verso interno	M4	12	Assente	2,611	Sufficiente
Parete verticale in CA	M5	17	Assente	2,983	Sufficiente
Parete verticale di spessore maggiore	M6	48	Assente	1,59	Sufficiente
Parete verticale di spessore minore	M5	18	Assente	2,98	Sufficiente
Solaio su vespaio / ZNR	P1-P2	44	Assente	1,97	Sufficiente
Solaio di soffitto	S1	44	Assente	1,98	Sufficiente

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 una varietà di tipologie di serramenti: sia metallici, sia plastici; sia con vetro singolo, sia con vetro doppio.

Lo stato di conservazione degli stessi è accettabile, ma si rilevano comunque infiltrazioni d’aria all’interno degli ambienti, causando dispersioni termiche e creando condizioni di discomfort termico per gli utenti.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



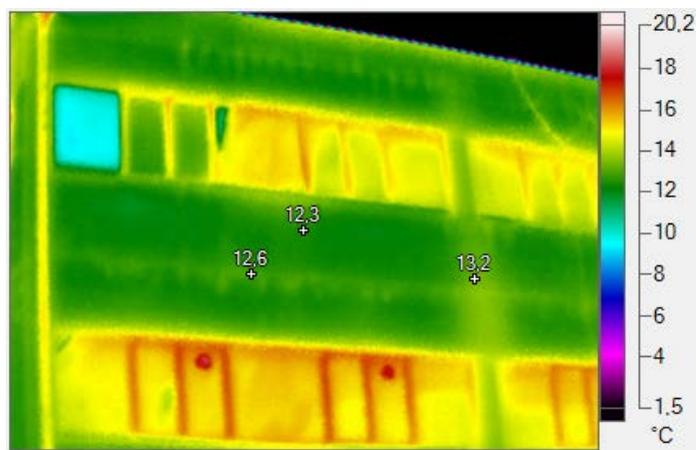
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico
- Indagine con spessivetro

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti originali con vetro singolo da 6 mm
- Dispersioni termiche dai telai con “spifferi” all’intersezione tra telaio e muratura.

Figura 4.5 –Rilievo termografico dei serramenti - esempio



Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell’involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2, i quali scollano tra un valore massimo e minimo riportati in tabella e calcolati con la norma 10077-1:2007 e la norma UNI TS 11300-1:2014 norma UNI.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	320x80	Metallo	Vetro semplice	5,77	Scarso
Serramento verticale	F2	130x75	PVC	Vetro doppio	2,89	Medio
Serramento verticale	F3	100x75	PVC	Vetro doppio	2,89	Medio
Serramento verticale	F4	100x75	PVC	Vetro doppio	2,89	Medio
Serramento verticale	F5	363x75	PVC	Vetro doppio	2,86	Medio
Serramento verticale	F6	115x220	Metallo	Vetro doppio	3,43	Sufficiente
Serramento verticale	F7	100x75	Metallo	Vetro doppio	3,83	Sufficiente
Serramento verticale	F8	85x75	Metallo	Vetro doppio	4,06	Sufficiente
Serramento verticale	F9	330x70	Metallo	Vetro doppio	3,62	Sufficiente
Serramento verticale	F10	110x160	Metallo	Vetro doppio	3,52	Sufficiente
Serramento verticale	F11	313x75	Metallo	Vetro doppio	3,59	Sufficiente
Serramento verticale	F12	60x300	Metallo	Vetro doppio	3,74	Sufficiente
Serramento verticale	F13	210x230	Metallo	Vetro semplice	5,74	Scarso
Serramento verticale	F14	220x75	Metallo	Vetro doppio	3,62	Sufficiente
Serramento verticale	F15	150x65	Metallo	Vetro doppio	3,82	Sufficiente
Serramento verticale	F16	100x80	PVC	Vetro doppio	2,85	Medio
Serramento verticale	F17	70x210	Metallo	Vetro semplice	5,76	Scarso
Serramento verticale	F18	550x120	PVC	Vetro doppio	2,9	Medio
Serramento verticale	F19	560x125	PVC	Vetro doppio	2,87	Medio
Serramento verticale	F20	85x175	PVC	Vetro doppio	2,89	Medio
Serramento verticale	F21	220x195	PVC	Vetro semplice	5,25	Sufficiente
Serramento verticale	F22	550x80	PVC	Vetro semplice	5,02	Sufficiente
Serramento verticale	F23	540x195	PVC	Vetro semplice	5,32	Sufficiente
Serramento verticale	F24	400x195	PVC	Vetro semplice	5,35	Sufficiente
Serramento verticale	F25	325x195	PVC	Vetro semplice	5,32	Sufficiente
Serramento verticale	F26	220x125	PVC	Vetro doppio	2,88	Medio
Serramento verticale	F27	195x75	PVC	Vetro doppio	2,89	Medio
Serramento verticale	F28	335x125	PVC	Vetro doppio	2,85	Medio
Serramento verticale	F29	365x80	PVC	Vetro semplice	4,99	Sufficiente
Serramento verticale	F30	190x80	PVC	Vetro semplice	4,88	Sufficiente
Serramento verticale	F31	80x300	Metallo	Vetro doppio	3,38	Sufficiente

Serramento verticale	F32	475x195	Metallo	Vetro doppio	3,18	Sufficiente
Serramento verticale	F33	560x120	Metallo	Vetro semplice	5,74	Scarso
Serramento verticale	F34	570x120	Metallo	Vetro semplice	5,74	Scarso
Serramento verticale	F35	530x120	Metallo	Vetro semplice	5,74	Scarso
Serramento verticale	F36	550x120	Metallo	Vetro semplice	5,74	Scarso
Serramento verticale	F37	95x75	Metallo	Vetro doppio	3,86	Sufficiente
Serramento verticale	F38	180x65	Metallo	Vetro doppio	3,77	Sufficiente
Serramento verticale	F39	40x65	Metallo	Vetro doppio	4,09	Sufficiente
Serramento verticale	F40	180x210	Metallo	Vetro semplice	5,74	Scarso
Serramento verticale	F41	345x125	PVC	Vetro doppio	2,85	Medio
Serramento verticale	F42	215x75	Metallo	Vetro semplice	5,76	Scarso
Serramento verticale	F43	105x75	Metallo	Vetro semplice	5,77	Scarso
Serramento verticale	F44	60x120	PVC	Vetro doppio	2,9	Medio
Serramento verticale	F45	85x105	PVC	Vetro doppio	2,89	Medio
Serramento verticale	F46	195x230	PVC	Vetro doppio	2,87	Medio
Serramento verticale	F47	200x125	PVC	Vetro doppio	2,88	Medio
Serramento verticale	F48	270x125	PVC	Vetro doppio	2,88	Medio

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 caldaia a basamento a gas metano e radiatori.

#### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da termosifoni senza valvole termostatiche.

Nel locale palestra ubicato al secondo piano seminterrato PSS2 si trovano degli aerotermi

Figura 4.6– Particolari del sottosistema di emissione: un radiatore posto all’interno di uno dei vani scale ed uno degli aerotermi presenti al piano PSS2



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Intero edificio, eccetto Z2	termosifoni	94%
Z2	aerotermi	95%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

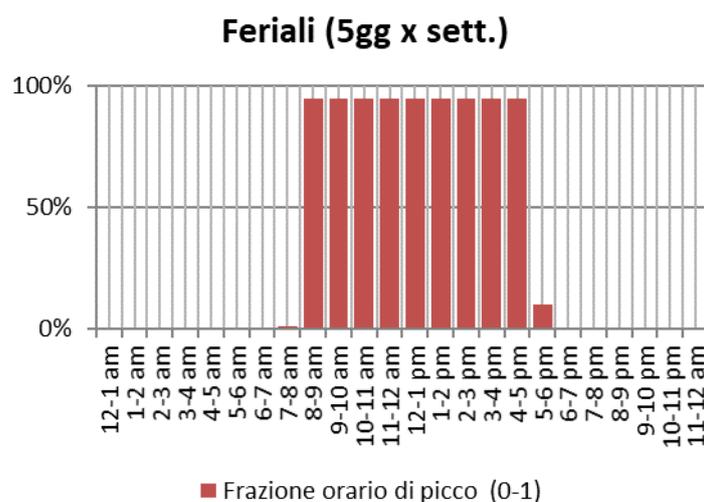
PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA (5)	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	17	31,13	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	18	15,18	0,00
Secondo	Su parete interna/esterna non isolata	5	6,86	0,00
Terzo	Su parete interna/esterna non isolata	8	11,57	0,00
PSS1	Su parete interna/esterna non isolata	4	2,49	0,00
PSS2	Su parete interna/esterna non isolata	4+4	43,87	0,00
<b>TOTALE</b>		<b>106</b>	<b>187,72</b>	<b>0,00</b>

Nota (5): 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. Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell’impianto avviene da centrale termica. Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non ha saputo fornire informazioni sulle temperature impostate.

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento



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
Edificio	Climatica	85%

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.

#### 4.2.2 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da una elettropompa singola e dai tre gruppi di due pompe gemellari funzionanti in modalità alternato singole ciascuno, su tre distinti circuiti di circolazione del fluido termovettore.

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 <sup>(6)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(7)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(8)</sup> [W]
Pompa singola KSB RIO 40-70D	ES01	-	-	370
Pompa singola GRUNDFOS UMS 40-30	ES02	Circuito 1	-	215
Pompa singola FICEP HF 86	ES03	Circuito 1	-	200
Pompa singola GRUNDFOS UMS 40-30F	ES04	Circuito 2	-	140
Pompa singola GRUNDFOS UMS 40-30	ES05	Circuito 2	-	215
Pompa singola GRUNDFOS UMS 50-60	ES06	Circuito 3	-	450
Pompa singola GRUNDFOS UMS 50-60	ES07	Circuito 3	-	450

Nota (6): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (7): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centrale termica) e da scheda tecnica

Nota (8): 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 del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(9)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO <sup>(10)</sup>
			°C	°C
GEN1	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	50

Nota (9): 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 (10): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.8a - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola127-S02-006-CENTRALE TERMICA.dwg)

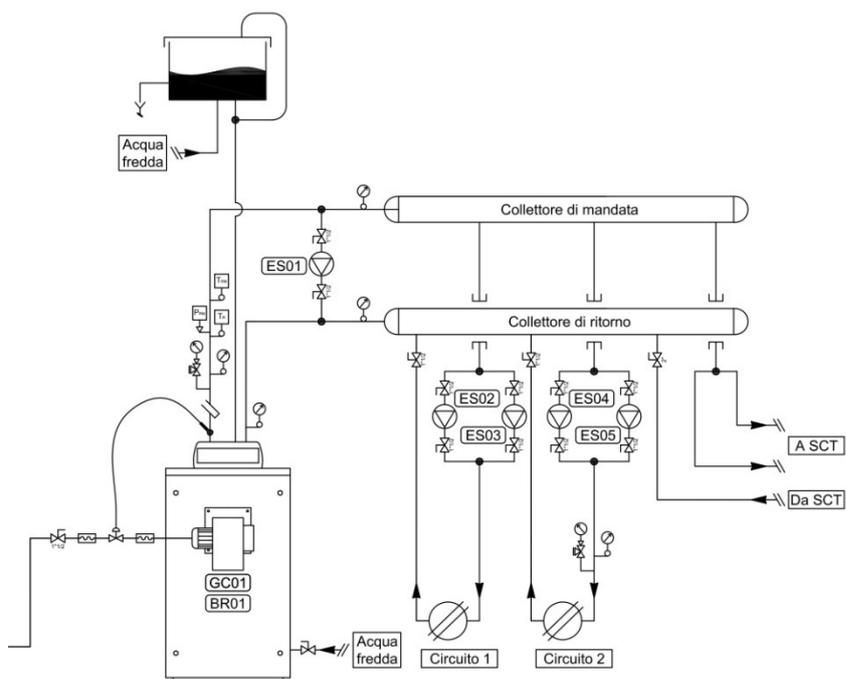
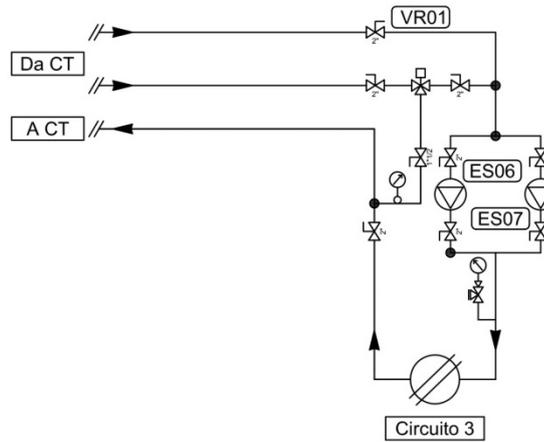


Figura 4.8b - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 127-S02-001-SOTTOCENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 95% (riferimento normativo 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.

#### 4.2.3 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da un generatore IVAR, modello TRISPACE, anno di costruzione 2004, abbinato a bruciatore Baltur BTG 28P del 2014.

Figura 4.9 - Caldaia e bruciatore



Figura 4.10 - Etichetta bruciatore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche generatore e bruciatore

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche generatore e bruciatore

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO <sup>(11)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]
Gen 1 Riscaldamento	IVAR	TRISPACE	2004	176,20	161,40	92,3 %	980

Nota (11) -valore da prova fumi del 12/04/2017

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento ottenuto dal modello energetico è pari a 94%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame non è disponibile.

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 [e/o 6.2] dell'Allegato J – Schede di audit.

#### 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è sostanzialmente legato all'uso dei bagni da parte degli alunni e del personale, oltre che della mensa.

Sono installati n. 4 boiler elettrici di potenza 1200 W l'uno; i 4 apparecchi sono installati rispettivamente al piano terra, piano primo, piano secondo e piano terzo. Ove non presenti, non è presente il servizio ACS, ma solo l'erogazione di acqua fredda.

Figura 4.11 - Uno dei boiler elettrici presenti nei servizi igienici per la produzione di ACS autonoma



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.9, uguali per tutti e quattro i Sistemi Impiantistici.

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO <sup>(12)</sup>	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO <sup>(13)</sup>	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE <sup>(14)</sup>
95%	93%	-	-	75%	27,3%

Nota (12): sottosistema non presente

Nota (13): sottosistema non presente

Nota (14): 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

Non presente

#### 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 ascensori, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle 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 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Intero edificio	Computer Desktop	9	110	990	820 (4h x 205 gg)
Z5	Stampante Multifunzione	2	675	1.350	68 (0,3h x 205 gg)
Z5	Fax	1	20	20	4.920 (24h x 205 gg)
Intero edificio	Distributore bevande/snack	1	1500	1500	68 (0,33h x 205 gg)
Intero edificio	TV	1	250	250	68 (24h x 365 gg)
Intero edificio	Forno a microonde	1	875	875	62 (0,3h x 205 gg)
Z5	Frigorifero	1	20	20	8.760 (24h x 365 gg)
Intero edificio	Scaldavivande	1	1400	1400	68 (0,33h x 205 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 di diversa potenza.

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei vani scala

L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.11.

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.



Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Z1 (P2SS)	fluorescente 36 W	3	0,036	0,108
	fluorescente 18 W	12	0,018	0,216
	fluorescente 58 W	20	0,058	1,160
Z3 (P1SS)	fluorescente 36 W	5	0,036	0,180
	fluorescente 18 W	9	0,018	0,162
Z4 (PT)	fluorescente 36 W	17	0,036	0,612
	fluorescente 18 W	12	0,018	0,216
	fluorescente 58 W	42	0,058	2,436
Z5 (P1)	fluorescente 36 W	50	0,036	1,800
	fluorescente 18 W	18	0,018	0,324
	fluorescente 58 W	5	0,058	0,290
	Esterni	12	0,25	3,000
Z6 (P2)	fluorescente 36 W	34	0,036	1,224
	fluorescente 18 W	7	0,018	0,126
Z7 (P3)	fluorescente 36 W	22	0,036	0,792
	fluorescente 18 W	8	0,018	0,144

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

Impianto non presente.

## 5 CONSUMI RILEVATI

### 5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA

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:

- Gasolio;
- Gas metano;
- Energia elettrica.

#### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale è stato il Gasolio fino a parte del 2014 quando la caldaia è stata convertita a 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 <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Nm <sup>3</sup> ]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Sm <sup>3</sup> ]
Metano	n/a	n/a	9,94 <sup>(15)</sup>	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 <sup>(15)</sup>	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (15) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore con il seguenti PDR:

- PDR1: 16220050672212

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 m<sup>3</sup> 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			2015			2016		
		[l]	[Smc]	[Smc]	[Smc]	[Smc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
16220050672212	Riscaldamento	-5.512	4.205	10.081	11.988	95.220-	94.960	112.927		

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

I consumi fatturati dalla società di fornitura, ove disponibili, sono stati riportati nella tabella seguente.

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

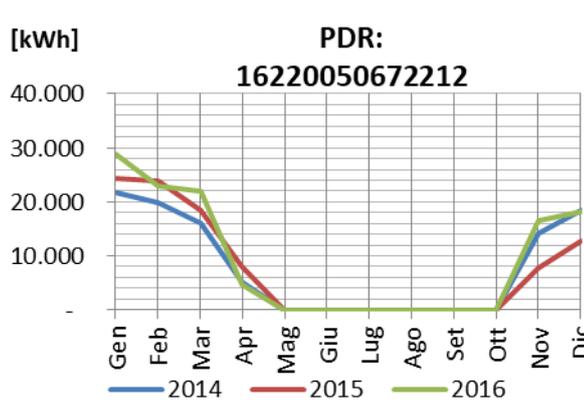
La ripartizione dei consumi annuali di energia termica in consumi mensili verrà eseguita in modo proporzionale rispetto ai GGreali per il triennio di riferimento. I consumi così ripartiti sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 16220050672212	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[l]
Gen	956	2.581	3.053	21.646	24.313	28.763	1.253
Feb	880	2.523	2.427	19.922	23.771	22.866	1.153
Mar	711	1.949	2.333	16.108	18.362	21.981	932
Apr	223	859	486	5.057	8.093	4.581	293
Mag	-	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-	-
Nov	627	830	1.746	14.188	7.817	16.452	821
Dic	808	1.338	1.941	18.299	12.608	18.283	1.059
Totale	4.205	10.081	11.988	95.220	94.963	112.927	5.512

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 GGreali 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:

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

$GG_{rif}$  = 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 <sub>REALI</sub> SU [109] GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [929] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	877	929	10.081	94.963	108,3	100.594	-	-
2016	918	929	11.988	112.927	123,0	114.280	-	-
<b>Media</b>	<b>898</b>	<b>929</b>	<b>11.035</b>	<b>103.945</b>	<b>116</b>	<b>107.437</b>	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento dei consumi altalenante. Tuttavia va considerato che l'anno 2014 ha visto il passaggio della centrale termica dal gasolio al gas naturale per cui i soli anni attendibili risultano essere il 2015 ed il 2016 per cui si hanno dei consumi in crescita.

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
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	107.437
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>107.437</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

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

- POD1: IT001E00097039

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 si basa sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi annuali derivanti dall'analisi delle fatture elettriche sono riportati nella seguente tabella 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]
IT001E00097039	Intero edificio	23.423	26.032	25.531	24.995

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-E1381.xlsx) e sono emerse le seguenti differenze:

- I dati ricavati dalle fatture sono indicativamente identici rispetto a quelli riportati nel file kyotoBaseline-E1381.xls per l'anno 2014, inferiori per gli altri due anni:
  - Anno 2014: bollette - kyotoBaseline-E1381.xls = 3 kWh
  - Anno 2015: bollette - kyotoBaseline-E1381.xls = - 854 kWh
  - Anno 2016: bollette - kyotoBaseline-E1381.xls = - 2.236 kWh
- Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 23.420 kWh; anno 2015 26.886 kWh; anno 2016 27.767 kWh. Tale differenza potrebbe essere giustificabile sulla base di un conguaglio non presente tra le fatture fornite.

L'individuazione della 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 24.995 kWh.

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

POD: IT001E00097039	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen-14	1975	258	349	2582
Feb-14	2084	271	267	2622
Mar-14	1866	259	268	2393
Apr-14	1699	264	325	2288
Mag-14	1479	380	518	2377
Giu-14	848	206	260	1314
Lug-14	244	183	218	645
Ago-14	209	202	320	731
Set-14	1024	258	294	1576

## E1381 – Scuola Primaria “Emilio Salgari”

Ago-14	1812	299	316	2427
Set-14	1754	252	403	2409
Ott-14	1542	194	323	2059
<b>Totale</b>	<b>16536</b>	<b>3026</b>	<b>3861</b>	<b>23423</b>
<b>POD: IT001E00097039</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2015</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gen-15	1855	207	299	2361
Feb-15	2151	294	403	2848
Mar-15	1872	267	385	2524
Apr-15	1767	244	427	2438
Mag-15	1561	337	586	2484
Giu-15	849	238	431	1518
Lug-15	220	143	246	609
Ago-15	341	240	484	1065
Set-15	1189	323	480	1992
Ago-15	2130	376	469	2975
Set-15	2104	324	414	2842
Ott-15	1628	294	454	2376
<b>Totale</b>	<b>17667</b>	<b>3287</b>	<b>5078</b>	<b>26032</b>
<b>POD: IT001E00097039</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2016</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gen-16	1847	310	400	2557
Feb-16	2232	339	360	2931
Mar-16	1950	344	379	2673
Apr-16	1795	485	545	2825
Mag-16	1896	340	311	2547
Giu-16	820	201	248	1269
Lug-16	192	218	299	709
Ago-16	198	204	293	695
Set-16	1103	245	265	1613
Ago-16	1884	274	295	2453
Set-16	2153	233	277	2663
Ott-16	1688	364	544	2596
<b>Totale</b>	<b>17758</b>	<b>3557</b>	<b>4216</b>	<b>25531</b>

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.

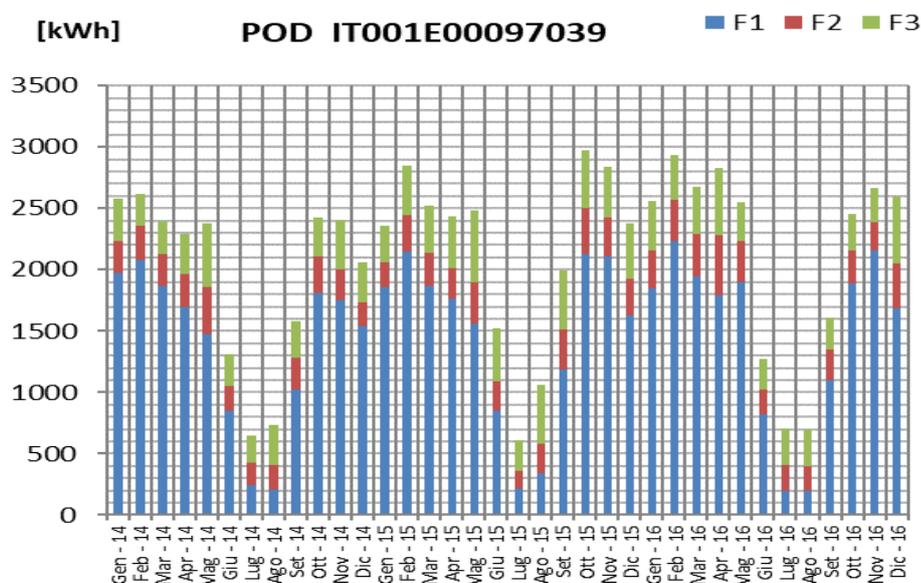
Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

<b>BASELINE</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gen	1.892	258	349	2.500
Feb	2.156	301	343	2.800
Mar	1.896	290	344	2.530
Apr	1.754	331	432	2.517
Mag	1.645	352	472	2.469
Giù	839	215	313	1.367

Lug	219	181	254	654
Ago	249	215	366	830
Set	1.105	275	346	1.727
Ott	1.942	316	360	2.618
Nov	2.004	270	365	2.638
Dic	1.619	284	440	2.344
Totale	17.320	3.290	4.385	24.995

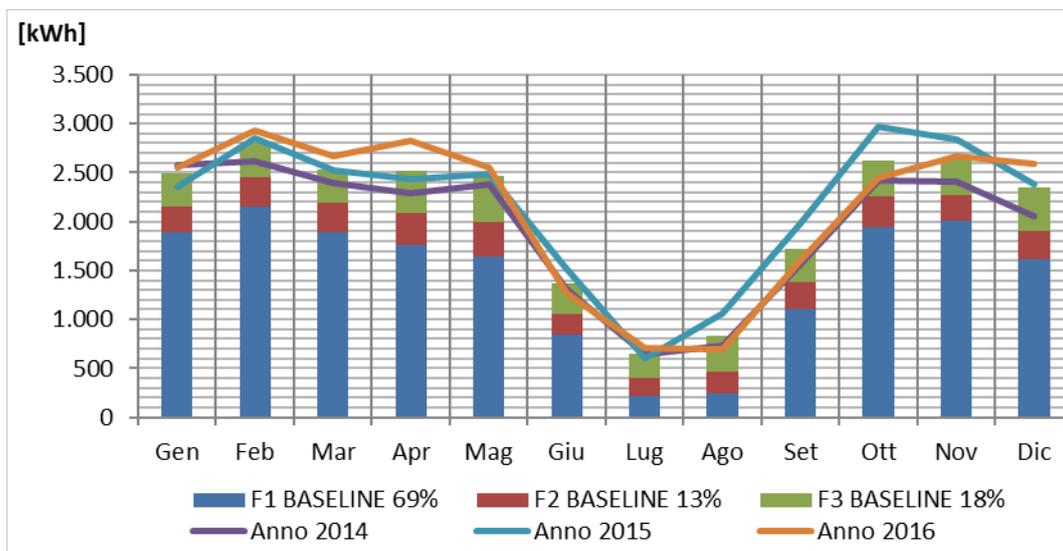
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

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.

Per l'analisi dei profili di carico si è proceduto ad effettuare delle stime finalizzate alla verifica dei seguenti aspetti:

- compatibilità degli andamenti mensili deducibili dalla analisi delle letture riportate dal distributore con l'utilizzo delle utenze effettivamente presenti nell'edificio;
- adeguatezza della potenza impegnata del contatore.

La procedura utilizzata per le stime è la seguente:

- essendo il fabbricato non utilizzato per tutto il mese di agosto è possibile ipotizzare che i consumi di tale mese siano simili per ciascun giorno, ricavando quindi il consumo giornaliero dell'edificio in assenza di fruizione; è stato quindi possibile assumere per l'edificio oggetto di DE un consumo di base costante di circa 22,42 kWh/giorno;
- a partire da dati noti relativi ai profili di carico quarto-orari del mese di agosto di un edificio con caratteristiche analoghe, in termini di destinazione d'uso e tipologie di apparecchiature elettriche presenti, sono state individuate le percentuali di consumo di ciascun quarto d'ora rispetto al totale della giornata tipo del mese di agosto;
- proporzionando il consumo di base dell'edificio alle percentuali di cui sopra, è stato possibile stimare l'andamento del profilo di carico del giorno tipo del mese di agosto;
- per tutti gli altri mesi si è proceduto sottraendo al consumo mensile il consumo di tutti i giorni in cui l'edificio non è fruito (assumendo come consumo giornaliero il consumo di base sopra definito); il consumo residuo è stato ripartito per i giorni di fruizione del singolo mese ed infine è stato riproporzionato sul singolo quarto d'ora in funzione di percentuali di utilizzo rappresentative del fabbricato, tenendo conto della stagione e degli orari di occupazione;
- avendo così determinato per ciascun mese dell'anno il profilo di carico di un giorno tipo, è stato infine possibile individuare, per ciascun mese e per ciascuna fascia oraria di consumo, una stima dei profili di potenza massima.

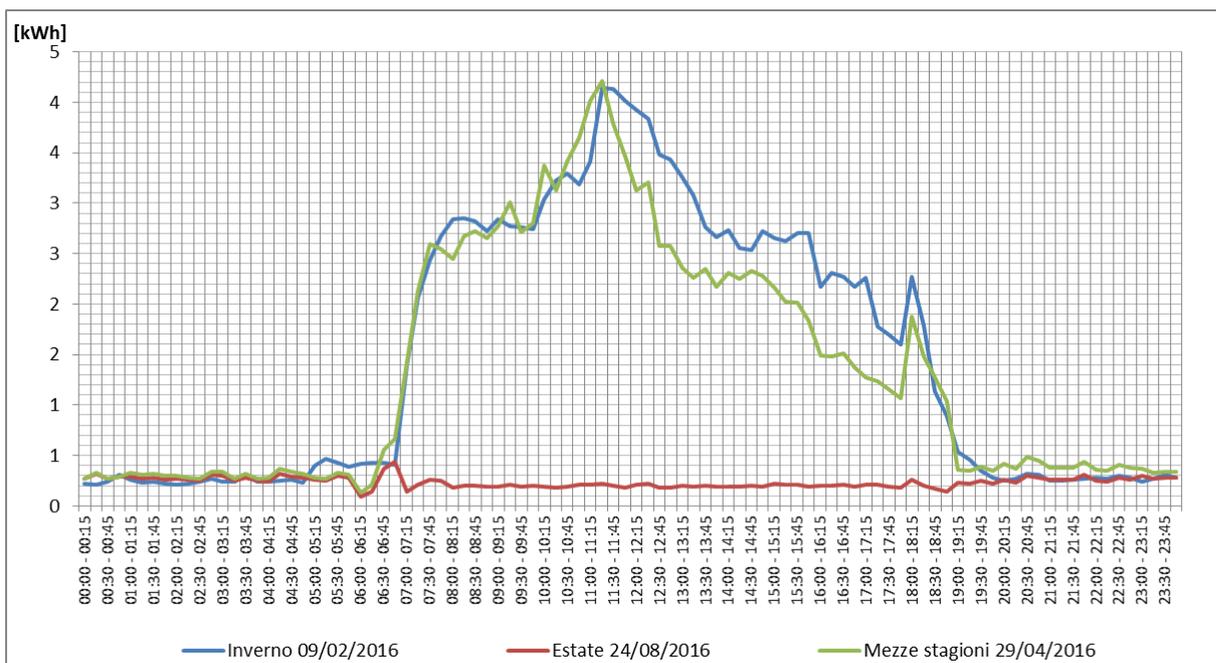
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

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	09/02/2016	Martedì	Periodo invernale	13,2
Profilo 2	24/08/2016	Mercoledì	Periodo di chiusura	28,2
Profilo 3	29/04/2016	Venerdì	Mezza stagione	16,2

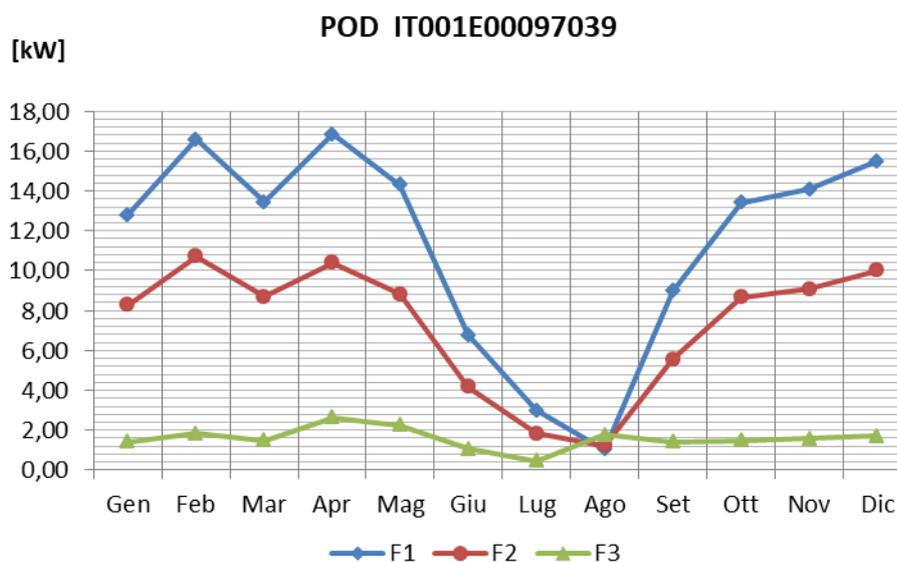
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00097039



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 7.00), 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 distributore di snack e il frigorifero.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00097039



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 stimato è pari a 16,83 kW e si verifica nel mese di aprile in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza impegnata del contatore installato.

## 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 CO<sub>2</sub> utilizzati sono riportati nella Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>.

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO <sub>2</sub> /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 CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.11–Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Tabella 5.11–Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]	[tCO <sub>2</sub> ]
Energia elettrica	24.995	* 0,467	11,67
Gas naturale	100.566	* 0,202	20,31

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 <sub>P,nren</sub>	F <sub>P,ren</sub>	F <sub>P,tot</sub>
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 CONSUMI RILEVATI 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	1.789	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.934	m <sup>3</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	6.728	m <sup>3</sup>

Nella seguente tabella 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	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	107.437	1,05	112.809	63,1	58,3	16,8	12,13	11,22	3,23
Energia elettrica	24.995	2,42	60.488	33,8	31,3	9,0	6,52	6,04	1,73
<b>TOTALE</b>			<b>173.297</b>	<b>97</b>	<b>90</b>	<b>26</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>5</b>

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	107.437	1,05	112.809	63,1	58,3	16,8	12,13	11,22	3,23
Energia elettrica	24.995	1,95	48.740	27,2	25,2	7,2	6,52	6,04	1,73
<b>TOTALE</b>			<b>161.549</b>	<b>90</b>	<b>84</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>5</b>

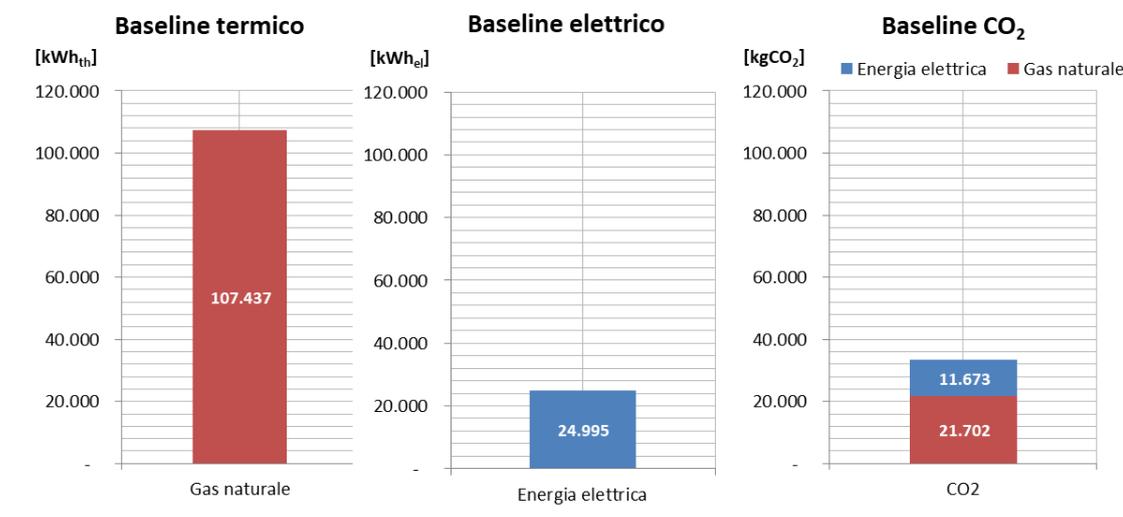
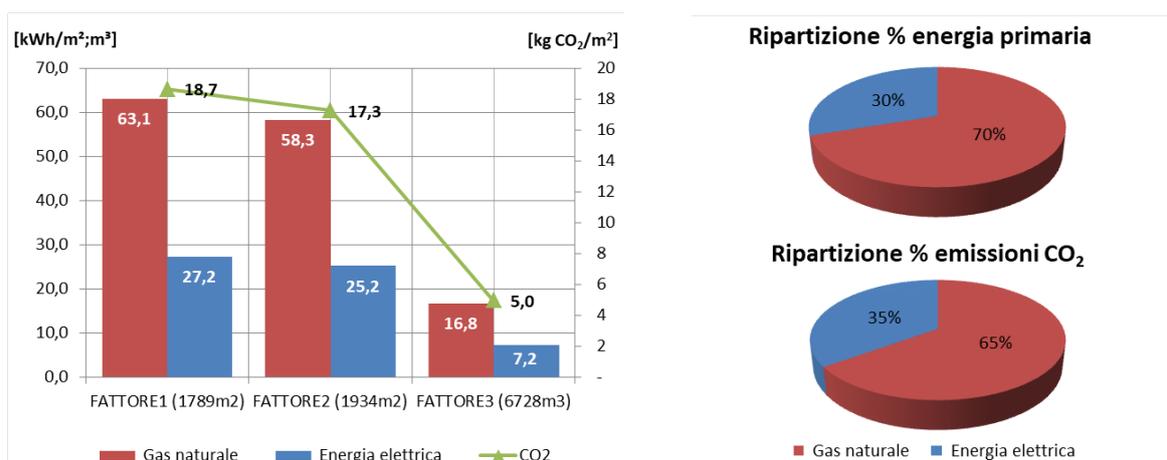
 Figura 5.6–Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>


Figura 5.7–Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

Trattandosi di edifici scolastici, in particolare 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, 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 <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	8,5 <sup>16</sup>	8,06	9,29	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	10,90	12,11	11,88

Nota (16) valore ricavato da mix di consumi in gasolio e gas naturale.

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA- FIRE, ottenendo valori INSUFFICIENTI per IEN<sub>E</sub>, e BUONI per IEN<sub>R</sub>.

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 (APE).

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	427,20	387,18
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	238,80	235,37
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	132,42	106,70
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	53,98	43,50
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	2,00	1,61
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	92,8	92,8

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	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	39.861	394.265
Energia elettrica		296.921

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 <sub>el</sub> ]
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)	$E_T + E_{altro}^{(17)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(17)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (17): Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 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 stimate a seguito del 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 6.6 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	$EP_{gl\text{rren}}$	kWh/mq anno	138,15	123,19
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	76,22	73,29
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	5,95	4,79
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	53,98	43,50
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	2,00	1,61
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub> <sup>(18)</sup>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	36,22	36,23

Nota (18): i fattori utilizzati per il calcolo della produzione di CO<sub>2</sub> dal software di modellazione energetica sono 0,227 kgCO<sub>2</sub>/kWh per il gas metano e 0,200 kgCO<sub>2</sub>/kWh per l’energia elettrica.

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

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 [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	11.050,42	104.095
Energia elettrica	-	25.170

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

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

$Q_{teorico}$ [kWh/anno]	$Q_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
104.095	107.437	3,2 %

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 0 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]	[%]
25.170	24.995	0,7

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

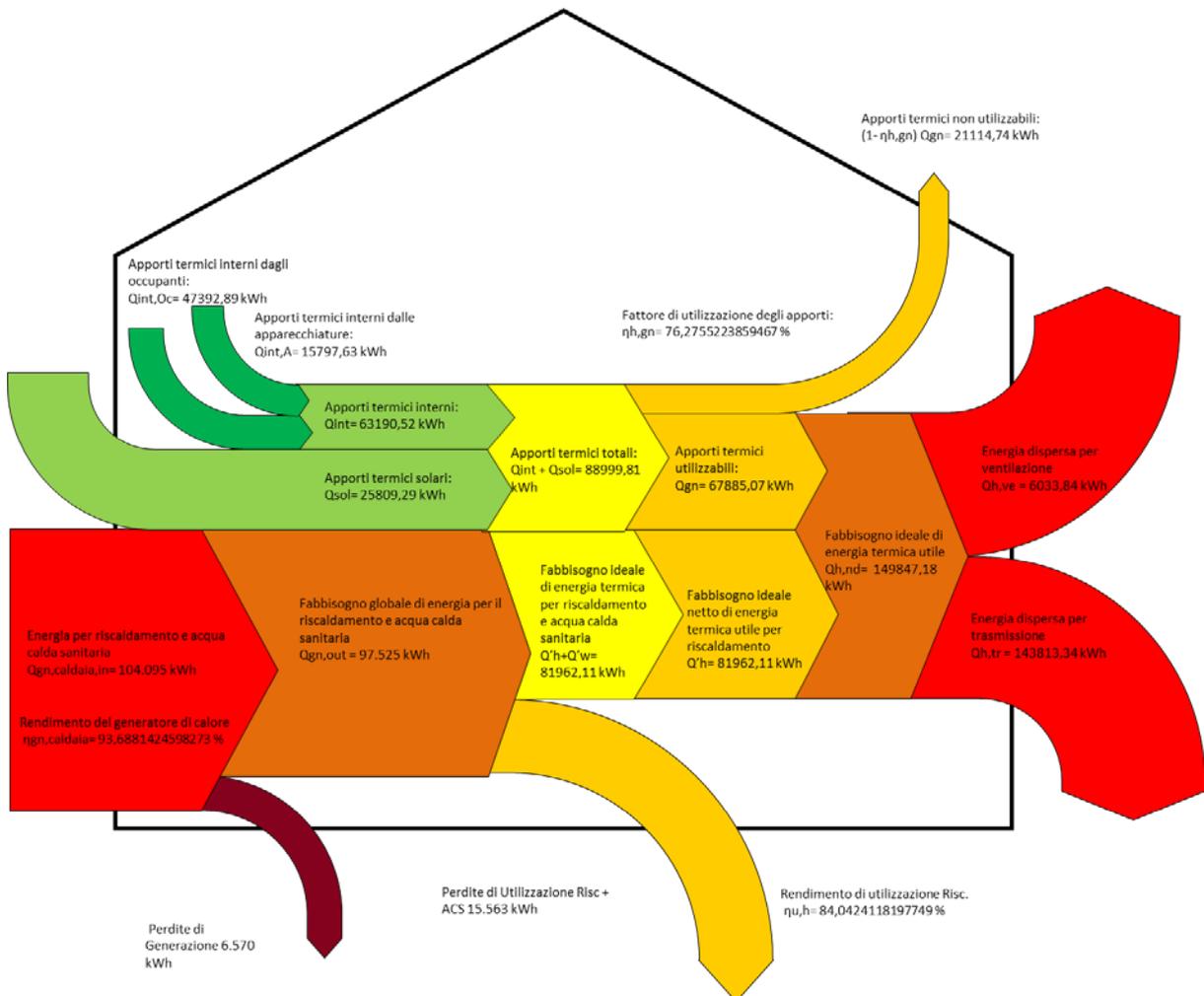
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

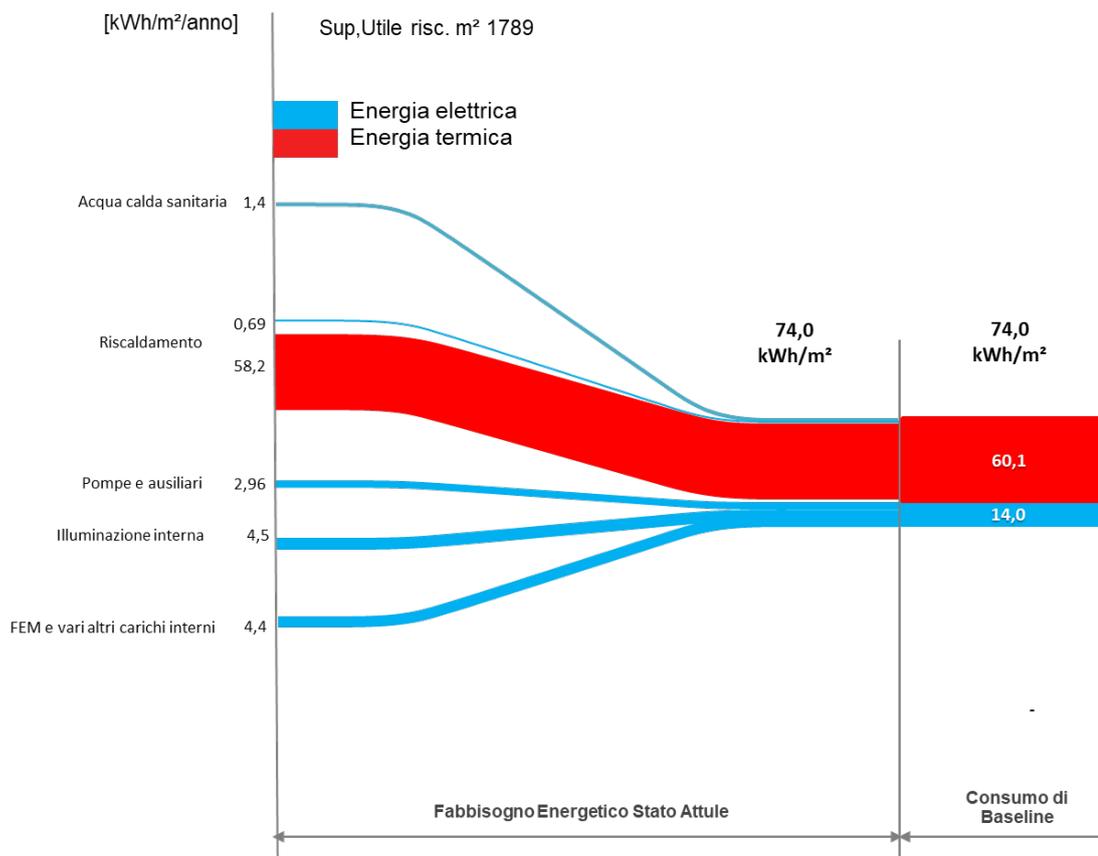
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



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 84% mentre i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento è l’76%.

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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio allo stato attuale



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 – Congruità” è 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 – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

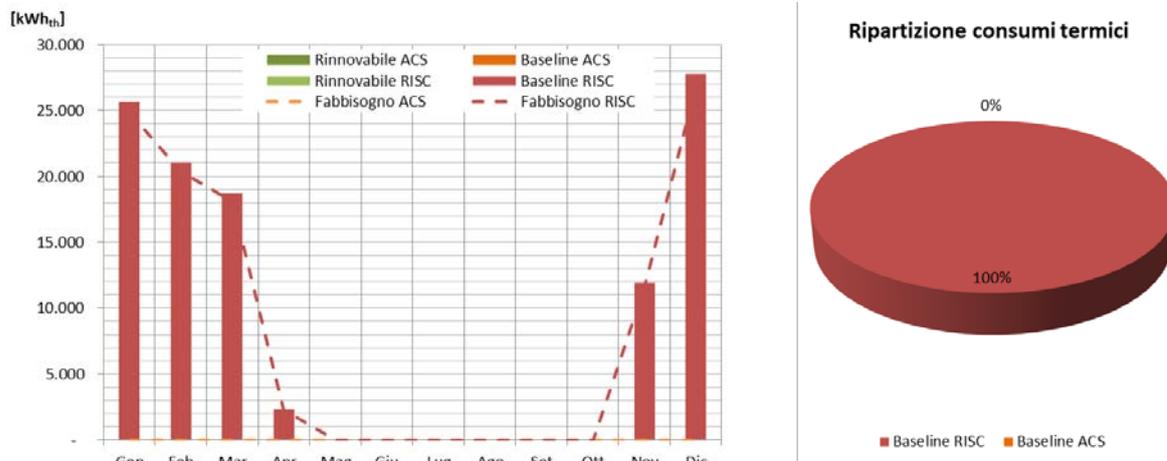
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che il gas naturale è impiegato interamente per il riscaldamento, mentre il servizio di produzione di ACS viene soddisfatto mediante vettore elettrico. Il principale utilizzo dell'energia 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 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 i consumi termici siano da attribuirsi all’utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente tale utilizzo.

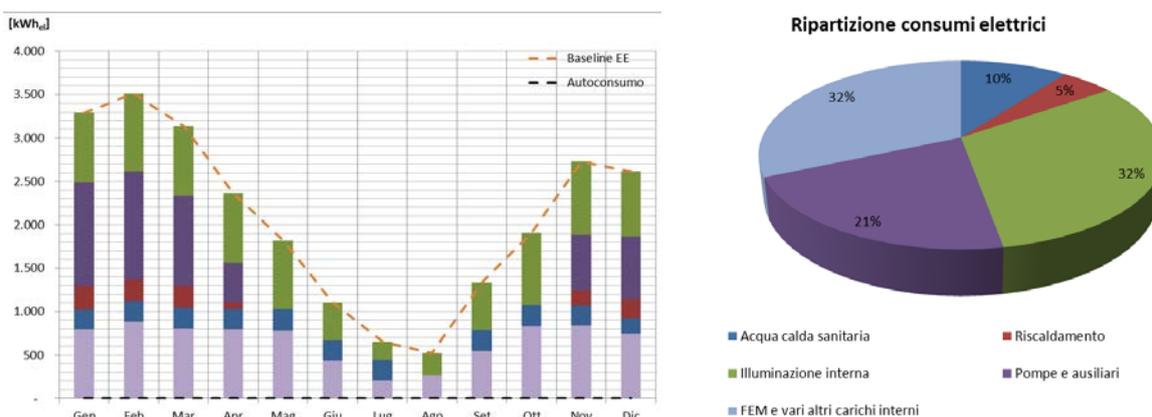
Anche relativamente all’analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’utilizzo FEM e altri carichi interni e all’impianto di illuminazione interna, pertanto, uno degli interventi migliorativi proposti andrà ad interessare l’impianto di illuminazione.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 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 assumono come periodo di riferimento gli anni 2014 – 2015 – 2016 per l'energia elettrica ed gli anni 2015 e 2016 per il gas metano.

#### 7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico riferito al PDR 16220050672212 avviene tramite un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la 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.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il prezzo desunto da ARERA per l'anno 2017.

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

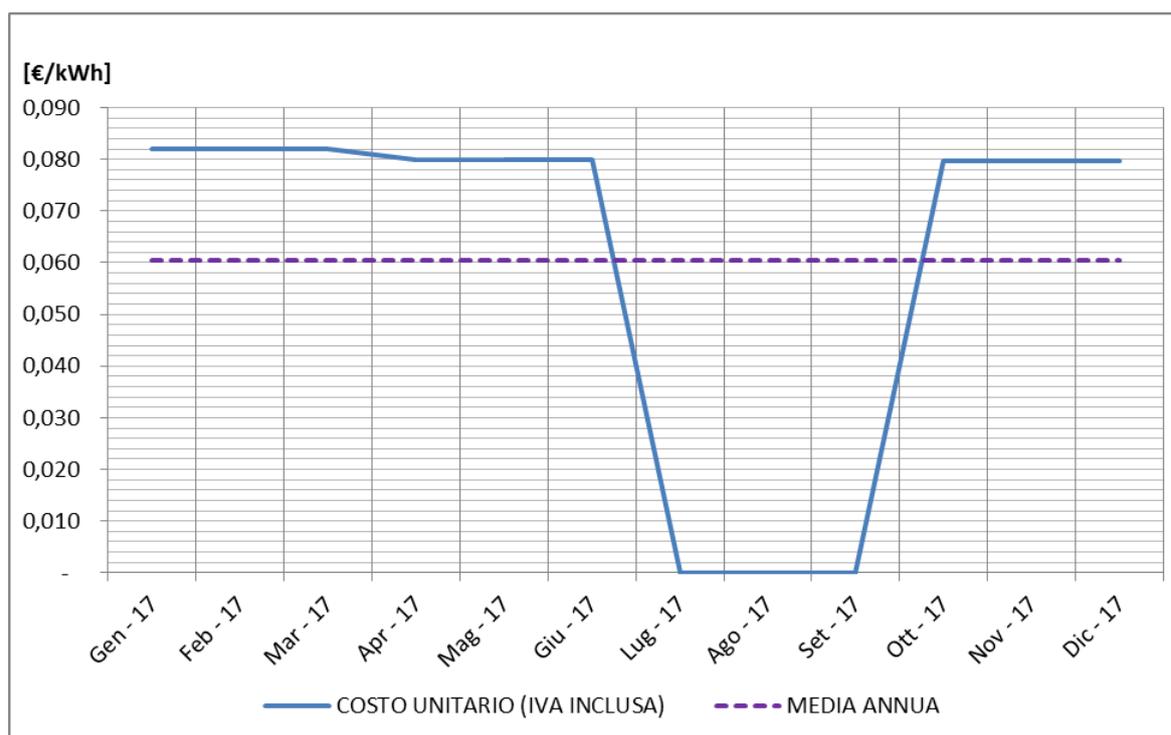
Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento mensile del costo del vettore termico nell'anno 2017.

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per l'anno 2017

ANNO 2017	[€/kWh]
Gen - 17	0,082
Feb - 17	0,082
Mar - 17	0,082
Apr - 17	0,080
Mag - 17	0,080
Giu - 17	0,080
Lug - 17	-
Ago - 17	-
Set - 17	-
Ott - 17	0,080
Nov - 17	0,080
Dic - 17	0,080
<b>Media, CuQ</b>	<b>0,081</b>

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 IT001E00097039 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 termico per gli anni di riferimento.

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

POD:IT001E00097039	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA, via di Francia 1 16124 Genova GE	COMUNE DI GENOVA, via Garibaldi 9 16124 Genova GE	COMUNE DI GENOVA, via Garibaldi 9 16124 Genova GE
Società di fornitura	Edison Energia	Edison Energia + Gala	Gala + Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/10/2013 - 01/04/2015	01/04/2015 – 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2015 - 31/03/2016	31/03/2016 – info non disponibile
Potenza elettrica impegnata	30,00 kW	30,00 kW	30,00 kW
Potenza elettrica disponibile	33,00 kW	33,00 kW	33,00 kW
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria <sup>(19)</sup>	-	A6	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(20)</sup>	0,07 €/kwh	0,05 €/kwh	0,06 €/kwh

Nota (19) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (20): 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 seguente tabella 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 IT001E00097039	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	€ 117,82	€ 19,47	€ 191,16	€ 20,64	€ 32,85	382	2.582	0,148
Feb - 14	€ 208,48	€ 33,90	€ 300,60	€ 32,74	€ 54,30	630	2.622	0,240
Mar - 14	€ 189,96	€ 30,95	€ 284,09	€ 29,91	€ 50,50	585	2.393	0,245
Apr - 14	€ 179,90	€ 40,12	€ 279,58	€ 28,60	€ 49,96	578	2.288	0,253
Mag - 14	€ 181,69	€ 40,90	€ 283,29	€ 29,71	€ 50,59	586	2.377	0,247
Giu - 14	€ 100,70	€ 22,62	€ 196,77	€ 16,43	€ 32,01	369	1.314	0,280
Lug - 14	€ 47,00	€ 10,30	€ 143,92	€ 8,06	€ 20,12	229	645	0,356
Ago - 14	€ 51,61	€ 11,69	€ 150,64	€ 9,14	€ 21,39	244	731	0,334
Set - 14	€ 120,67	€ 25,17	€ 218,03	€ 19,70	€ 36,39	420	1.576	0,266
Ott - 14	€ 188,45	€ 35,55	€ 294,05	€ 30,34	€ 51,81	600	2.427	0,247
Nov - 14	€ 183,05	€ 35,32	€ 295,61	€ 30,11	€ 51,40	595	2.409	0,247
Dic - 14	€ 153,77	-	€ 295,99	€ 25,74	€ 44,98	520	2.059	0,253
<b>Totale</b>	<b>1.723</b>	<b>306</b>	<b>2.934</b>	<b>281</b>	<b>496</b>	<b>5.740</b>	<b>23.423</b>	<b>0,245</b>
POD IT001E00097039	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	€ 171,78	€ 30,80	€ 284,03	€ 29,51	€ 51,61	568	2.361	0,240
Feb - 15	€ 196,43	€ 37,61	€ 323,78	€ 35,60	€ 59,34	653	2.848	0,229
Mar - 15	€ 191,61	€ 38,25	€ 326,97	€ 36,21	€ 59,30	652	2.524	0,258
Apr - 15	€ 83,20	-	€ 146,91	€ 18,05	€ 24,82	273	2.438	0,112
Mag - 15	€ 95,84	-	€ 167,26	€ 21,34	€ 28,44	313	2.484	0,126
Giu - 15	€ 94,39	-	€ 168,48	€ 21,54	€ 28,44	313	1.518	0,206
Lug - 15	€ 77,60	-	€ 154,81	€ 18,79	€ 25,12	276	609	0,454
Ago - 15	€ 79,51	-	€ 161,27	€ 19,81	€ 26,06	287	1.065	0,269
Set - 15	€ 82,89	-	€ 170,72	€ 21,30	€ 27,49	302	1.992	0,152
Ott - 15	€ 84,40	-	€ 182,59	€ 22,10	€ 28,91	318	2.975	0,107
Nov - 15	€ 83,23	-	€ 190,48	€ 23,29	€ 29,70	327	2.842	0,115
Dic - 15	€ 84,67	-	€ 195,71	€ 24,08	€ 30,45	335	2.376	0,141
<b>Totale</b>	<b>1.326</b>	<b>107</b>	<b>2.473</b>	<b>292</b>	<b>420</b>	<b>4.617</b>	<b>26.032</b>	<b>0,177</b>
POD IT001E00097039	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	€ 111,79	€ 250,95	€ 31,96	-	€ 39,47	434	2.557	0,170
Feb - 16	€ 118,79	€ 280,89	€ 36,64	-	€ 43,63	480	2.931	0,164
Mar - 16	€ 101,97	€ 300,58	€ 33,41	-	€ 43,60	480	2.673	0,179
Apr - 16	€ 149,85	€ 108,25	€ 204,47	€ 35,31	€ 49,79	548	2.825	0,194
Mag - 16	€ 144,90	€ 105,44	€ 185,54	€ 31,84	€ 46,77	514	2.547	0,202
Giu - 16	€ 76,01	€ 90,73	€ 98,50	€ 15,86	€ 28,11	309	1.269	0,244
Lug - 16	€ 49,55	€ 84,19	€ 60,29	€ 8,86	€ 20,29	223	709	0,315
Ago - 16	€ 43,68	€ 83,98	€ 58,73	€ 8,58	€ 19,50	214	695	0,309
Set - 16	€ 118,63	€ 94,92	€ 122,38	€ 20,27	€ 35,62	392	1.613	0,243
Ott - 16	€ 200,60	€ 105,79	€ 179,70	€ 30,66	€ 51,68	568	2.453	0,232
Nov - 16	€ 241,38	€ 108,59	€ 194,05	€ 33,29	€ 57,73	635	2.663	0,238
Dic - 16	€ 218,98	€ 106,82	€ 189,47	€ 32,45	€ 54,77	602	2.596	0,232
<b>Totale</b>	<b>1.576</b>	<b>1.721</b>	<b>1.395</b>	<b>217</b>	<b>491</b>	<b>5.400</b>	<b>25.531</b>	<b>0,212</b>

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

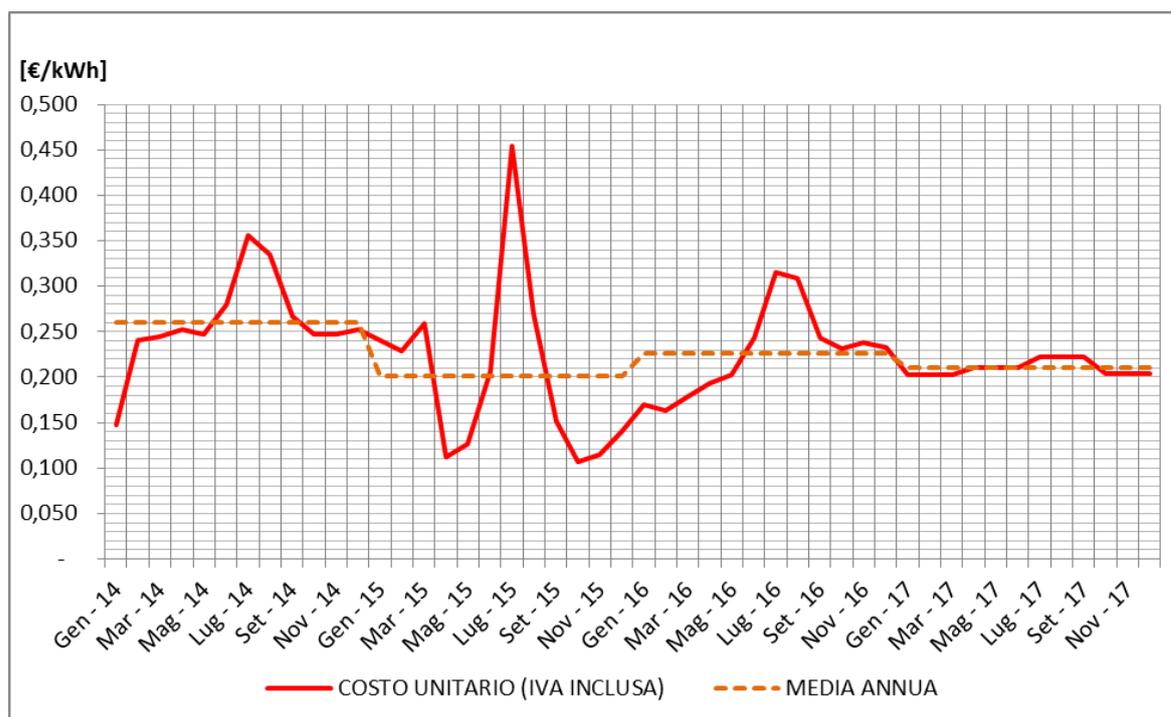
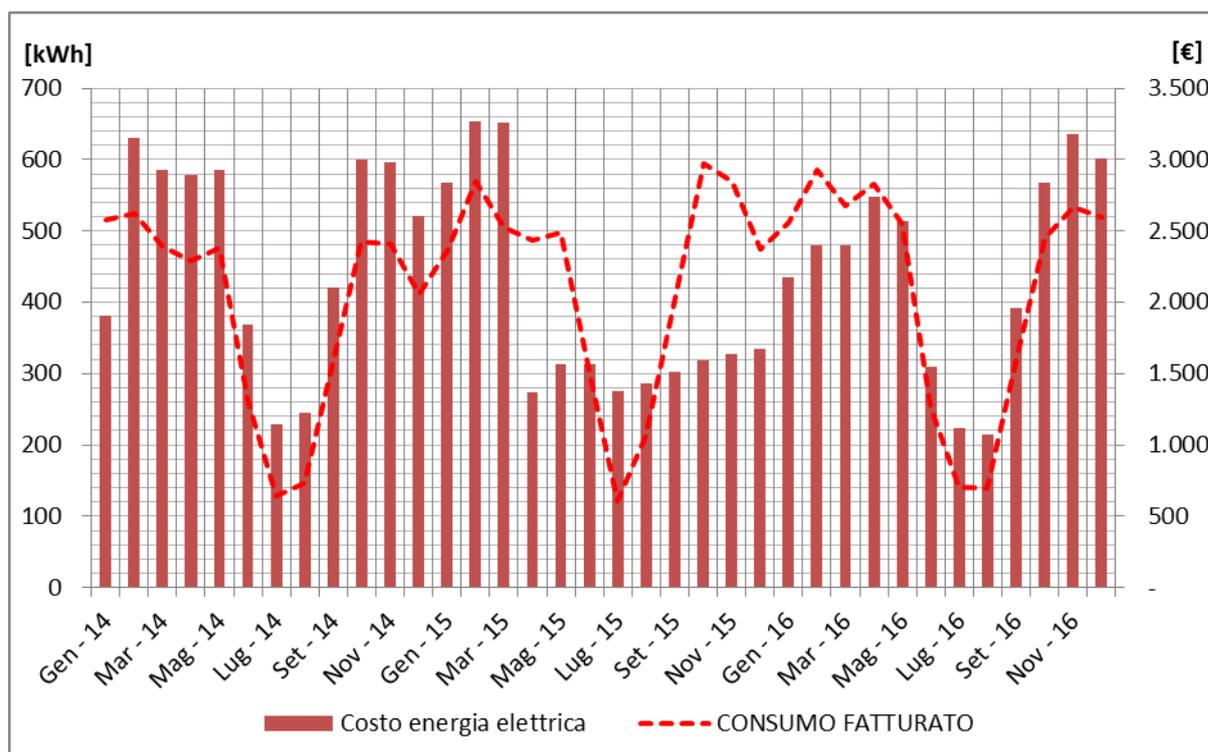


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi segue l’andamento dei consumi di energia elettrica.

## 7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

La valutazione dei costi consente l’individuazione delle tariffe utili – intesi 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	95.220	-	-	23.423	€ 5.740,22	0,245
2015	94.963,02	-	-	26.032	€ 4.616,52	0,177
2016	112.934,49	-	-	25.531	€ 5.400,47	0,232
Media	-	-	-	24.995	€ 5.164	0,207

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto 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 anno 2017	Cu <sub>q</sub>	0,081 [€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore ARERA anno 2017	Cu <sub>EE</sub>	0,207 [€/kWh]

I valori riportati nelle tabelle sono tutti al lordo di 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:

- L1-042-127: 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 17.016 euro

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:

$$C_{MS} = 0.21 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.79 \times C_M$$

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 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	$CM_o$	6.562 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$CM_s$	1.744 [€/anno]

Valori al lordo di 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:

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

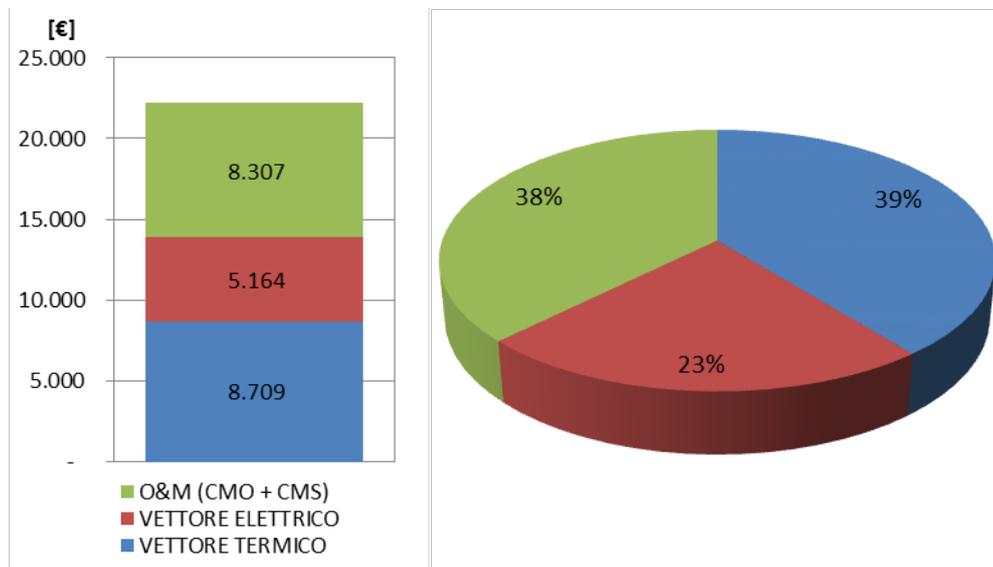
Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a 13.873 € e un  $C_{baseline}$  pari a **22.180 €**.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )			TOTALE
$Q_{baseline}$	$Cu_Q$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$Cu_{EE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
107.437	0,081	8.709	24.995	0,207	5.164	8.307	6.562	1.744	22.180

Valori al lordo di IVA

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

##### EEM2: Sostituzione serramenti

###### Generalità

Visto lo stato di conservazione non buono dei serramenti attualmente esistenti nella scuola l'intervento ne prevede la sostituzione, anche se, come vedremo, nell'analisi costi-benefici questo scenario non dà esito particolarmente positivo.

Si è scelto di sostituire tutti i serramenti dei piani fuori terra, con eccezione di quelli dei piani seminterrati, che presentano destinazioni d'uso quali la palestra, gli spogliatoi, i magazzini, dove è possibile mantenere delle condizioni di comfort inferiori.

Figura 8.1 - Particolare serramenti da sostituire.



Pur ritenendo poco consigliato intervenire solo su una parte dei serramenti dell'edificio, in quanto questa operazione porta a benefici parziali sia in termini di benessere termo-igrometrico, sia in termini di risparmio energetico, si è optato per questa soluzione, con lo scopo di rispettare le richieste da Capitolato.

###### Caratteristiche funzionali e tecniche

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

###### Serramenti in legno/PVC/alluminio con trasmittanza complessiva pari a 2,0W/m<sup>2</sup>K pari al limite normativo.

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.



###### Descrizione dei lavori

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 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.

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM2

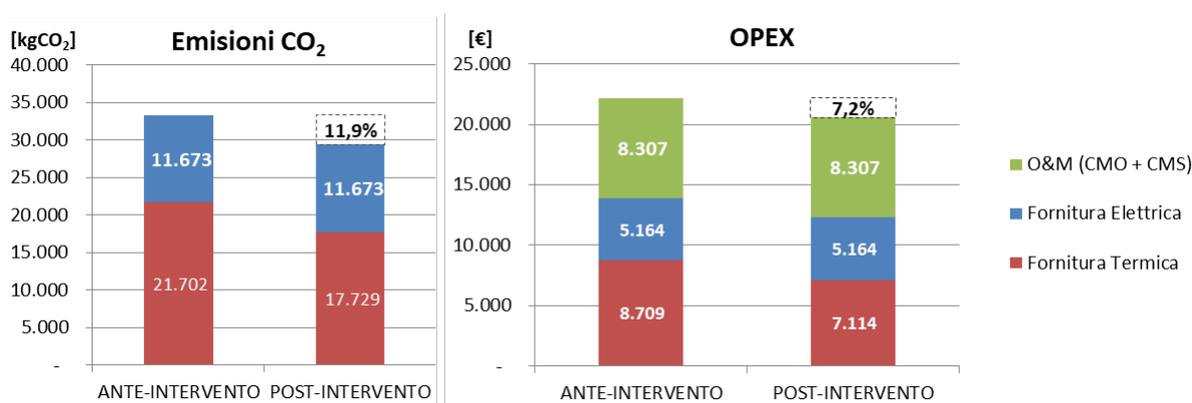
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM2: sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM2 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	5,77	1,67	<b>71,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	104.095	85.036	<b>18,3%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.171	25.171	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	107.437	87.766	<b>18,3%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	24.995	24.995	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.702	17.729	<b>18,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.673	11.673	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>33.375</b>	<b>29.401</b>	<b>11,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.709	7.114	<b>18,3%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.164	5.164	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>13.873</b>	<b>12.278</b>	<b>11,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	6.562	6.562	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.744	1.744	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>8.307</b>	<b>8.307</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>22.180</b>	<b>20.585</b>	<b>7,2%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota (21) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh]

Figura 8.2 – Confronto tra i costi medi e di baseline



### **EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)**

#### **Generalità**

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante con sistema a cappotto sulle pareti verticali rivolte verso esterno, in modo tale che vengano raggiunti i limiti di trasmittanza richiesti dalla normativa.

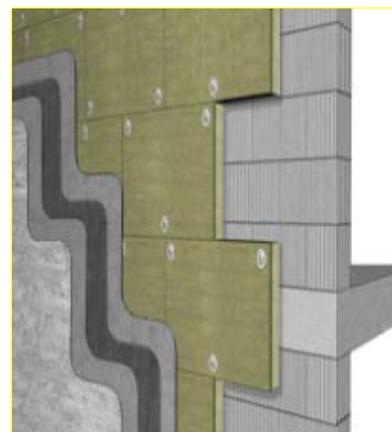
Per i seguenti motivi si è deciso di evitare valutazioni parziali per l'applicazione del cappotto solo alcune parti di involucro:

- Rispetto di un valore minimo di legge per U o H'T (il parametro da rispettarsi dipende dal tipo di intervento, come classificato ai sensi della normativa) anche per interventi che non riguardano l'involucro nella sua interezza;
- Come emergerà dall'analisi costi-benefici, un intervento di coibentazione dell'involucro quale l'applicazione del cappotto, non risulta valutato in maniera positiva. Ciò vale per un intervento di coibentazione completa della strutture verticali opache verso esterno, a maggior ragione si riducono i benefici per interventi di tipo parziale, che fanno sì ridurre i costi, ma spostano ulteriormente la valutazione costi-benefici verso considerazioni conclusive di tipo negativo;
- L'incremento di comfort termo igrometrico, così come la riduzione dei consumi, non traggono significativo giovamento da interventi parziali.

#### **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.

**Polistirene espanso in lastre sinterizzato**, conduttività termica  
 $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$ , 10-13  $\text{kg/m}^3$   
**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. Durante la posa del cappotto termico i tasselli vanno invece applicati immediatamente in caso di pannelli in EPS con aggiunta di grafite o pannelli in fibra di legno. 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, dieci 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 EEM5 sono riportati nella Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM5 che segue.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)

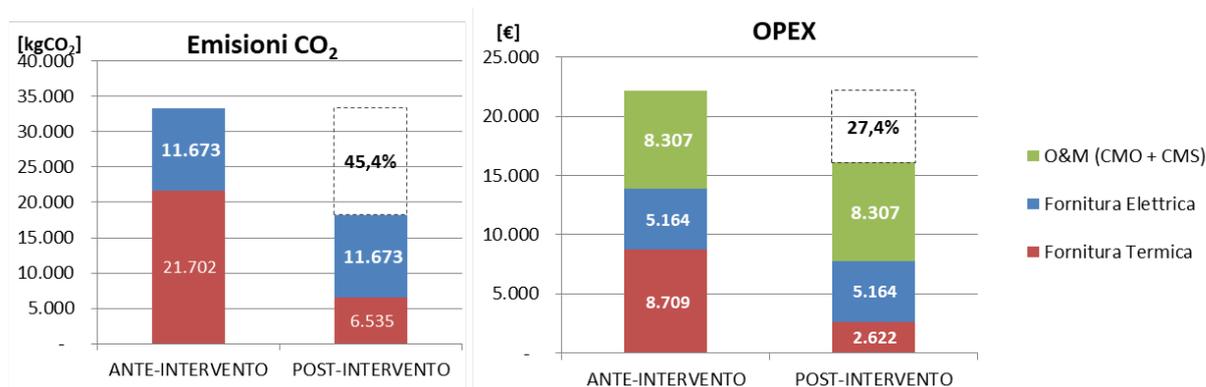
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM5 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	2,98	0,28	<b>90,6%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	104.095	31.344	<b>69,9%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.171	25.171	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	107.437	32.351	<b>69,9%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	24.995	24.995	<b>0,0%</b>

Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.702	6.535	<b>69,9%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.673	11.673	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>33.375</b>	<b>18.208</b>	<b>45,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.709	2.622	<b>69,9%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.164	5.164	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>13.873</b>	<b>7.786</b>	<b>43,9%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	6.562	6.562	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.744	1.744	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>8.307</b>	<b>8.307</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>22.180</b>	<b>16.093</b>	<b>27,4%</b>
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

Nota (22) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh]

Figura 8.3 – Confronto tra i costi medi e di baseline



## **EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)**

### **Generalità**

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all'estradosso della copertura 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 conforme all'uso che tale copertura dovrà avere.

Figura 8.4 - Particolare copertura su cui intervenire.

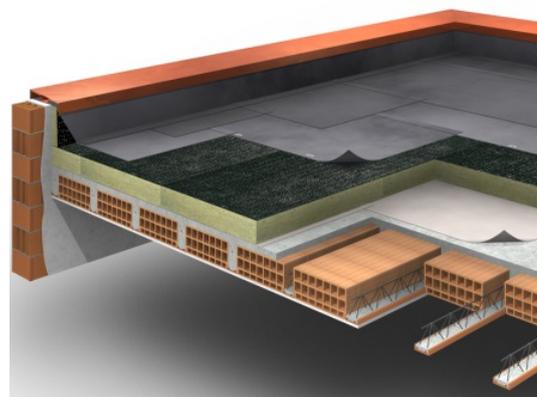


### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

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 essa a contatto con gli agenti atmosferici, deve resistere con successo alle sollecitazioni termiche e meccaniche (vento). Perché l'elemento termoisolante mantenga nel tempo le proprie caratteristiche di resistenza alla trasmissione del calore, è molto importante che esso, salvo casi particolari, venga protetto da uno schermo o barriera al vapore posto al di sotto di esso in modo da evitare che l'umidità proveniente dagli ambienti sottostanti ne pregiudichi nel tempo le caratteristiche

**Lana di roccia** ad alta resistenza meccanica, conduttività termica  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$ ,  $150 \text{ kg/m}^3$

**Spessore isolante: 12 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.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM6

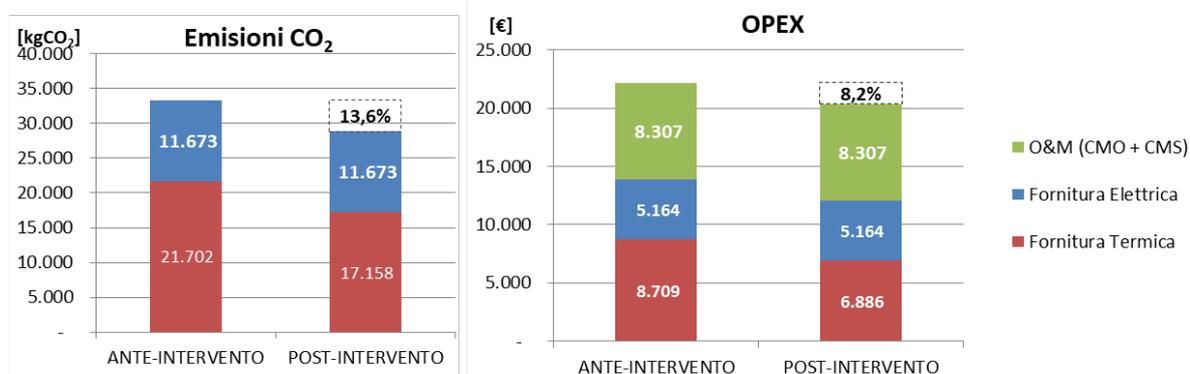
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM6 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	1,4	0,28	<b>80,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	104.095	82.300	<b>20,9%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.171	25.171	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	107.437	84.942	<b>20,9%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	24.995	24.995	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.702	17.158	<b>20,9%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.673	11.673	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>33.375</b>	<b>28.831</b>	<b>13,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.709	6.886	<b>20,9%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.164	5.164	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>13.873</b>	<b>12.050</b>	<b>13,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	6.562	6.562	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.744	1.744	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>8.307</b>	<b>8.307</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>22.180</b>	<b>20.356</b>	<b>8,2%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota (23) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh]

Figura 8.5 – Confronto tra i costi medi e di baseline



### EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)

#### Generalità

Questo intervento è la somma dei due interventi EEM5 + EEM6. Pertanto si rimanda per le caratteristiche funzionali e la descrizione dei lavori alla lettura dei due precedenti paragrafi.

Di seguito si riportano le prestazioni raggiungibili.

#### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4.

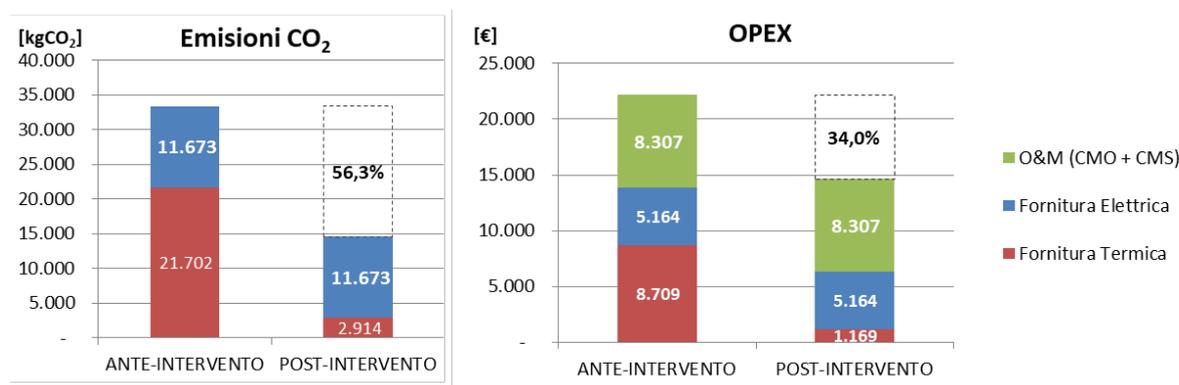
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM4 Trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	2,98 1,4	0,28 0,28	<b>90,6%</b> <b>80,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	104.095	13.976	<b>86,6%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.171	25.171	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	107.437	14.424	<b>86,6%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	24.995	24.995	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.702	2.914	<b>86,6%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.673	11.673	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>33.375</b>	<b>14.586</b>	<b>56,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.709	1.169	<b>86,6%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.164	5.164	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>13.873</b>	<b>6.333</b>	<b>54,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	6.562	6.562	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.744	1.744	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>8.307</b>	<b>8.307</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>22.180</b>	<b>14.640</b>	<b>34,0%</b>
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

Nota (24) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh]

Figura 8.6 – Confronto tra i costi medi e di baseline



### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### **EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole**

##### **Generalità**

Il miglioramento delle prestazioni energetiche del sottosistema di generazione e regolazione dell'impianto termico si può ottenere intervenendo con la sostituzione del generatore di calore di tipo tradizionale con una pompa di calore ad alta efficienza e contestuale installazione di circolatori ad inverter in classe “A”, di un sistema di regolazione primario efficiente e di termovalvole su ciascun corpo scaldante.

La pompa di calore, ad alta efficienza, dovrà garantire 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 da propria centralina climatica.

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

Non è stato inserito tra le valutazioni progettuali l'intervento di sostituzione del generatore tradizione con una caldaia a condensazione ad alta efficienza, per i seguenti motivi:

- Una caldaia a condensazione, viste le temperatura di mandata e ritorno necessarie per garantire il comfort all'interno dei locali, non avrebbe potuto lavorare a regimi ottimali
- L'installazione della caldaia a condensazione non consentiva di raggiungere il salto di due classi APE come richiesto nel capitolato.

##### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

La pompa di calore dovrà essere dotata di un circolatore ad inverter gestito con un segnale 0-10 dalla centralina di comando installata a bordo della pompa di calore. Tale pompa garantirà la circolazione dell'acqua primaria tra la pompa di calore ed il serbatoio di accumulo 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.

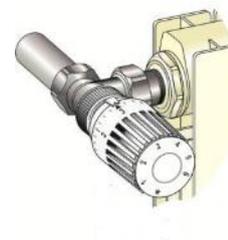
##### **Descrizione dei lavori**

I lavori consisteranno nello smantellamento del generatore di calore, delle pompe, delle valvole miscelatrici e della relativa componentistica elettrica. Successivamente verrà installata la pompa di calore con serbatoio di accumulo e circuito primario. Al serbatoio verranno successivamente collegati i circuiti secondari dotati dei nuovi circolatori e delle nuove valvole miscelatrici. A 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.



Figura 8.7 –Sostituzione generatore con PdC e valvole termostatiche



### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.5.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM3 Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

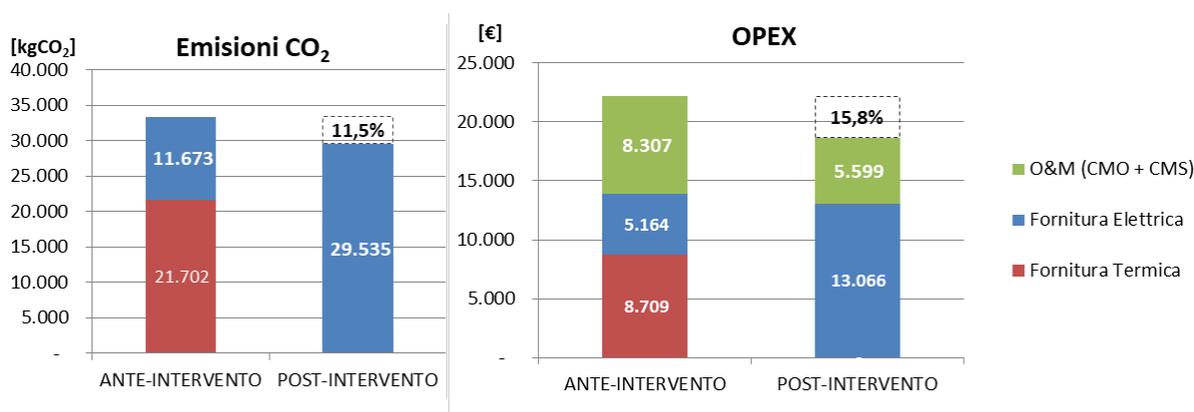
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM3 Rendimento	[%]	92,30%	244,00%	<b>-164,4%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	104.095	-	<b>100,0%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	25.171	63.690	<b>-153,0%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	107.437	-	<b>100,0%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	24.995	63.245	<b>-153,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.702	-	<b>100,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.673	29.535	<b>-153,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>33.375</b>	<b>29.535</b>	<b>11,5%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	8.709	-	<b>100,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.164	13.066	<b>-153,0%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>13.873</b>	<b>13.066</b>	<b>5,8%</b>
$C_{MO}$	[€]	6.562	5.250	<b>20,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	1.744	349	<b>80,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>8.307</b>	<b>5.599</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>22.180</b>	<b>18.665</b>	<b>15,8%</b>
Classe energetica	[-]	D	A2	+2 classi

Nota (25) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh]

Nota (26) La riduzione del 32,1% del costo di manutenzione è dovuto alla minore spesa per le riparazioni e i controlli.

Figura 8.8 – Confronto tra i costi medi e di baseline



### 8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Nessuna EEM prevista in quanto il consumo dell’acqua calda sanitaria risulta poco significativo e non si ritiene 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

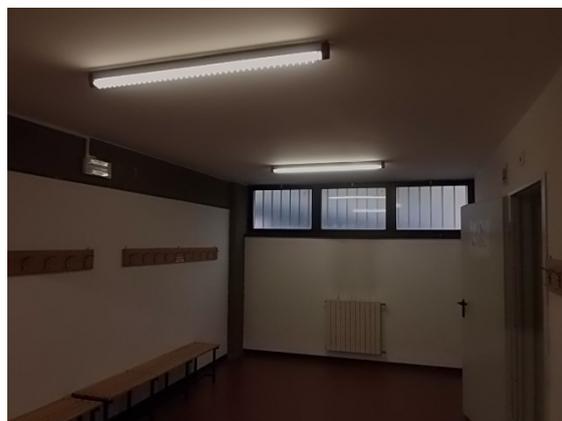
#### EEM1: relamping

##### Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche dell’impianto di illuminazione si può ottenere sostituendo le attuali lampade fluorescenti con tubi a led.

L’intervento comporta la sostituzione di tutte le lampade della scuola modificando gli apparecchi esistenti in funzione dei nuovi tubi a led.

Figura 8.9 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

Per evidenziare la convenienza che si ha nell’uso della tecnologia a led si possono citare i seguenti aspetti:

- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13 anni con un funzionamento di 12 ore/giorno); tale ciclo di vita stimato è tuttavia conservativo; Di fatto si stima che può facilmente raggiungere oltre le 80000 – 100000 ore (ovvero fino a 23 anni con un uso di 12 ore al giorno). Per fare un confronto con le lampade al sodio ad alta pressione queste hanno una

durata di 4000 – 5000 ore (tradotto dagli 11 ai 14 mesi sempre con un uso di 12 ore/giorno) e dopo 3000 ore subiscono una riduzione del 40% del flusso luminoso.

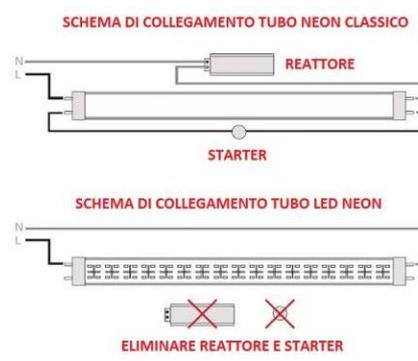
- Qualità della luce: i LED emettono luce bianca che consente di far risaltare in modo ottimale i colori.
- Efficienza luminosa: L'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso ed è espressa in lumen/watt [lm/W]. La tecnologia a LED proposta ha un'efficienza luminosa che va da **90 lm/W** per il modello standard a **111 lm/W**. In confronto le altre tecnologie hanno le seguenti efficienze:
  - 13 lm/W delle lampade ad incandescenza
  - 16 lm/W per le alogene
  - 50 lm/W per le fluorescenti (cosiddette a risparmio energetico)
  - 111 lm/W per i Led.
- Manutenzione: i costi per la manutenzione degli apparati di illuminazione a LED vengono stimati nell'ordine di un decimo rispetto agli impianti di uso comune.
- Salubrità e rischio inquinamento: I LED non contengono gas nocivi alla salute; in tema poi di inquinamento luminoso il led brilla, ma non satura l'ambiente e nulle sono le emissioni di raggi ultravioletti che possono essere dannose per l'uomo in caso di lunghe esposizioni

### Descrizione dei lavori

Per quanto riguarda il principio diverso tra NEON e LED per la sostituzione dei primi con i secondi bisogna applicare due modifiche, in quanto il LED pretende i 220V diretti:

- 1) eliminare lo STARTER
- 2) eliminare il REATTORE connettendo tutti e due i fili sullo stesso morsetto

Figura 8.10 - Particolare schema collegamento tubi neon classici e tubo led



### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella tabella che segue.

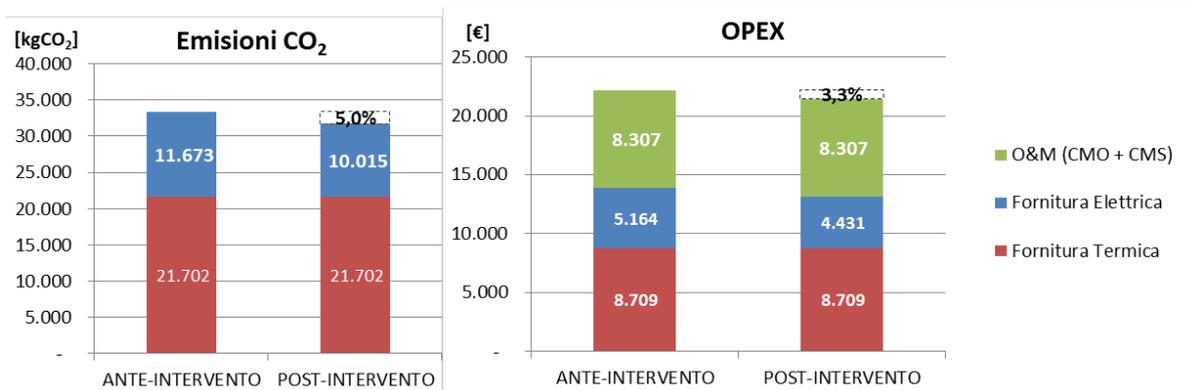
Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM1: relamping

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM1 Trasmissanza	[lm/W]	84	110	<b>-31,0%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	104.095	104.095	<b>0,0%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	25.171	21.596	<b>14,2%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	107.437	107.437	<b>0,0%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	24.995	21.445	<b>14,2%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.702	21.702	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.673	10.015	<b>14,2%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>33.375</b>	<b>31.717</b>	<b>5,0%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	8.709	8.709	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.164	4.431	<b>14,2%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>13.873</b>	<b>13.140</b>	<b>5,3%</b>
$C_{MO}$	[€]	6.562	6.562	<b>0,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	1.744	1.744	<b>0,0%</b>

O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>8.307</b>	<b>8.307</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>22.180</b>	<b>21.446</b>	<b>3,3%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	stessa classe

Nota (27) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO<sub>2</sub>/kWh]  
 I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh]

Figura 8.11 – Confronto tra i costi medi e di baseline



### 8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Nessuna EEM prevista. in quanto non sussistono le condizioni per la realizzazione di un impianto a fonti rinnovabili.

## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

### 9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

#### **EEM1: relamping**

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM1, che consiste nella sostituzione dei tubi fluorescenti con tubi a led.

La realizzazione di tale intervento non consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1: relamping

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 36 W - starter incluso	<a href="https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips">https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips</a>	131	cad	7,45	6,77	887,23	22%	1.082,42
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 18 W - starter incluso	<a href="https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips">https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips</a>	66	cad	6,79	6,17	407,40	22%	497,03
Fornitura tubo led philips per sostituzione tubo 58 W - starter incluso	<a href="https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips">https://www.lampadadiretta.it/philips/philips-lampade-a-led/tubi-led-philips</a>	67	cad	9,85	8,95	599,95	22%	731,94
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezziario Regione Liguria RU.M01.E01.020	88	h	31,88	28,98	2.550,40	22%	3.111,49
Costi per la sicurezza	-	3%	%			133,35	22%	162,69
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			311,15	22%	379,60
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>-EEM1)</b>						<b>4.889,48</b>	<b>22%</b>	<b>5.965,17</b>

Si è considerata la sola sostituzione delle lampade senza i corpi illuminanti in considerazione dell'abbattimento dei costi di intervento; di conseguenza non si è potuto risalire ad un prezzo inserito in un prezziario ufficiale regionale; si è tuttavia selezionato un fornitore unico facilmente reperibile sul mercato italiano per la quotazione dei pezzi.

**EEM2: Sostituzione serramenti**

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM2, che consiste nella sostituzione dei serramenti (chiusure verticali trasparenti verso esterno).

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2: sostituzione dei serramenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in legno (misura minima 2,00 m <sup>2</sup> )	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A05.H01.110	238,04	mq	10,15	9,23	2.196,46	22%	2.679,68
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	238,04	mq	328,90	299,00	71.173,96	22%	86.832,23
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	238,04	mq	47,62	43,29	10.304,97	22%	12.572,06
Costi per la sicurezza	-	3%	%			2.510,26	22%	3.062,52
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			5.857,28	22%	7.145,88
<b>TOTALE (I0 – EEM2)</b>						<b>92.042,93</b>	<b>22%</b>	<b>112.292,37</b>

L'intervento potrebbe accedere agli incentivi del conto termico nel caso si installassero in contemporanea valvole termostatiche sui terminali di emissione. Per l'intervento singolo, visto onerosità ed alti tempi di ritorno non si è simulata questa ipotesi che viene tuttavia considerata nello scenario uno nell'ottica di un efficientamento mirato alla riduzione del fabbisogno energetico dell'edificio.

**EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole**

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nella sostituzione del generatore di calore standard con una pompa di calore elettrica ed installazione delle valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nella tabella che segue.

Tabella 9.3 – Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO			
Incentivo complessivo		35.706,52	€
Incentivo massimo 65%		25.798,00	€
Anni incentivo		5	
Incentivo annuo		5.159,60	€
Coefficiente di valorizzazione	Ci	0,045	€/kWht
Energia termica prodotta	Ei	158.695,68	kWht
Calore prodotto	Qu	206.640	kWht
Potenza termica nominale PDC	Pn	147,6	kW

Coefficiente di utilizzo	Quf	1400	-
Coefficiente di prestazione PDC	COP	4,31	-

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM3: sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Pompa di calore con ventilatori elicoidali - inclusa manodopera	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0010.i	1	cad	25.913,94	23.558,13	23.558,13	22%	28.740,92
Kit idronico	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.02.050.0030.b	1	cad	1.420,71	1.291,55	1.291,55	22%	1.575,70
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	60	cad	35,42	32,20	1.932,00	22%	2.357,04
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m <sup>3</sup> /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.135	1	cad	2.999,95	2.727,23	2.727,23	22%	3.327,22
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 40 mm fino a 65 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.020	1	cad	50,06	45,51	45,51	22%	55,52
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%	%			887,25	22%	1.082,45
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2.070,25	22%	2.525,71
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM3)</b>						<b>32.532,55</b>	<b>22%</b>	<b>39.689,71</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>							<b>25.798</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>								<b>5.159,60</b>

### **EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)**

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nell'isolamento sia delle chiusure verticali opache, sia di quelle orizzontali (combinazione dei singoli interventi EEM5 + EEM6). La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come nella seguente tabella.

Tabella 9.5– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per entrambi gli interventi	40%
Costo massimo ammissibile intervento cappotto pareti	100 €/m <sup>2</sup>
Costo massimo ammissibile intervento chiusure orizzontali	200 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo per entrambi gli interventi	400.000 €

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Cappotto pareti	v. tabella 9.6	-	-	-	-	147.745,98	22%	18.250,10
Isolamento Copertura <sup>28</sup>	v. tabella 9.7	-	-	-	-	26.451,44	22%	32.270,76
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>- EEM4)</b>						<b>174.197,42</b>	<b>22%</b>	<b>212.520,86</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>							<b>67.863</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>								<b>13.576,60</b>

Nota(28) importo al netto dei costi per i ponteggi, già compresi per la realizzazione del cappotto pareti

### **EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)**

Nella Tabella 9.8 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM5, che consiste nell'isolamento delle chiusure verticali opache.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come nella seguente tabella.

Tabella 9.7– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	100 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo	400.000 €

Tabella 9.8 – Analisi dei costi della EEM5: coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Posa di isolamento termico-acustico superfici verticali (intercapedini e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010	1373,87	mq	13,98	12,71	17.460,64	22%	21.301,98
Pannelli rigidi in lana in polistirene espanso	Prezziario Regione Liguria	1373,87 mq x 12	mq cm	0,33	0,30	4.945,93	22%	6.034,04

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
sinterizzato della densità di 10-13 kg/mc	- voce: PR.A17.Y04.010	cm						
Intonaco esterno in malta cementizia	Prezziario Regione Liguria - voce: 1.16.1.A10	1373,87	mq	21,79	19,81	27.215,12	22%	33.202,44
Strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.010	1373,87	mq	5,32	4,84	6.644,53	22%	8.106,33
Strato di fondo a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.020	1373,87	mq	19,79	17,99	24.717,17	22%	30.154,95
Strato di finitura a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.030	1373,87	mq	7,91	7,19	9.879,37	22%	12.052,84
Strollato tirato a frazzo su pareti verticali o soffitti	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.040	1373,87	mq	13,48	12,25	16.836,15	22%	20.540,11
Tinteggiatura superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani)	Prezziario Regione Liguria - voce: 0.A90.A20.010	1373,87	mq	5,98	5,44	7.468,86	22%	9.112,01
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	1373,87	mq	14,03	12,75	17.523,09	22%	21.378,17
Noleggio per ponteggio per ogni mese successivo al primo	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.015	1373,87	mq/mese	1,30	1,18	1.623,66	22%	1.980,87
Costi per la sicurezza	-	3%	%			4.029,44	22%	4.915,91
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			9.402,02	22%	11.470,46
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>- EEM5)</b>						<b>147.745,98</b>	<b>22%</b>	<b>180.250,10</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>							<b>54.955</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>								<b>10.991</b>

### **EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)**

Nella Tabella 9.10 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM6, che consiste nell'isolamento sia delle chiusure orizzontali opache.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come nella seguente tabella.

Tabella 9.9– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	200 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo	400.000 €

Tabella 9.10 – Analisi dei costi della EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.019	603,43	mq	6,26	5,69	3.434,07	22%	4.189,56
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	603,43	mq	5,67	5,15	3.110,41	22%	3.794,70
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	603,43 mq x 12 cm	mq cm	2,00	1,82	13.165,75	22%	16.062,21
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	340	mq	14,03	12,75	4.336,55	22%	5.290,59
Costi per la sicurezza	-	3%	%			721,40	22%	880,11
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.683,27	22%	2.053,59
<b>TOTALE (I0 – EEM6)</b>						<b>26.451,44</b>	<b>22%</b>	<b>32.270,76</b>
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>							<b>12.908</b>
<b>Durata incentivi</b>	<b>5 anni</b>							
<b>Incentivo annuo</b>								<b>2.581,60</b>

## 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.

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):

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

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: relamping**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1: relamping

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	5.965
Oneri Finanziari % <sub>0</sub>	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	8
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	9,0	9,0
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	10,3	10,3
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	-	-
		1.370	1.370
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-3,0%	-3,0%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,23	-0,23

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle seguenti figure.

Figura 9.1 –EEM1: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

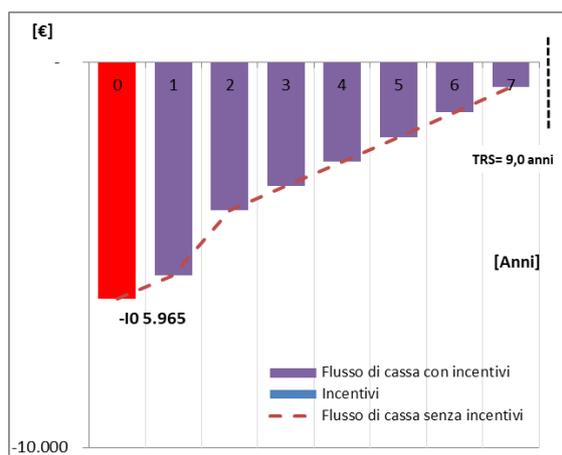
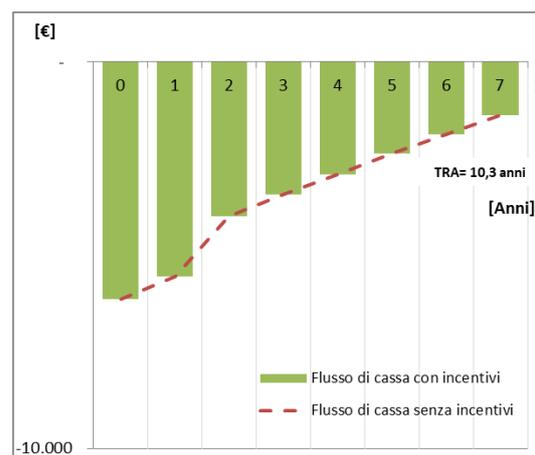


Figura 9.2 –EEM1: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



L'intervento non risulta conveniente se non si considera una vita utile dell'intervento di 8 anni.

## EEM2: Sostituzione serramenti

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2: sostituzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	112.292
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	-
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	52,7	52,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	77,9	77,9
Valore attuale netto	VAN	-71.096	-71.096
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,1%	-4,1%
Indice di profitto	IP	-0,63	-0,63

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle seguenti figure.

Figura 9.3 –EEM2: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

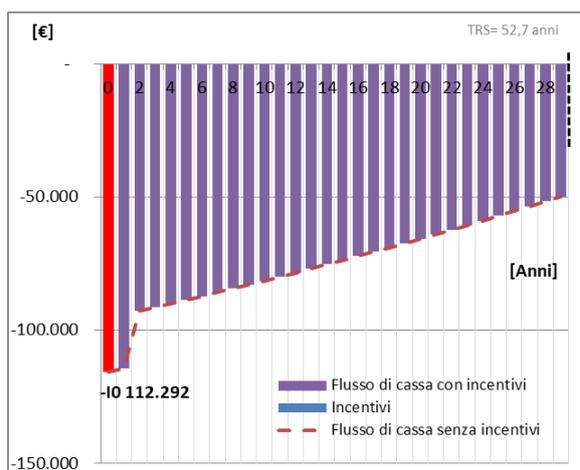
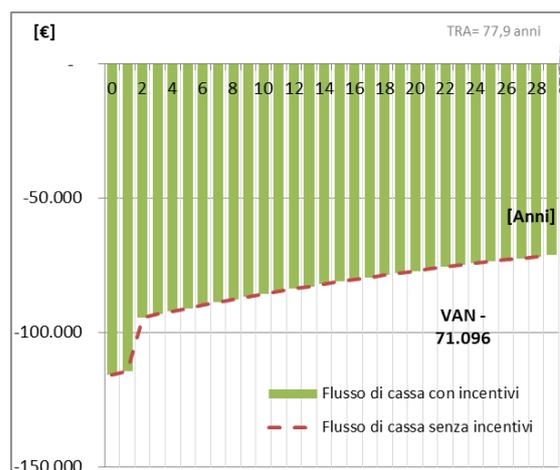


Figura 9.4 –EEM2: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento richiede un investimento molto importante, il quale presenta tempi di ritorno eccessivi e comunque non in linea con le richieste da capitolato, sia per i tempi di ritorno, sia per la classe energetica APE raggiungibile. L'intervento sarebbe comunque valido dal punto di vista dell'incremento del benessere termo-igrometrico percepito dagli utenti, soprattutto in abbinamento con interventi sull'involucro opaco.

**EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole**

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.13 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3: sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	39.690
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	5.160
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	11,3	4,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,9	4,8
Valore attuale netto	VAN	2.405	20.565
Tasso interno di rendimento	TIR	3,0%	14,2%
Indice di profitto	IP	-0,06	0,52

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle seguenti figure.

Figura 9.5 –EEM3: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

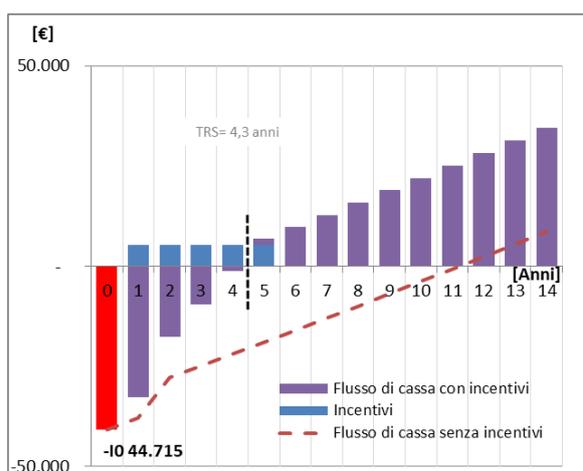
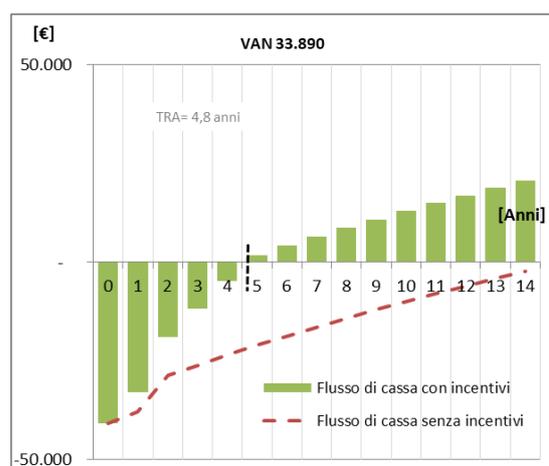


Figura 9.6 –EEM3: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Dei singoli interventi analizzati, quello sull’impianto risulta essere il più vantaggioso dal punto di vista costi-benefici e rispetta completamente le richieste del capitolato, sia per i tempi di ritorno ridotti, sia per il raggiungimento di un significativo salto di classi energetiche valutate in condizioni standard (APE). Si consiglia pertanto di eseguire l’intervento, anche se emerge comunque che questo potrebbe essere abbinato, anche al di fuori del capitolato, ad interventi sull’involucro, aventi lo scopo di ridurre realmente i consumi, anziché solamente migliorare le prestazioni impiantistiche.

### **EEM4: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.14 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4: coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti) e chiusure orizzontali (copertura)

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	212.521
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	13.573
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	24,9	16,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	41,7	30,1
Valore attuale netto	VAN	61.267	844
Tasso interno di rendimento	TIR	1,1%	4,0%
Indice di profitto	IP	-0,29	0,00

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle seguenti figure.

Figura 9.7 –EEM4: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

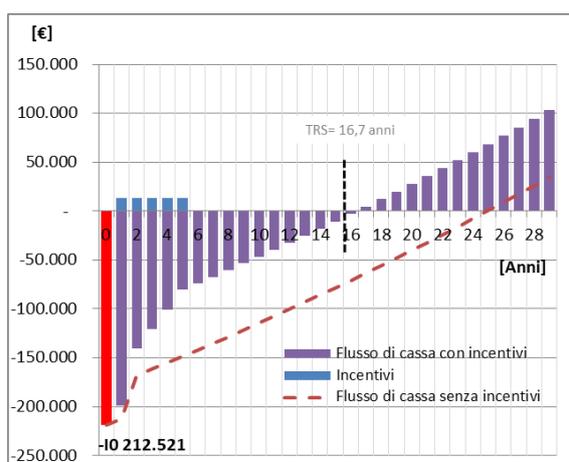
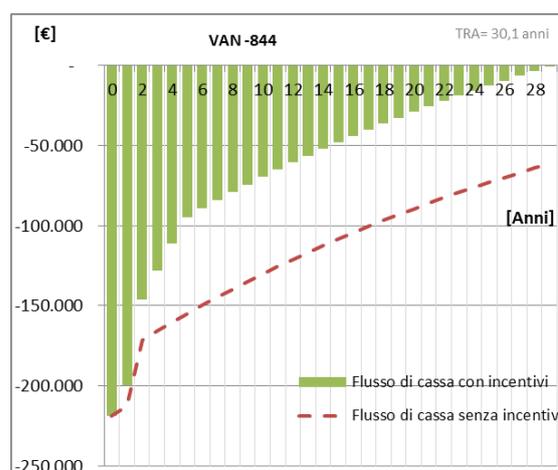


Figura 9.8 –EEM4: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Questo intervento rappresenta un considerevole impegno economico, con tempi di ritorno superiori alle richieste da capitolato, ma ancora ragionevoli in un'ottica di lungo periodo e di voler effettivamente ridurre i consumi dell'organismo edilizio, oltre che incrementare considerevolmente la percezione di benessere da parte degli occupanti. Pertanto si raccomanda di prendere comunque

in considerazione la possibilità di eseguire tale intervento, oppure almeno uno dei due successivi EE5 ed EE6 di cui EEM4 rappresenta la somma.

### **EEM5: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)**

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.15 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5: coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure verticali (pareti)

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	180.250
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	10.991
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	26,0	17,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	43,3	31,4
Valore attuale netto	VAN	-56.959	8.029
Tasso interno di rendimento	TIR	0,8%	3,5%
Indice di profitto	IP	-0,32	-0,04

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle seguenti figure.

Figura 9.9 –EEM5: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

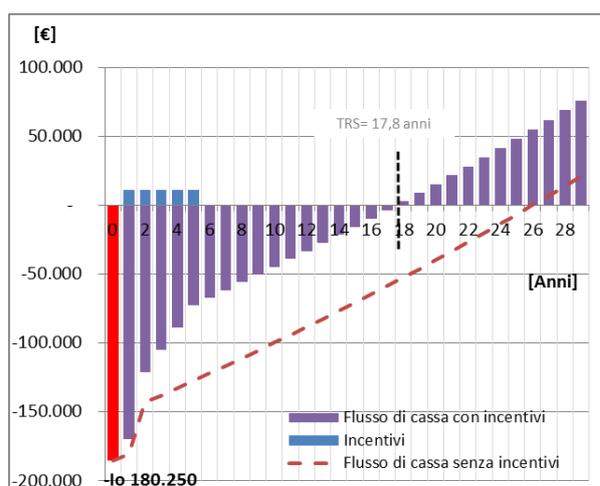
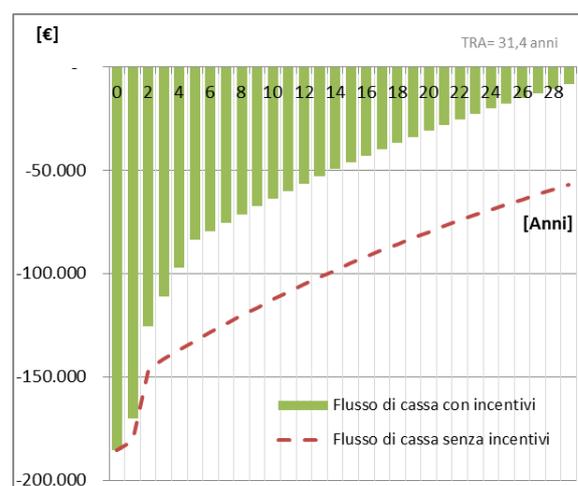


Figura 9.10 –EEM5: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Analogamente alle considerazioni espresse per il precedente intervento EEM4, pur configurandosi EEM5 come avente tempi di ritorno superiori alla richiesta da capitolato ed un miglioramento pari ad

una sola classe energetica, si suggerisce di prendere in considerazione tale proposta per un’eventuale realizzazione avente finalità sul lungo periodo.

### **EEM6: Coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)**

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.16 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6: coibentazione involucro opaco: cappotto esterno su chiusure orizzontali (copertura)

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	32.271
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	2.582
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	16,5	9,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	26,7	13,7
Valore attuale netto	VAN	1.694	13.187
Tasso interno di rendimento	TIR	4,5%	8,4%
Indice di profitto	IP	0,05	0,41

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle seguenti figure.

Figura 9.11 –EEM6: Flusso di cassa non attualizzato (senza incentivi)

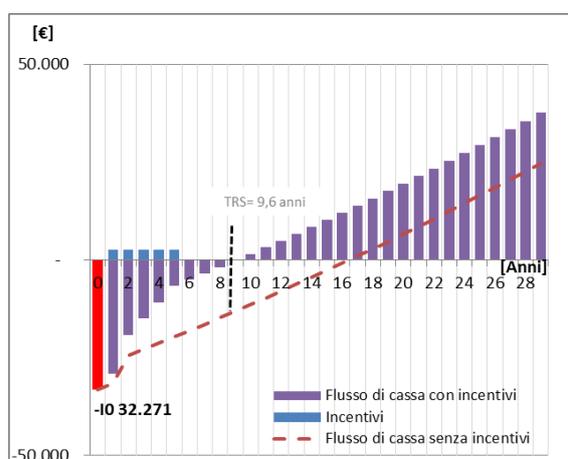
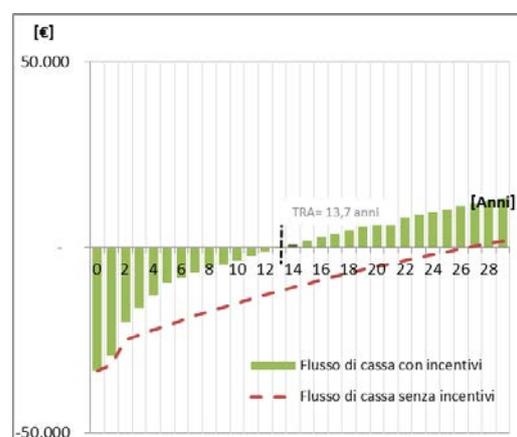


Figura 9.12 –EEM6: Flusso di cassa attualizzato (con incentivi)



Analogamente alle considerazioni espresse per i precedenti interventi EEM4 ed EEM5, si sottolinea la valenza di questa tipologia di interventi aventi scopo di migliorare il benessere degli utenti, oltre che ridurre i consumi.

### Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.17 e Tabella 9.18.

Tabella 9.17 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0^{-1}$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	5,3%	5,0%	733	0	0	5.965	9,0	10,3	8	-1.370	-3,0%	-0,23
EEM 2	11,5%	11,9%	1.595	0	0	112.292	52,7	77,9	30	-71.096	-4,1%	-0,63
EEM 3	5,8%	11,5%	807	1.312	1.396	39.690	11,3	15,9	15	-2.405	3,0%	-0,06
EEM 4	54,3%	56,3%	7.540	0	0	212.521	24,9	41,7	30	-61.267	1,1%	-0,29
EEM 5	43,9%	45,4%	6.087	0	0	180.250	26,0	43,3	30	-56.959	0,8%	-0,32
EEM 6	13,1%	13,6%	1.823	0	0	32.271	16,5	26,7	30	1.694	4,5%	0,05

Dall’analisi dei risultati emerge che tutti gli interventi hanno un TRS minore rispetto alla loro vita utile tranne EEM1 e EEM2; solo l’intervento EEM6 però risulta economicamente conveniente con VAN positivo.

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

- % $\Delta_E$  è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % $\Delta_{CO_2}$  è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell’emissioni complessivo (termico + elettrico);
- $\Delta C_E$  è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- $\Delta C_{MO}$  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;
- $\Delta C_{MS}$  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;

Tabella 9.18 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0^{-1}$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	5,3%	5,0%	733	0	0	5.965	9,0	10,3	8	-1.370	-3,0%	-0,23
EEM 2	11,5%	11,9%	1.595	0	0	112.292	52,7	77,9	30	-71.096	-4,1%	-0,63
EEM 3	5,8%	11,5%	2.545	1.312	1.396	39.690	4,3	4,8	15	20.565	14,2%	0,52

CON INCENTIVI												
	% $\Delta E$	% $\Delta_{CO2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0^1$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 4	54,3%	56,3%	7.540	0	0	212.521	16,7	30,1	30	-844	4,0%	-0,004
EEM 5	43,9%	45,4%	6.087	0	0	180.250	17,8	31,4	30	-8.029	3,5%	-0,04
EEM 6	13,1%	13,6%	1.823	0	0	32.271	9,6	13,7	30	13.187	8,4%	0,41

Dall’analisi dei risultati considerando gli incentivi del conto termico, emerge che tutti gli interventi hanno TRS minore della loro vita utile tranne EEM1 e EEM2 per i quali non è previsto nessun incentivo. Solo EEM3 e EEM6 risultano economicamente convenienti con VAN positivi.

### 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 è sarà verificato un tempo di ritorno semplice,  $TRS \leq 15$  anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è 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%
- $\tau$  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 n-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 -SCN1: EEM1 + EEM3:** Tale scenario consiste nella sostituzione di tutte le lampade con sorgenti luminose a LED e nella riqualificazione impiantistica dell’impianto di climatizzazione invernale, sostituendo la caldaia tradizione con una Pompa di Calore elettrica ed installando le termovalvole sui radiatori esistenti.
- **Scenario 2 -SCN2: EEM1 + EEM2 + EEM3 + EEM6:** Tale scenario consiste nella realizzazione di un intervento di relamping, comunque consigliato, affiancato da una riqualificazione impiantistica e di involucro: sostituzione caldaia tradizione con Pompa di Calore elettrica ed installazione termo valvole, sostituzione serramenti dei piani fuori terra e isolamento della copertura.

### 9.3.1 Scenario 1- SCN2: EEM1 + EEM3

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

**EEM1: relamping**

**EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole**

Tabella 9.19 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	4.444,98	22%	5.422,88
EEM3 Fornitura & Posa	29.575,05	22%	36.081,56
Costi per la sicurezza	1.020,60	22%	1.245,13
Costi per la progettazione	2.381,40	22%	2.905,31
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>37.422,03</b>	<b>22%</b>	<b>45.654,88</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	5.250	349	5.599
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>5.250</b>	<b>349</b>	<b>5.599</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	25.798	
Durata incentivi	5	5	
Incentivo annuo		5.160	

Tabella 9.20– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO		
Incentivo complessivo	35.706,52	€

Incentivo massimo 65%		25.798,00	€
Anni incentivo		5	
Incentivo annuo		5.159,60	€
Coefficiente di valorizzazione	Ci	0,045	€/kWh
Energia termica prodotta	Ei	158.695,68	kWh
Calore prodotto	Qu	206.640	kWh
Potenza termica nominale PDC	Pn	147,6	kW
Coefficiente di utilizzo	Quf	1400	-
Coefficiente di prestazione PDC	COP	4,31	-

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

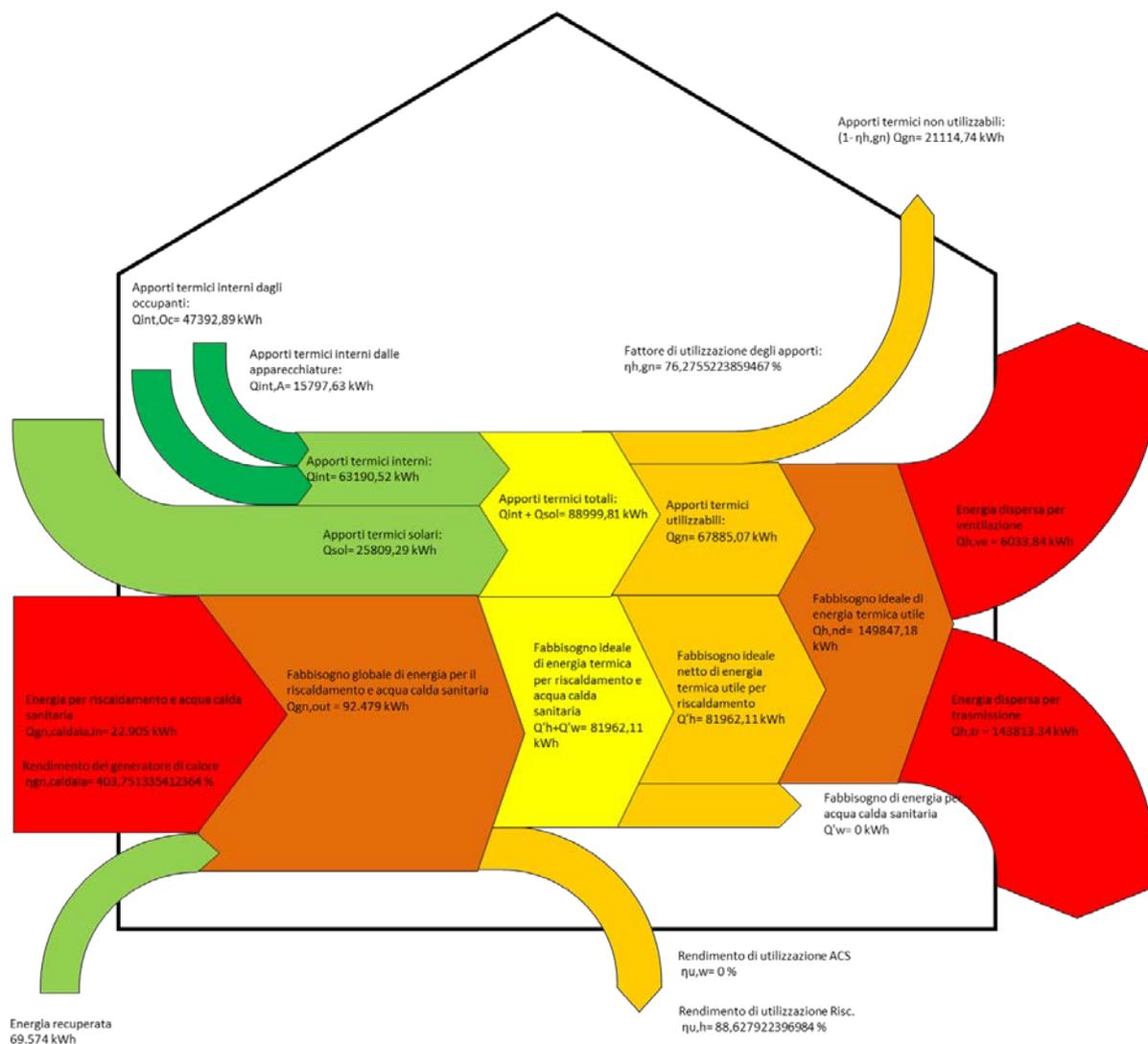


Figura 9.14 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

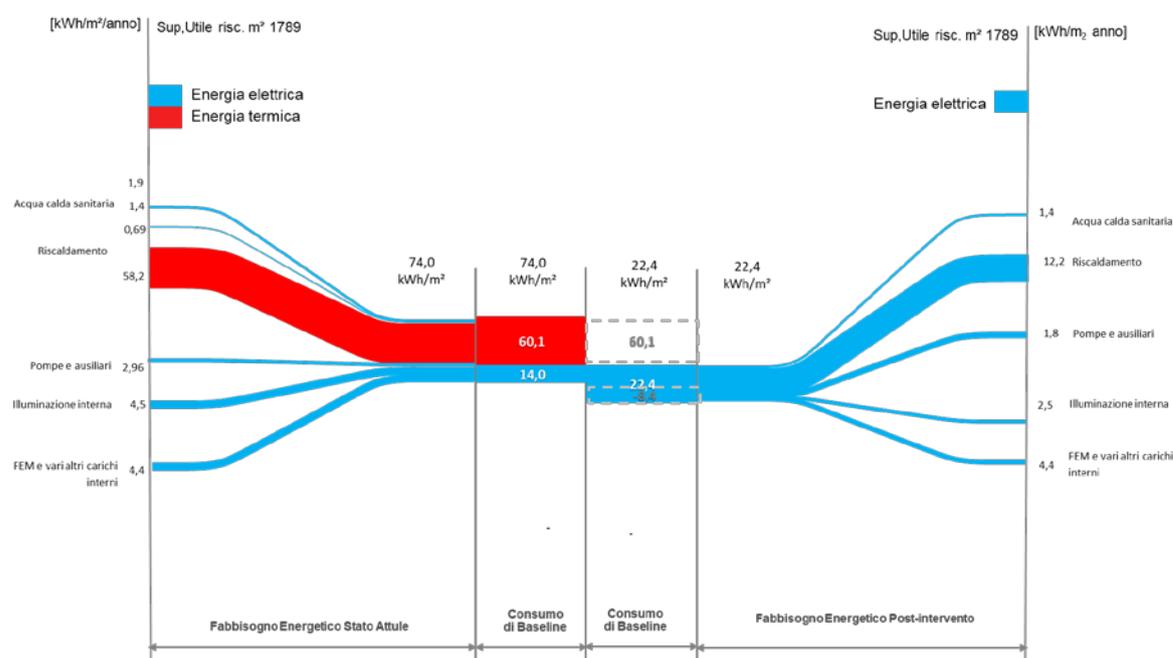
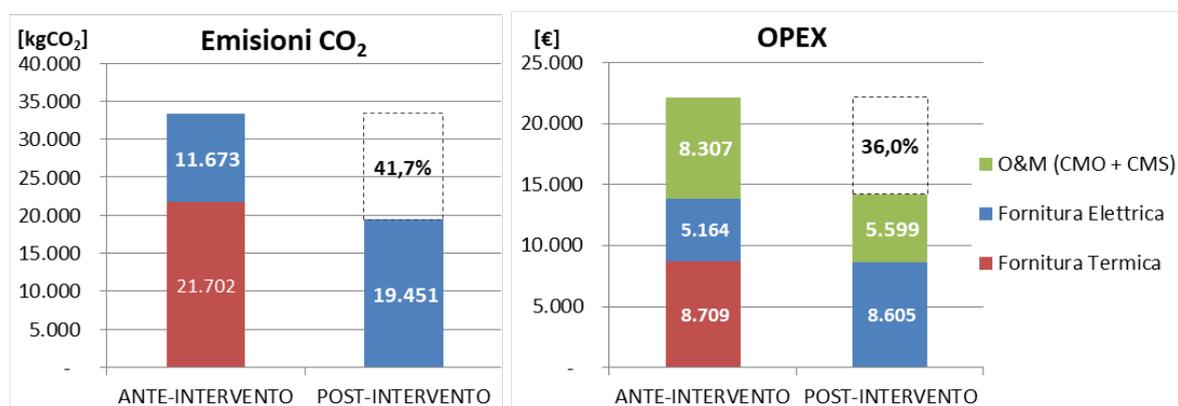


Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Efficienza luminosa	[lm/W]	84	110	-31,0%
EEM3 Rendimento	[%]	92%	404%	-337,7%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	104.095	-	100,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.171	41.945	-66,6%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	107.437	-	100,0%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	24.995	41.652	-66,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.702	-	100,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.673	19.451	-66,6%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>33.375</b>	<b>19.451</b>	<b>41,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.709	-	100,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.164	8.605	-66,6%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>13.873</b>	<b>8.605</b>	<b>38,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	6.562	5.250	20,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	1.744	349	80,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>8.307</b>	<b>5.599</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>22.180</b>	<b>14.204</b>	<b>36,0%</b>
Classe energetica	[-]	D	B	+2classi

Nota (29) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh] per il vettore elettrico – il tutto IVA inclusa.

Figura 9.15 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> 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 9.22 Tabella 9.23 e Tabella 9.24 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – 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	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	2
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 45.655
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.370
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 47.025
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 37.620
Equity	$I_E$	€ 9.405
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	1,92
Rata annua debito	$q_D$	€ 19.567
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 39.134
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 1.514

Tabella 9.24 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€ 11.371
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€ 6.809
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 18.180
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	38,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	32,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 5.694
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 909
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 42.451
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 7.826
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	101,72%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€ 3.417
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 108
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 1.260
Canone O&M €/anno	$CnM$	€ 4.765
Canone Energia €/anno	$CnE$	€ 7.721
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€ 12.486
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€ 4.785
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€ 17.271
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€ 8.233
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€ 21.146
Durata Incentivi, anni	$n_B$	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.23 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	T.R.S.	5,50
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,10
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€ 30.317
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	15,75%
Indice di Profitto	IP	66,41%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	T.R.S.	5,66
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	6,55
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€ 17.310
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	21,88%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	0,554
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	2,700
Indice di Profitto Azionista	IP	37,91%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

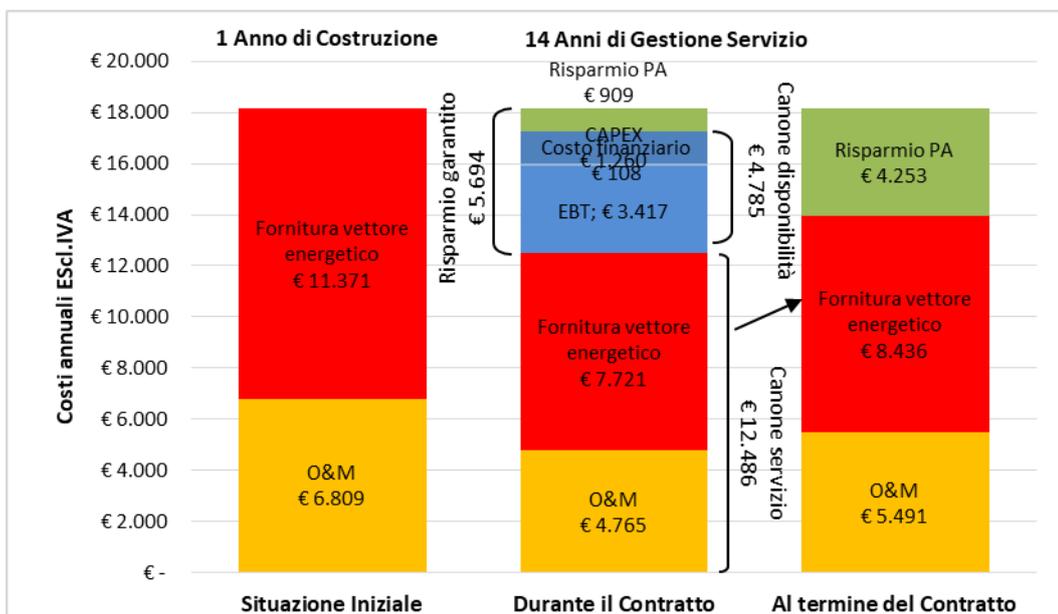


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.18

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 1- SCN1: EEM1 + EEM2 + EEM3+EEM6

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

**EEM1: relamping**

**EEM2: Sostituzione serramenti piani fuori terra**

**EEM3: Sostituzione del generatore con pompa di calore ed installazione termovalvole**

**EEM6: coibentazione copertura piana**

Tabella 9.24 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	4.444,98	22%	5.422,88
EEM2 Fornitura & Posa	83.675,39	22%	102.083,97
EEM3 Fornitura & Posa	29.575,05	22%	36.081,56
EEM6 Fornitura & Posa	24.046,76	22%	29.337,05
Costi per la sicurezza	4.252,26	22%	5.187,76
Costi per la progettazione	9.921,95	22%	12.104,78
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>155.916,40</b>	<b>22%</b>	<b>190.218,01</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	0	0	0
EEM2 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	5.250	349	5.599
EEM6 O&M	0	0	0
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>5.250</b>	<b>349</b>	<b>5.599</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE		TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
<b>Incentivi Conto termico</b>			<b>102.461</b>
<b>Durata incentivi</b>			<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>			<b>20.492</b>

Tabella 9.25– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per EEM3	65%
Percentuale spesa ammissibile per EEM6	55%
Costo massimo ammissibile per EEM3	-
Costo massimo ammissibile per EEM6	100 €/m <sup>2</sup>
Valore massimo incentivo EEM3	-
Valore massimo incentivo EEM6	400.000 €

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 9.19 – Scenario 2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

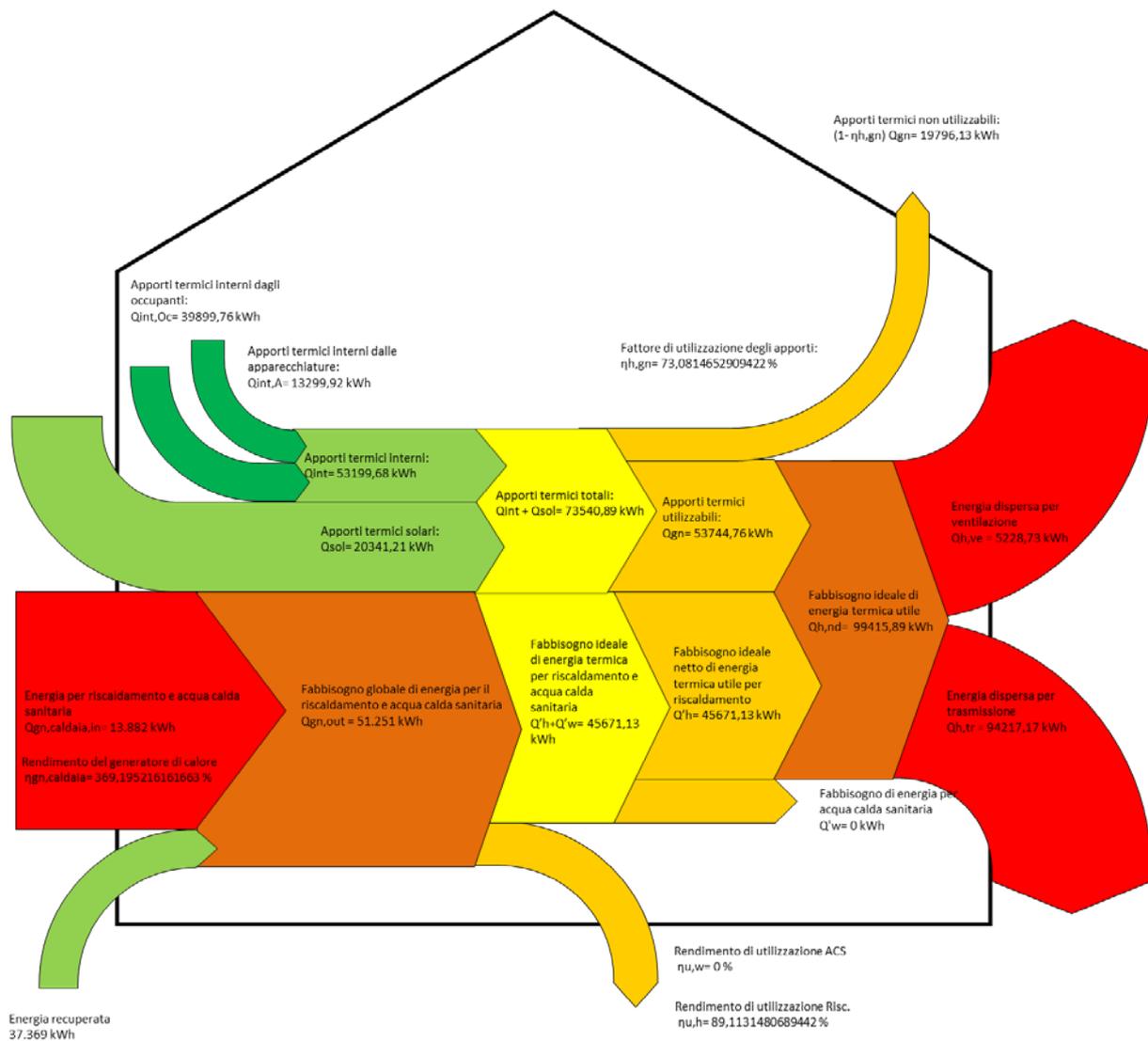


Figura 9.20 – Scenario 2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

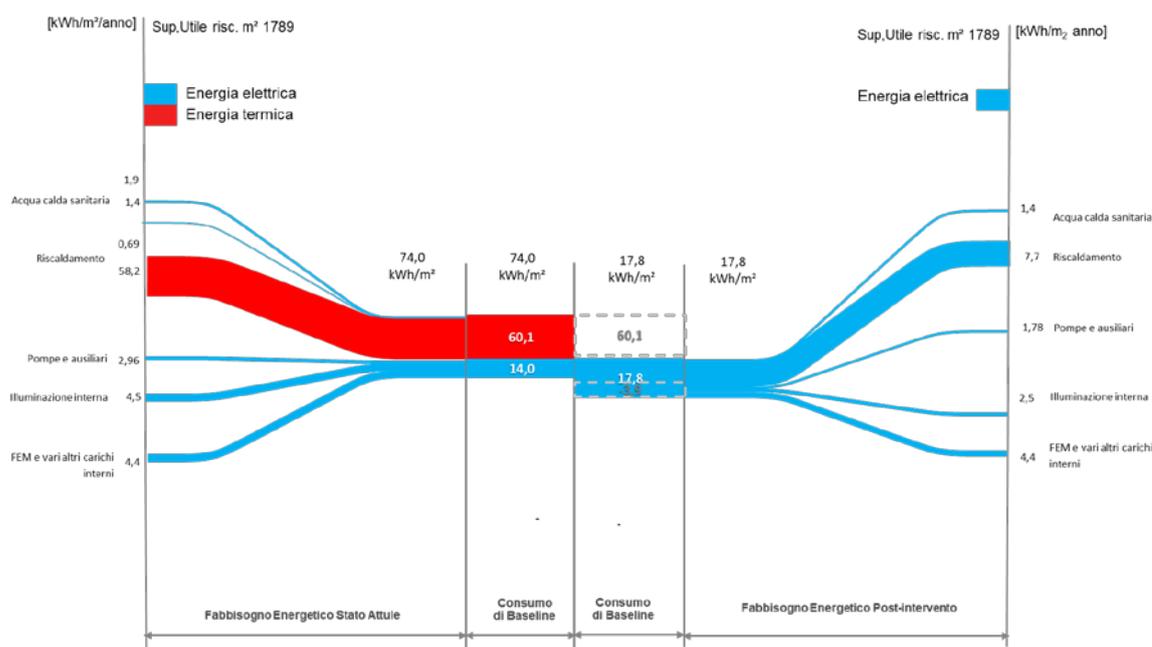
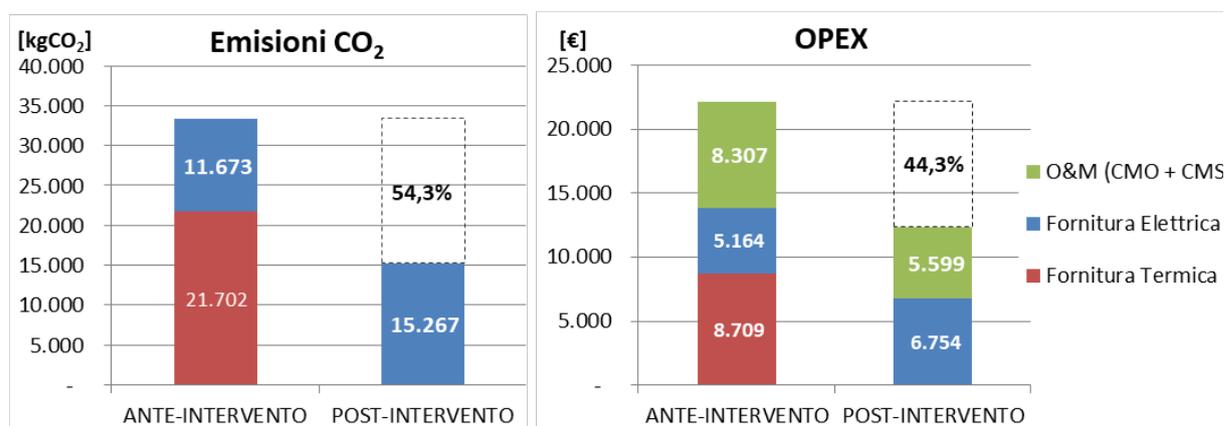


Tabella 9.26 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Efficienza luminosa	[lm/W]	84	110	<b>-31,0%</b>
EEM2 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m²K]	5,77	1,67	<b>71,1%</b>
EEM3 Rendimento	[%]	92,30%	244,00%	<b>-164,4%</b>
EEM6 Trasmittanza	[W/m²K]	1,4	0,28	<b>80,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	104.095	-	<b>100,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.171	32.922	<b>-30,8%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	107.437	-	<b>100,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	24.995	32.692	<b>-30,8%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.702	-	<b>100,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.673	15.267	<b>-30,8%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>33.375</b>	<b>15.267</b>	<b>54,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.709	-	<b>100,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.164	6.754	<b>-30,8%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>13.873</b>	<b>6.754</b>	<b>51,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	6.562	5.250	<b>20,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	1.744	349	<b>80,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>8.307</b>	<b>5.599</b>	<b>32,6%</b>
OPEX	[€]	<b>22.180</b>	<b>12.353</b>	<b>44,3%</b>
Classe energetica	[-]	D	B	<b>+2classi</b>

Nota (30) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh] per il vettore elettrico – il tutto IVA inclusa.

Figura 9.21 – 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 9.27, Tabella 9.28 e Tabella 9.29e nelle successive figure.

Tabella 9.27 – 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	$n_0$	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	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	23
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 190.218
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 5.707
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 195.925
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 156.740
Equity	$I_E$	€ 39.185
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	15,29
Rata annua debito	$q_D$	€ 10.249
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 235.725

Costi per interessi debito, $INT_D$	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	78.985
-------------------------------------	-------------------------	---	--------

Tabella 9.28 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	11.371
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	6.809
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>18.180</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>51,3%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>32,6%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>0,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>6.840</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	-
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	72.894
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	10.860
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>24</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>3,84%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	314
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	3.291
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	3.235
Canone O&M €/anno	$CnM$	€	4.887
Canone Energia €/anno	$CnE$	€	6.453
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€	11.340
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€	6.840
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€	<b>18.180</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	34.302
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	83.985
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

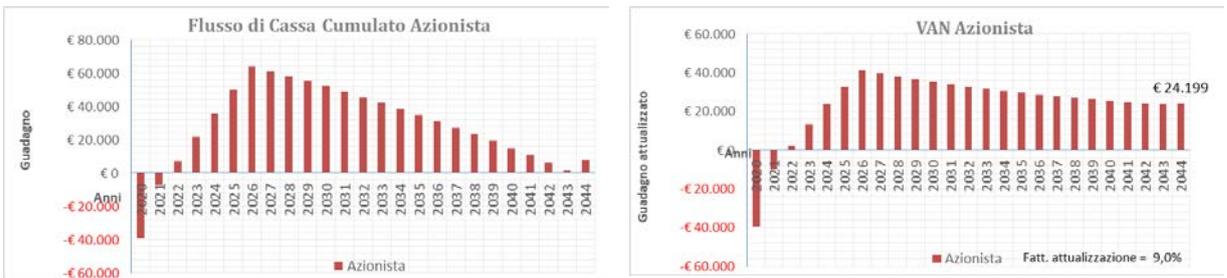
Tabella 9.29 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>11,31</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>18,75</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>16.097</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>		<b>5,31%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>8,46%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>2,50</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>2,81</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>24.199</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>		<b>46,29%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>		<b>1,114</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLLCR &lt; 1</b>		<b>0,546</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>		<b>12,72%</b>

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

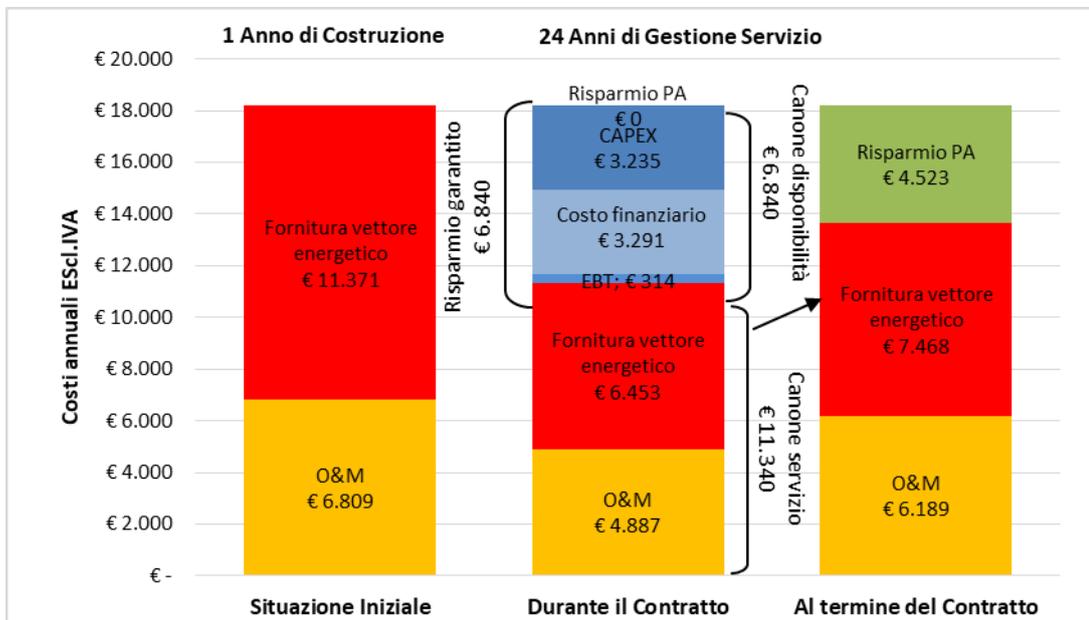


Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.24.

Figura 9.24 – 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 è BUONO per l'indice  $IEN_R$ , mentre l'indice  $IEN_E$  ha valori INSUFFICIENTI.

COMBUSTIBILE	$IEN_R$			$IEN_E$		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)					
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	8,5	8,06	9,29			
Energia elettrica				10,90	12,11	11,88

### 10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Lo scenario 1 (SNC1) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante sostituzione di tutte le lampade con sorgenti luminose a LED e nella riqualificazione impiantistica dell'impianto di climatizzazione invernale, sostituendo la caldaia tradizione con una Pompa di Calore elettrica ed installando le termovalvole sui radiatori esistenti.

Lo scenario 2 (SNC2) prevede il salto di 2 classi energetiche mediante la realizzazione di un intervento di relamping, la sostituzione della caldaia tradizione con Pompa di Calore elettrica ed installazione termovalvole, la sostituzione serramenti dei piani fuori terra e l'isolamento della copertura.

	CON INCENTIVI													
	% $\Delta E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0^{-1}$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]
SCN 1	38,0%	41,7%	5.268	1.312	1.396	45.655	5,7	6,5	15	17310	21,9%	0,38	0,6	2,7
SCN 2	51,3%	54,3%	7.119	1.312	1.396	190.218	2,5	2,8	25	24199	46,3%	0,13	1,1	0,5

Nel caso con incentivi, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, entrambi gli scenari risultano convenienti con VAN positivi, LLCR maggiore di 1 sono nello scenario 1 e DSCR minori di 1,3 in entrambi i casi.

	SENZA INCENTIVI													
	% $\Delta E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0^{-1}$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]
SCN 1	38,0%	41,7%	5.268	1.312	1.396	45.655	8,8	13,2	15	2217	10,4%	0,05	0,5	2,0
SCN 2	51,3%	54,3%	7.119	1.312	1.396	190.218	38,6	75,2	25	-35741	-	-0,19	0,8	0,5

Nel caso senza incentivi, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, solo lo scenario 1 risulta conveniente con VAN positivo, LLCR maggiore di 1 ma DSCR minore di 1,3.

### 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 dall'edificio
- non è stato constatato un sovrariscaldamento degli ambienti

In questo caso non si ha un impiego di risorse energetiche maggiore di quello necessario ma si sono verificati effetti negativi sul comfort degli utenti, per questo motivo si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni dell'involucro, pur non rientrando questi interventi nei parametri richiesti dal Capitolato.

Si sottolinea che gli scenari SCN1 e SCN2 sono stati definiti in modo da rispettare i vincoli della committenza (salto superiore a due classi energetiche valutate in condizioni standard –APE– e tempi di ritorno rispettivamente inferiori a 25 e 15 anni). Per soddisfare il requisito relativo al salto di classe si è reso necessario ipotizzare l'installazione di una pompa di calore che oltre ai costi indicati nel report per la mera installazione della macchina dovrà prevedere l'adeguamento dell'impianto di riscaldamento per consentirne il funzionamento ottimale a bassa temperatura.

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

Per poter massimizzare i benefici delle EEM proposte 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
1	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO	10/1997	E01381
2	TAVOLA PIANO 1 EDIFICIO	11/1999	PIAN1
3	TAVOLA PIANO 2. EDIFICIO	11/1999	PIAN2
4	TAVOLA PIANO 3. EDIFICIO	11/1999	PIAN3
5	TAVOLA PIANO TERRA-P. EDIFICIO	11/1999	PIANT-P
6	TAVOLA PIANO 1 SEMINTERRATO. EDIFICIO	11/1999	PIAN1SS
7	TAVOLA PIANO 2 SEMINTERRATO. EDIFICIO	11/1999	PIAN2SS
8	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO	11/1999	PIANT
9	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO	11/1999	PIANC
10	SCHEDA SOTTOCENTRALE TERMICA	06/2017	127-S02-001-SOTTOCENTRALE TERMICA
11	SCHEDA CENTRALE TERMICA	06/2017	127-S02-001-CENTRALE TERMICA
12	CENSIMENTO PIANO TERRA	06/2017	L1-042-127-P00
13	CENSIMENTO PIANO 1	06/2017	L1-042-127-P01
14	CENSIMENTO PIANO 2	06/2017	L1-042-127-P02
15	CENSIMENTO PIANO 2	06/2017	L1-042-127-P03
16	CENSIMENTO PIANO SEMINTERRATO 1	06/2017	L1-042-127-S01
17	CENSIMENTO PIANO SEMINTARRATO 2	06/2017	L1-042-127-S02
18	CENSIMENTO PIANO TERRA-CHECKLIST	05/2017	L1-042-127-P00 - Checklist
19	CENSIMENTO PIANO 1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-127-P01 - Checklist
20	CENSIMENTO PIANO 2-CHECKLIST	05/2017	L1-042-127-P02 - Checklist
21	CENSIMENTO PIANO 3-CHECKLIST	05/2017	L1-042-127-P03 – Checklist
22	CENSIMENTO PIANO S1-CHECKLIST	05/2017	L1-042-127-S01 – Checklist
23	CENSIMENTO PIANO S2-CHECKLIST	05/2017	L1-042-127-S02 – Checklist
24	FATTURA DEL 06/03/2014	03/2014	2014-5700065495
25	FATTURA DEL 20/03/2014	03/2014	2014-5700098218
26	FATTURA DEL 23/04/2014	03/2014	2014-5700134957
27	FATTURA DEL 27/05/2014	03/2014	2014-5700176145
28	FATTURA DEL 23/06/2014	03/2014	2014-5700214975
29	FATTURA DEL 21/07/2014	03/2014	2014-5700248944
30	FATTURA DEL 08/08/2014	03/2014	2014-5700261595
31	FATTURA DEL 12/09/2014	03/2014	2014-5700291206
32	FATTURA DEL 14/10/2014	03/2014	2014-5700345541
33	FATTURA DEL 13/11/2014	03/2014	2014-5700373449
34	FATTURA DEL 12/12/2014	03/2014	2014-5700411327
35	FATTURA DEL 06/03/2015	09/2017	2015-5700493139
36	FATTURA DEL 17/03/2015	09/2017	2015-5700544142
37	FATTURA DEL 13/04/2015	09/2017	2015-5750081967
38	FATTURA DEL 07/05/2015	09/2017	2015-E000140844
39	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163929
40	FATTURA DEL 03/06/2015	09/2017	2015-E000175672
41	FATTURA DEL 02/09/2015	09/2017	2015-E000337522
42	FATTURA DEL 01/07/2015	09/2017	2015-E000234065
43	FATTURA DEL 03/08/2015	09/2017	2015-E000281520
44	FATTURA DEL 02/10/2015	09/2017	2015-E000386676
45	FATTURA DEL 02/11/2015	09/2017	2015-E000432863
46	FATTURA DEL 01/12/2015	09/2017	2015-E000483582
47	FATTURA DEL 02/01/2016	09/2017	2015-E000018557
48	FATTURA DEL 11/03/2016	09/2017	2015-E000163929
49	FATTURA DEL 02/02/2016	01/2018	2016-E000084135
50	FATTURA DEL 16/06/2016	01/2018	2016-E000310245
51	FATTURA DEL 03/03/2016	01/2018	2016-E000150590
52	FATTURA DEL 02/02/2016	01/2018	2016-E000084136
53	FATTURA DEL 26/04/2016	01/2018	2016-E000218121

*E1381 – Scuola Primaria “Emilio Salgari”*

54	FATTURA DEL 26/04/2016	01/2018	2016-E000218120
55	FATTURA DEL 17/06/2016	01/2018	2016-E000334604
56	FATTURA DEL 02/05/2016	01/2018	2016-E000238237
57	FATTURA DEL 01/06/2016	01/2018	2016-E000278554
58	FATTURA DEL 28/06/2016	01/2018	2016-011640025275
59	FATTURA DEL 13/10/2016	01/2018	2016-011640087943
60	FATTURA DEL 25/07/2016	01/2018	2016-011640048519
61	FATTURA DEL 24/08/2016	01/2018	2016-011640060830
62	FATTURA DEL 26/09/2016	01/2018	2016-011640074903
63	FATTURA DEL 19/12/2016	01/2018	2016-011640126637
64	FATTURA DEL 14/03/2017	01/2018	2016-011740042570
65	FATTURA DEL 15/11/2016	01/2018	2016-011640100078
66	FATTURA DEL 16/01/2017	01/2018	2016-011740001581

**ALLEGATO B – ELABORATI**

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – ELABORATI P00	03/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – ELABORATI P01	03/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1
03	ALLEGATO B – ELABORATI P02	03/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP2
04	ALLEGATO B – ELABORATI P03	03/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP3
05	ALLEGATO B – ELABORATI S01	03/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoS1
06	ALLEGATO B – ELABORATI S02	03/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoS2
07	ALLEGATO B – ANALISI FATTURE FORNITURA	03/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
08	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
09	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1381 Grafici_Template_rev13

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1381_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

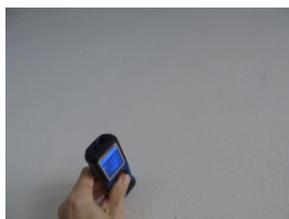
##### **Distanziometro e bindella metrica**

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 riporta una fotografia che documenta 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 ( <b>termoflussimetria</b> ) 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 riporta la fotografia che documenta 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-E1381_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoG-ApeStatoDiFatto

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoH-ApeScenario2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoI-Dati climatici

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	03/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoK-SchedeOre

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PEF CON INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1381_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1381_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-E1381_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

## **ALLEGATO N – CD-ROM**