

# Scuola materna e scuola elementare Pezzani E0855

via Sant'Alberto, 18 - Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



D B A PROGETTI

**Scuola materna e scuola elementare Pezzani  
E0855  
via Sant'Alberto, 18 - Genova**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3  
Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager  
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova  
Tel 010 5573560 – 5573855; [energymanager@comune.genova.it](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://www.comune.genova.it)

DBA Progetti Spa  
SEDE OPERATIVA Viale Felissent 20/D - 31020 Villorba (TV)  
SEDE LEGALE: Piazza Roma, 19 - 32045 Santo Stefano di Cadore (BL)  
[Tel: 04220318811 – [info@dbagroup.it](mailto:info@dbagroup.it) – [www.dbagroup.it](http://www.dbagroup.it)]

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[0]	12/06/2018	Angelo Le Pera	Francesca Bottega	Alessandro Bertino	Prima Pubblicazione
			Matteo Zanutto		
[1]	26/07/2018	Angelo Le Pera	Francesca Bottega	Alessandro Bertino	Revisione come richiesta dalla PA in data 11/07/2018
			Matteo Zanutto		

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>REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI .....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>I</b>
<b>PAGINA.....</b>	<b>I</b>
<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.....	9
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>11</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	12
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>14</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	23
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 .....	27
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	28
<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> .....	29
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	31
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	34
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>38</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	38
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	39
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	40
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>45</b>



7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	45
7.1.1	<i>Vettore termico</i> .....	45
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i> .....	46
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	48
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	49
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>52</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	52
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	56
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	58
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>60</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	60
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	68
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO .....	76
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM4 + EEM5</i> .....	78
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:</i> .....	83
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>89</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	89
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	89
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	89
<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>1</b>
<b>ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE .....</b>		<b>1</b>
<b>ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA .....</b>		<b>1</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>1</b>
<b>ALLEGATO N – CD-ROM .....</b>		<b>1</b>

## EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1963
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.272,95
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.762
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	5.617,6
Rapporto S/V	[1/m]	0,49
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.532,01
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	814,97
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	2.346,98
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia Tradizionale a gas
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	300
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas Naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici e Accumulo termico
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	30,230
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	82.956
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	6.863
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	28.849
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.323

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento copertura
- EEM 2: Cappotto Termico
- EEM 3: Sostituzione apparecchi di illuminazione (integrali)
- EEM 4: Sostituzione infissi
- EEM 5: Installazione Terموالvole
- SCN1: EEM3 + EEM4
- SCN2: EEM1+EEM3+EEM4+EEM5

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

CON INCENTIVI														
	%Δ <sub>E</sub>	%Δ <sub>CO2</sub>	ΔC <sub>E</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	8%	8%	971,0	-	0	46.723,0	26	38	30	-10.296,7	0,89%	-0,22	-	
EEM 2	13%	13%	1.551,4	-	0	85.253,0	33	46	30	-30.125,2	-0,87%	-0,35	-	-
EEM 3	6%	6%	679,1	405,9	0	21.146,0	9	11	8	-5.188,8	-4,57%	-0,25	-	-
EEM 4	20%	20%	2.495,1	-	0	64.565,0	23	39	30	-15.298,6	1,69%	-0,24	-	-
EEM 5	4%	4%	454,6	1.623,7	0	7.292,2	4	4	15	12.533,7	25,14%	1,72	-	-

## E0855 – Scuola materna e scuola elementare Pezzani

SCN 1	9%	9%	1.144,8	2.029,6	0	28.438,2	7	10	15	3.293,0	0,07%	0,12	1,170	1,061
SCN 2	35%	34%	4.215,0	2.029,6	0	139.726,2	13	26	25	-690,0	0,04%	-0,05	0,975	1,027

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

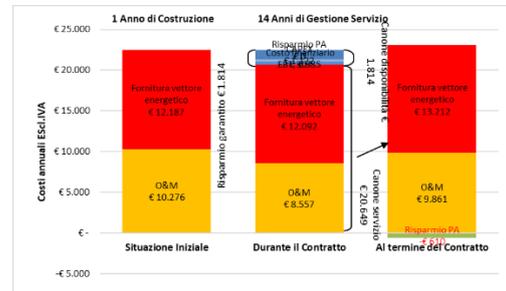
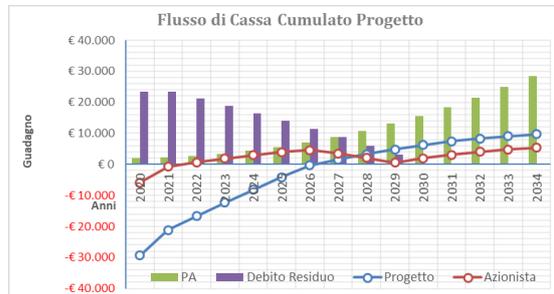
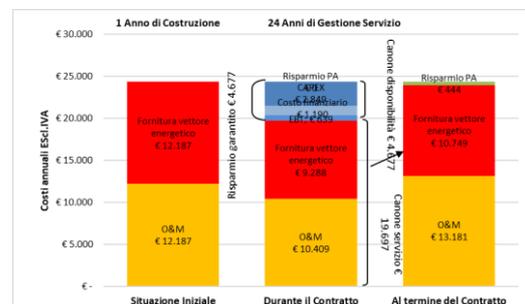
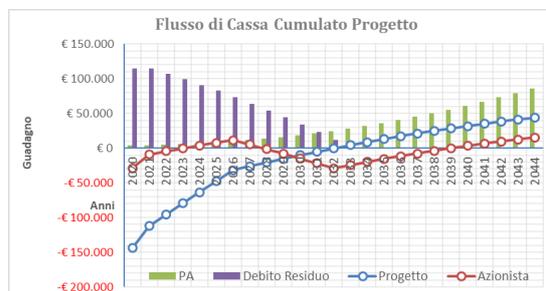


Figura 0.2 – Scenario 1: analisi finanziaria



Dalle analisi fatte sull'edificio è emerso che l'unico gli scenario sostenibile è lo scenario 1 che prevede l'installazione di un sistema di termoregolazione con valvole termostatiche e di apparecchi illuminanti a LED.

Il secondo scenario tuttavia, consente di alzare di due classi la prestazione energetica dell'edificio.

## 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 la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 o a 15 anni.

Figura 1.1 - Vista della facciata a Est



### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla DBA Progetti Spa il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Alessandro Bertino 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
Maria Giovanna Passaghe	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati e creazione del modello energetico
Gianluca Loddi	Impiegato tecnico	Sopralluogo in sito, Elaborazione dati diagnosi energetica
Angela Sposato	Impiegato tecnico	Gestione rapporti con committenza, Elaborazione dati diagnosi energetica
Francesca Bottega	Responsabile involucro	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Matteo Zanotto	Responsabile impianti	Supervisione attività e report di diagnosi energetica
Alessandro Bertino	EGE	Supervisione attività e approvazione report di diagnosi energetica

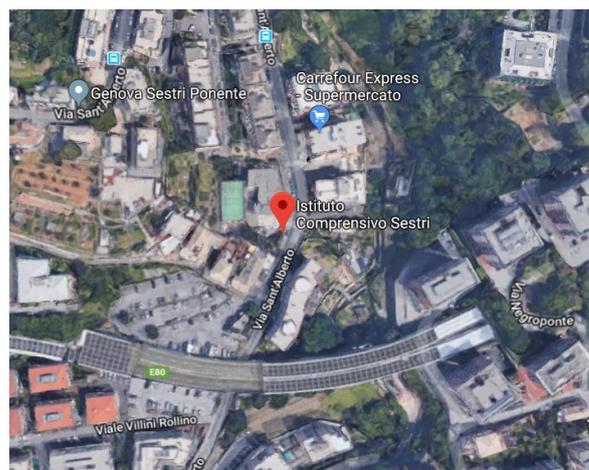
### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU alla sezione SEP, Foglio 51 e Mappale 2023 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella zona Sestri Ponente.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola Materna e Scuola Elementare.

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

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1963
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edificio scolastico
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.272,95
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	2.762
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	5.615,6
Rapporto S/V	[1/m]	0,49
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.438,28
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.532,01

Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	814,97
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	2.346,98
Tipologia generatore riscaldamento		Caldia Tradizionale a gas
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	300
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas Naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici e Accumulo termico
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	30,230
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	82.956
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	6.863
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	28.849
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.323

Nota (2): Valori di Baseline

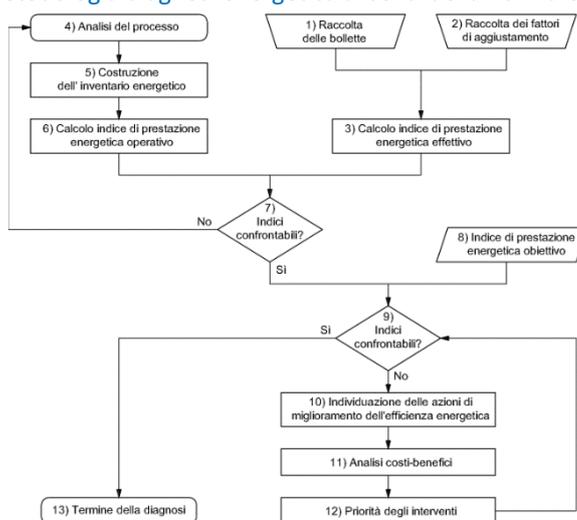
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 11/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n.73 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 Genova Pegli 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;
- Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;

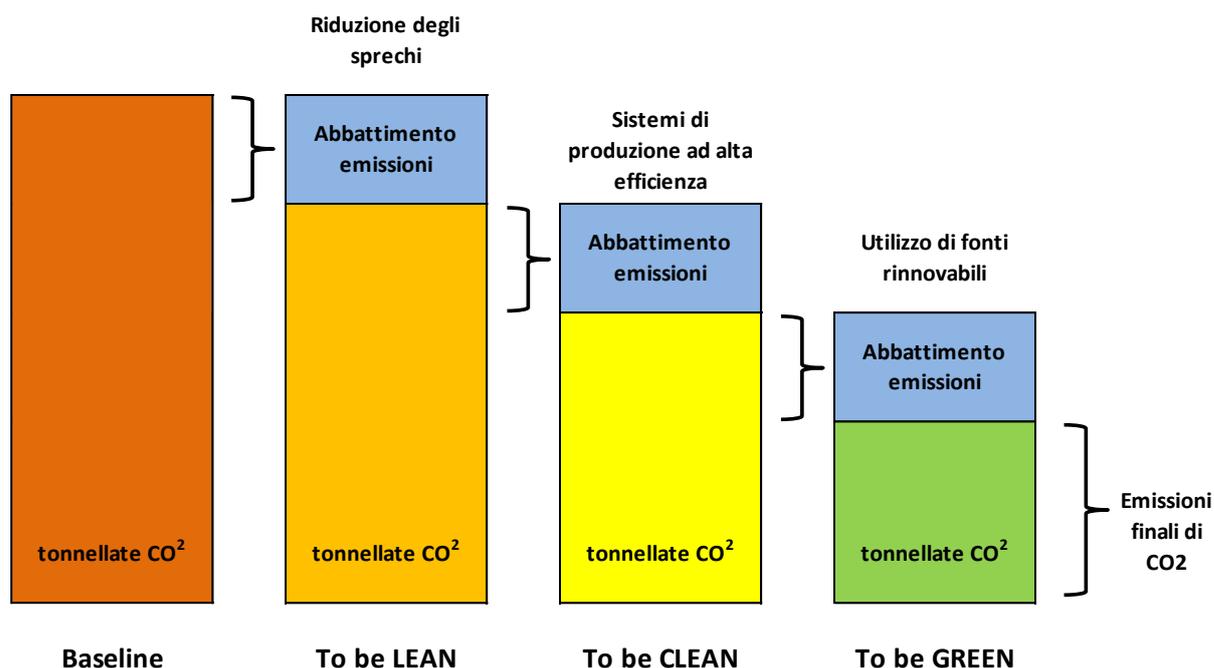
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione 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 inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di 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 dalla 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.



L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 3 piani fuori terra nei quali si sviluppano i vari ambienti a servizio dell'attività didattica e un piano interrato che ospita la cucina e il refettorio.

Al piano terra sono presenti palestra, spogliatoi, aule; ai piani superiori sono dislocate le aule scolastiche e l'aula informatica.

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>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(4)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA
Seminterrato	Cucina, Refettorio	[m <sup>2</sup> ]	167,97	110,77	-
Terra	Ingresso, Atrio, Aule, Palestra, Spogliatoi	[m <sup>2</sup> ]	761,06	659,52	-
Primo	Aule	[m <sup>2</sup> ]	301,49	251,26	-
Secondo	Aule	[m <sup>2</sup> ]	301,49	251,4	-
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>1.531,01</b>	<b>1.272,95</b>	

Nota (3): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (4): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

L'edificio oggetto di analisi non risulta essere soggetto a particolari vincoli.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

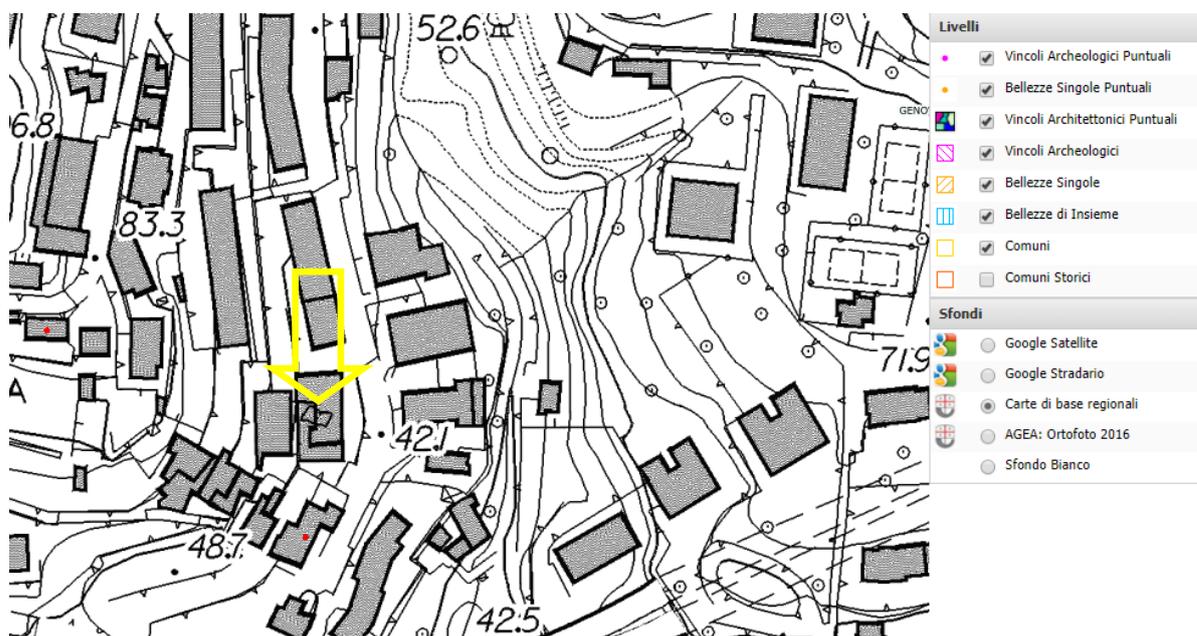


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento copertura	Nessun Vincolo		
EEM 2: Cappotto termico	Nessun Vincolo		
EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti	Nessun Vincolo		
EEM 4: Sostituzione serramenti	Nessun Vincolo		
EEM 5: Installazione termovalvole	Nessun Vincolo		

Nota (5): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico.

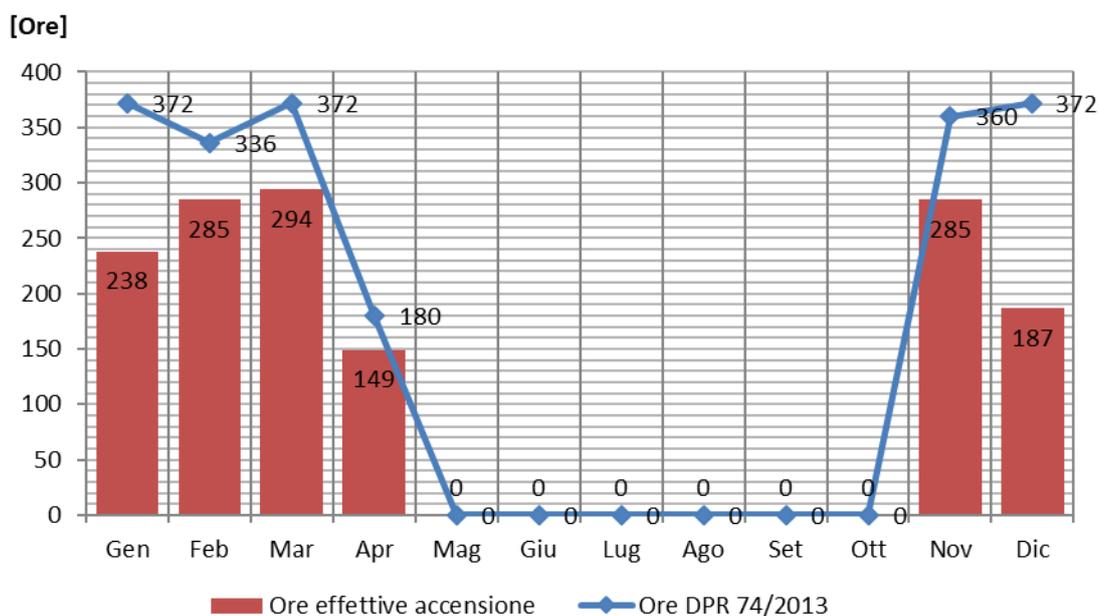
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste agli operatori presenti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati, quando possibile, dal display del sistema di gestione degli stessi presente in centrale termica.

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

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 Novembre al 15 Aprile	[dal lunedì al venerdì]	07.30 – 18.00	05:00 – 19:00
	[sabato e domenica]	Chiuso (a meno di aperture straordinarie)	spento
dal 1 Settembre al 30 Ottobre e dal 16 Aprile al 15 Luglio	[dal lunedì al venerdì]	07.30 – 18.00	spento

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 correlati agli orari di espletamento delle lezioni, poiché questi vengono spenti al concludersi delle attività didattiche; nella programmazione degli impianti non è invece considerata la presenza di operatori all’interno della struttura oltre l’orario di lezione per cui gli impianti si spengono prima della totale assenza di persone all’interno del fabbricato.

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.

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

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 1421 GG di riferimento, valutati in condizioni standard di utilizzo dell'edificio, come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 862 GG calcolati su 102 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 5.1.1.

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	298	20	17	163	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	193	22%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	22%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	54	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	136	16%
Dicembre	31	10,4	31	310	15	13	133	15%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>208</b>	<b>102</b>	<b>867</b>	<b>100%</b>

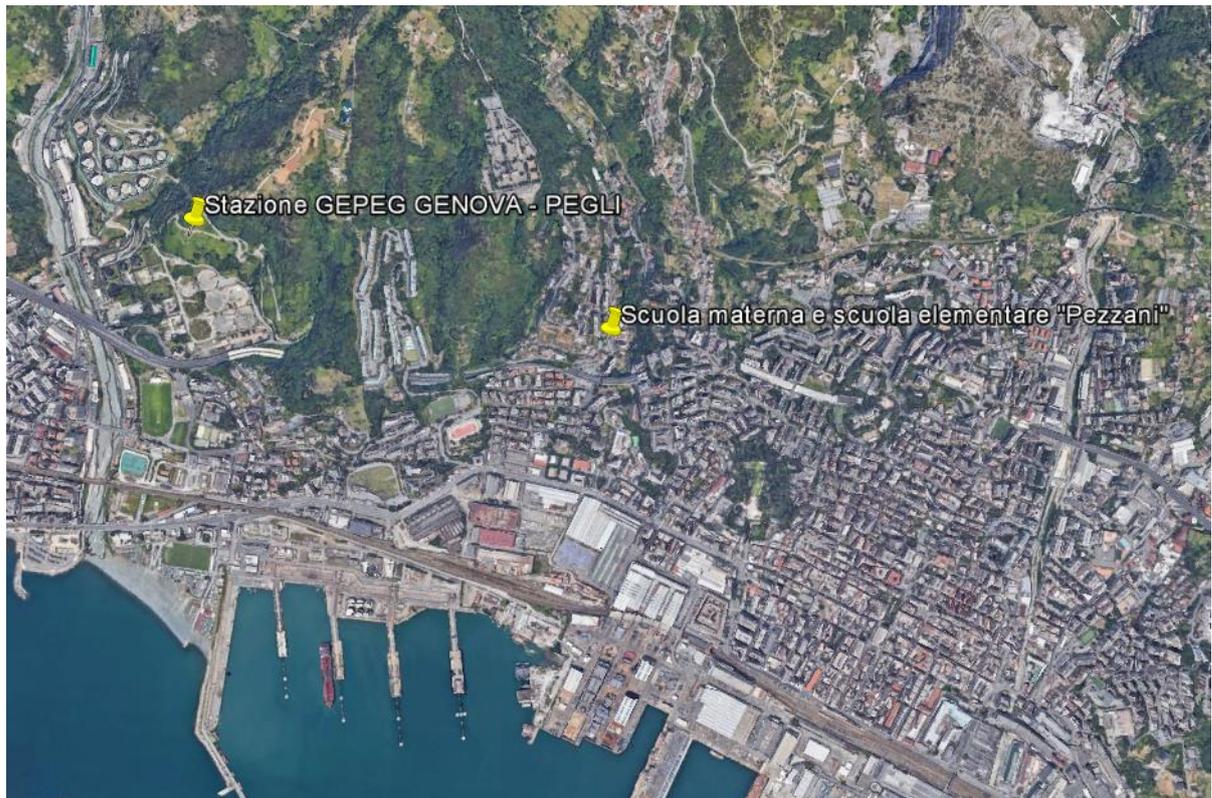
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 di Genova Pegli, indicata in rosso nella Figura 3.1

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è risultata essere quella più vicina al sito oggetto di studio.

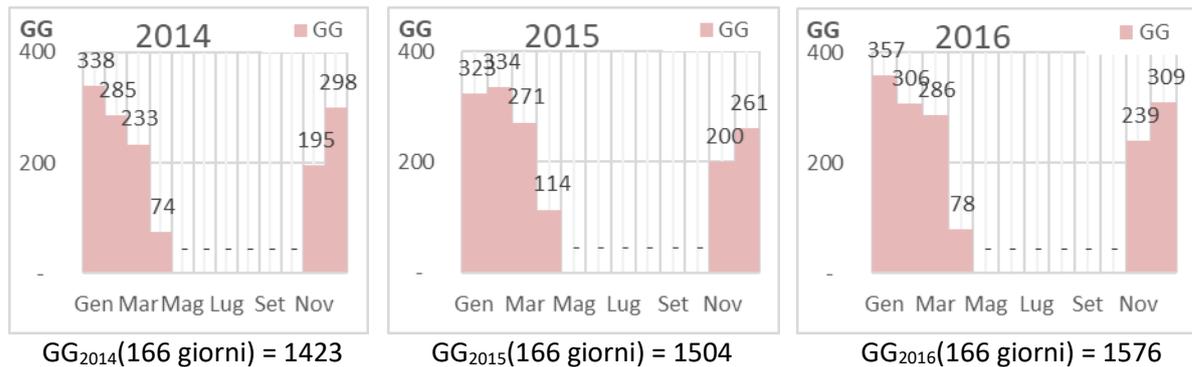
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



### 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 reali per il triennio di riferimento

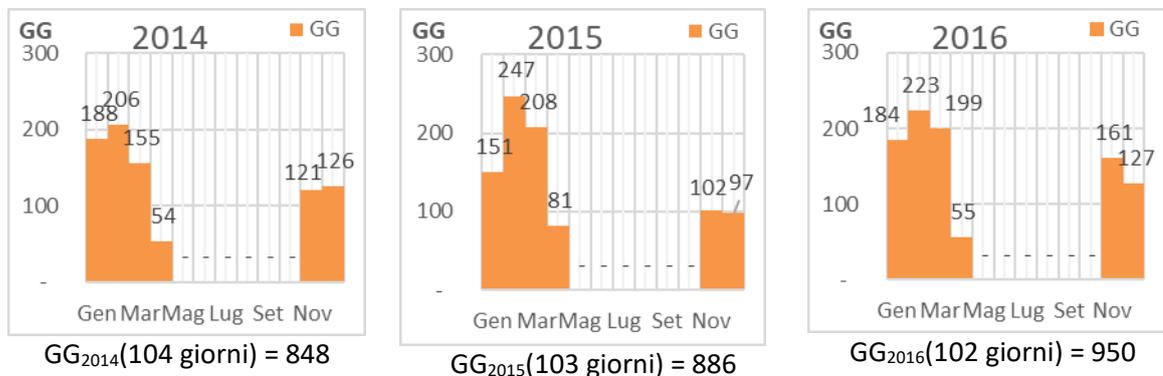


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 862 GG calcolati su 102 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>real</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG è aumentato nel triennio di riferimento, con un delta di circa 100GG tra il 2014 ed il 2016.

Il numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico utilizzati in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** fanno riferimento alla media dei tre anni oggetto di analisi.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

Di seguito è riportata la descrizione dettagliata delle componenti del sistema edificio-impianto, indicando le caratteristiche termofisiche dei componenti dell'involucro edilizio ed i rendimenti dei vari sottosistemi impiantistici presenti, facendo riferimento alle principali criticità di obsolescenza e manutentive riscontrate in sede di sopralluogo.

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una struttura intelaiata con tamponamenti in blocchi forati.

Questa soluzione realizzativa incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio, sono infatti presenti ponti termici tra telaio e tamponamento che comportano maggiori dispersioni di calore. La totale assenza di isolante incrementa il fabbisogno termico della struttura cui corrispondono maggiori consumi di combustibile.

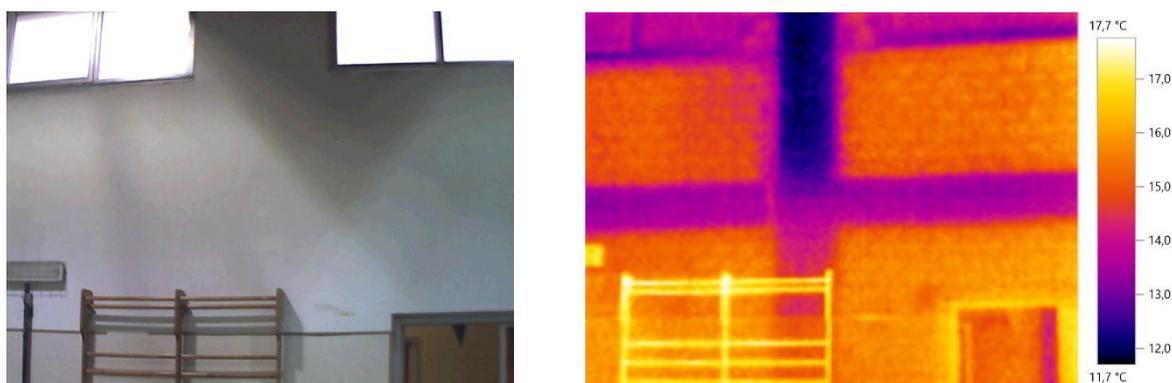
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera facendo attenzione che fossero rispettate le seguenti condizioni:
  - ✓ Condizioni atmosferiche stabili;
  - ✓ Cielo nuvoloso prima e durante la misura (per misure all'aperto);
  - ✓ Assenza di luce solare diretta prima e durante la misura;
  - ✓ Assenza di precipitazioni;
  - ✓ Superficie dell'oggetto di misura asciutta e priva di fonti termiche d'interferenza (es. assenza di fogliame sulla superficie);
  - ✓ Assenza di vento o correnti d'aria;
  - ✓ Assenza di fonti d'interferenza nell'ambiente di misura o nel percorso di trasmissione;
  - ✓ La superficie dell'oggetto di misura è ottimale se ha emissività elevata e nota.
- Rilievo visivo e dimensionale dei componenti con l'individuazione degli spessori dei principali componenti.

Figura 4.2 – Rilievo termografico della parete interna del locale Palestra



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C – Report di indagine termografica ed all'Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

Le analisi termografiche condotte hanno permesso di identificare le discontinuità di trasmissione termica tra gli elementi opachi di separazione verso l'esterno; ma, considerando le elevate temperature esterne, non è stato possibile utilizzare i dati forniti dall'indagine per definire le effettive prestazioni dei pacchetti costruttivi presenti.

L'individuazione di questi ultimi è stata fatta consultando fonti bibliografiche dove, in relazione dell'anno di costruzione del fabbricato e delle dimensioni degli elementi, vengono riportate le principali soluzioni costruttive tipiche del periodo considerato con l'indicazione dei relativi valori di trasmittanza termica; i dati ottenuti sono riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m <sup>2</sup> K]	
Copertura Piana	C1	33	Assente	1,273	Medio
Copertura Piana	C2	40	Assente	1,167	Buono
Parete Esterna	PE1	23	Assente	1,457	Buono
Parete Esterna	PE2	15	Assente	1,812	Buono
Parete Esterna	PE3	33	Assente	1,029	Buono
Pavimento controterra	PAV1	53	Assente	0,533	Medio

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

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio alluminio e vetro singolo.

Lo stato di conservazione dei serramenti più datati è molto scarso; questo è causa di rilevanti infiltrazioni d'aria e d'acqua all'interno degli ambienti, causando elevati dispersioni termiche e creando un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.3 - 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;
- Rilievo delle caratteristiche dei vetri per mezzo dello spessivetro;
- Rilievo geometrico/dimensionale

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il telaio dei serramenti è la parte maggiormente disperdente di tutto l'involucro esterno dell'edificio;
- Lo spessore esiguo della componente trasparente nei serramenti (vetro singolo) è causa non solo di maggiori dispersioni termiche ma anche di uno scarso isolamento acustico delle aule.

Figura 4.4 – Rilievo termografico dei serramenti



Come per l'involucro opaco, non è stato possibile ricavare dalla sola termografia informazioni circa la possibile trasmittanza termica degli elementi vetrati; si sono quindi "ricostruiti" gli elementi rilevati su appositi software di simulazione (EC700) ricavando così i valori di trasmittanza termica per ogni tipologia di serramento individuata in fase di sopralluogo. I risultati sono riportati nella Tabella 4.2.

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	260x190	Alluminio	Vetro singolo	6,039	Medio
	F3	170x190	Alluminio	Vetro singolo	5,906	Medio
	F4	180x60	Alluminio	Vetro singolo	6,205	Medio
	F5	120x140	Alluminio	Vetro singolo	6,053	Medio
	F6	257x130	Alluminio	Vetro singolo	6,13	Medio
	F7	95x190	Alluminio	Vetro singolo	6,042	Medio
	F10	170x75	Alluminio	Vetro singolo	6,109	Medio
	F11	45x140	Alluminio	Vetro singolo	6,248	Medio
Portafinestra	P2	270x270	Alluminio	Vetro singolo	5,969	Medio
Portafinestra	P5	165x270	Alluminio	Vetro singolo	6,075	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 una caldaia tradizionale a gas metano che alimenta il circuito di distribuzione a servizio delle utenze.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito dalle seguenti tipologie di terminali:

- Radiatore in ghisa e acciaio principalmente su pareti esterne in corrispondenza dei serramenti, ma anche interne nel caso dei blocchi bagno e del piano interrato
- Aerotermi ad acqua installati nel locale Palestra

Figura 4.5 - Particolare radiatore in ghisa



Figura 4.6 – Particolare radiatore in acciaio



Figura 4.7 - Particolare Aerotermo



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
Zona termica Scuola	Radiatori in Ghisa e in Acciaio	92,3%
Zona termica Palestra	Aerotermini ad acqua	94%

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 UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]
Interrato	Radiatori su parete esterna non isolata	9	1,358	12,23	-	-
Terra	Radiatori su parete esterna non isolata	23	1,748	40,21	-	-
Terra	Aerotermini a parete	4	6,391	25,57	-	-
Primo	Radiatori su parete esterna non isolata	13	1,850	24,05	-	-
Secondo	Radiatori su parete esterna non isolata	16	2,505	40,08	-	-
<b>TOTALE</b>		<b>65</b>	<b>2,187</b>	<b>142,14</b>	-	-

La potenza unitaria dei corpi scaldanti è stata valutata considerando il fabbisogno termico di picco degli ambienti serviti, relazionato al numero di terminali rilevato in fase di sopralluogo.

L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione 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 regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 20°C. la regolazione adottata per la gestione dell'impianto è del tipo climatica+zona con sonde di temperature esterne, interne e monitoraggio della temperatura dei fluidi di ritorno in centrale termica.

L'architettura dell'impianto di climatizzazione prevede due zone termiche: la zona termica prevalente comprende tutto il fabbricato eccetto i locali spogliatoio e Palestra che costituiscono un'altra zona termica; la regolazione agisce quindi sulla valvola miscelatrice a servizio del circuito dedicato alle 3 montanti di radiatori della scuola e sull'alimentazione della sottocentrale, dalla quale hanno origine le utenze della zona palestra.

Figura 4.8 - Particolare di termostato di regolazione



Figura 4.9 – Particolare della valvola di regolazione a tre vie



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti:

Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica Scuola

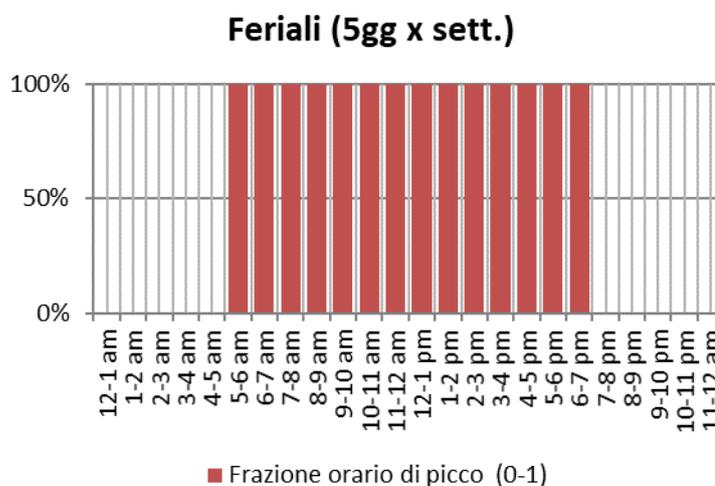
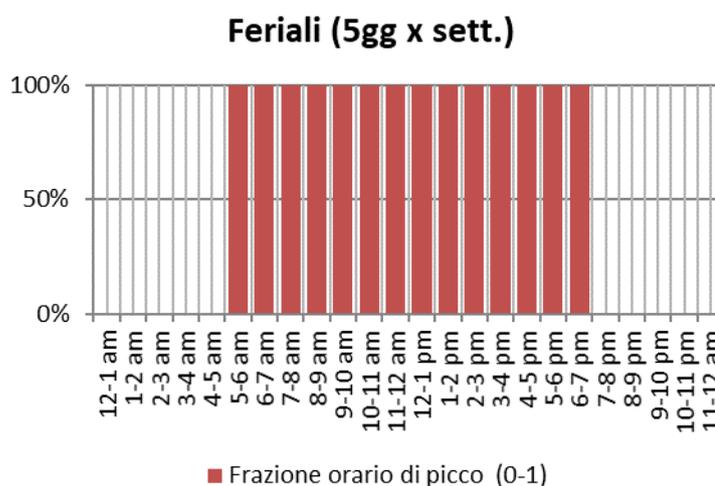


Figura 4.11 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica Palestra



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
Zona termica Scuola	Climatica + zona	90 %
Zona termica Palestra	Climatica +zona	96 %

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

### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra la caldaia ed i collettori di mandata e ritorno (fluido termovettore acqua)
- 2) Circuito secondario di mandata ai radiatori della scuola, completo di elettropompa, valvola miscelatrice e n.3 montanti alle utenze
- 3) Circuito secondario di alimentazione della sottocentrale, completo di elettropompa, dalla quale hanno origine i seguenti sottocircuiti:
  - Circuito bollitore per la produzione di acs, completo di elettropompa
  - Circuito radiatori zona spogliatoi
  - Circuito aerotermi palestra

**1) Circuito primario:** Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(6)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Caldaia	Mandata	Caldo	63,0	66
	Ritorno	Caldo	58,0	56

Nota (6): Valori rilevati il giorno 11/12/2017 alle ore 11.00, in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 9°C. Nel modello sono stati utilizzati valori più alti per tener conto di temperature esterne più basse

**2) Circuito secondario scuola:** è presente una pompa di circolazione gemellare in funzionamento parallelo e velocità fissa per le 3 montanti a servizio dei radiatori della scuola:

Le caratteristiche del circolatore a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(7)</sup>	PREVALENZA <sup>(7)</sup>	POTENZA ASSORBITA <sup>(7)</sup>	
		m <sup>3</sup> /h	m	kW	
Zona 1	P1	mandata acqua calda zona 1	29	6,8	0,5

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(8)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Zona 1	Mandata	Caldo	62	66
	Ritorno	Caldo	51	56

Nota (8): Valori rilevati il giorno 11/12/2017 alle ore 11.00, in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 9°C. Nel modello sono stati utilizzati valori più alti per tener conto di temperature esterne più basse

**3) Circuito secondario sottocentrale:** è presente una pompa di circolazione gemellare in funzionamento parallelo e velocità fissa per alimentare la sottocentrale:

Le caratteristiche del circolatore a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(9)</sup>	PREVALENZA <sup>(9)</sup>	POTENZA ASSORBITA <sup>(9)</sup>
			m <sup>3</sup> /h	m	kW
Zona 2	P2	mandata acqua calda zona 2	29	6,8	0,530

Nota (9): Valori ricavati da dati di targa

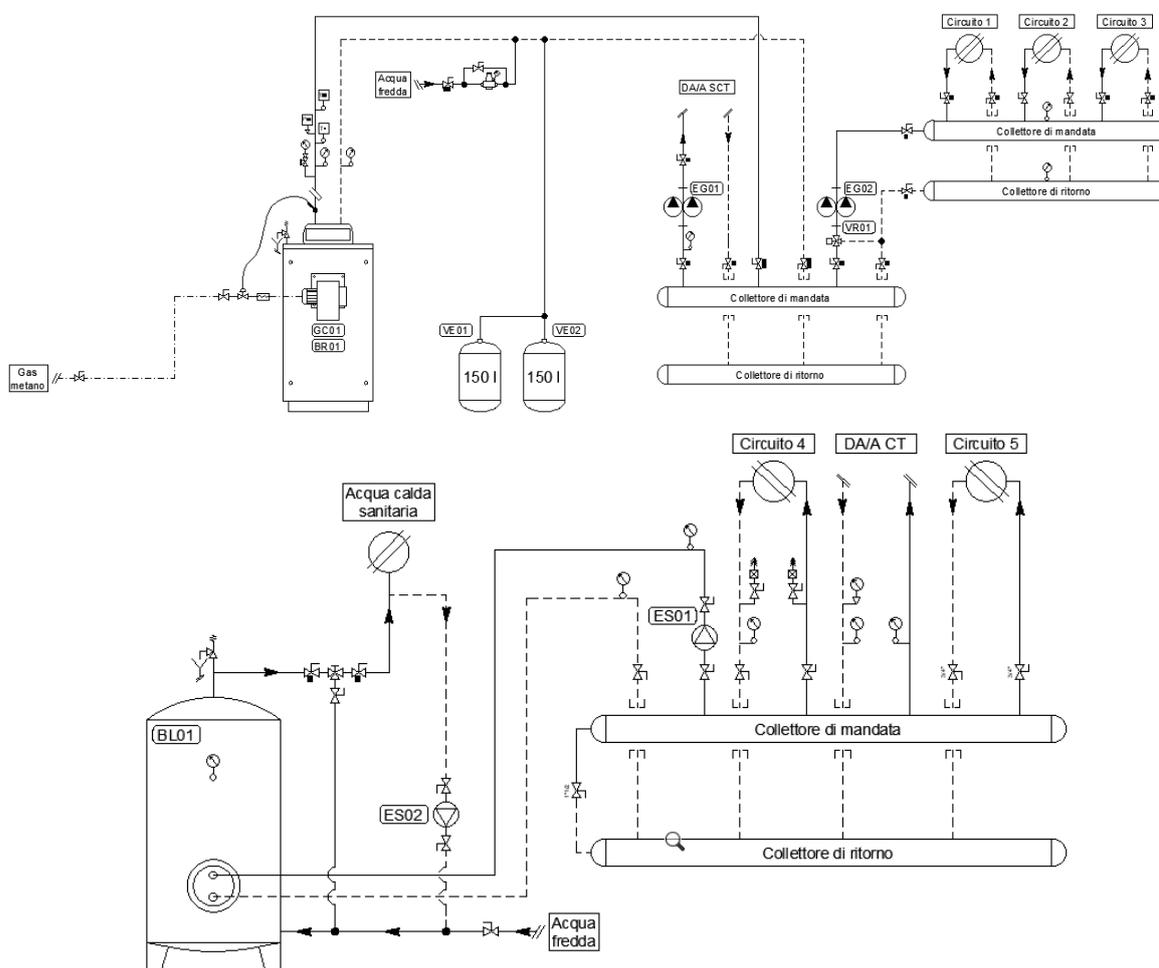
Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.10 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

	CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA <sup>(10)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Zona 2	Mandata	Caldo	66	66
	Ritorno	Caldo	60	56

Nota (10): Valori rilevati il giorno 11/12/2017 alle ore 11.00, in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 9°C

Figura 4.12 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: 061-S01-005-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 94,1<sup>1</sup> %.

<sup>1</sup> UNI TS 11300-2 2014

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

#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia tradizionale a gas naturale, Marca *Unical* Modello *Tristar 300*, installata in centrale termica, al piano interrato del fabbricato.

Figura 4.13 - Particolare di Caldaia Tradizionale UNICAL TRISTAR 300



Figura 4.14 - Particolare di dati di targa caldaia



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE <sup>(7)</sup> [kW]	POTENZA TERMICA UTILE <sup>(7)</sup> [kW]	RENDIMENTO <sup>(7)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA <sup>(7)</sup> [kW]
Gen 1 Riscaldamento	Unical	TRISTAR 300	2008	315,6	300	95,05 %	0,370

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Dall'analisi dei fumi il rendimento di combustione è risultato pari al 93,9% mentre il rendimento da scheda tecnica è pari al 95,05%. Nella DE il rendimento della caldaia è stato assunto pari a 92,84 %.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 88,3<sup>2</sup> %.

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

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

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio. La produzione è eseguita tramite 3 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici

E' presente inoltre un preparatore acqua calda sanitaria, alimentato dal generatore dell'impianto di riscaldamento, al servizio degli spogliatoi della palestra.

Figura 4.15 - Particolare di preparatore acqua calda sanitaria



Figura 4.16 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



<sup>2</sup> UNI TS 11300-2 2014

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

	SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE <sup>(7)</sup>	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE <sup>(7)</sup>	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO <sup>(7)</sup>	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO <sup>(7)</sup>	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE <sup>(7)</sup>	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE <sup>(7)</sup>
Boiler elettrici	100%	92,6%	-	-	38,5%	35,6%
Accumulo	100%	92,6%	-	96%	86,9%	77,2%

Nota (7): UNI TS 11300-2 2014

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 è presente un impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva.

#### 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non è presente un impianto di ventilazione meccanica.

#### 4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali PC, lavagne multimediali, montascale 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 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona 1	PC	6	100	600	526 (2,5 h/g per 208 gg)
	Stampante multifunzione	2	1656	3312	110 (0,5 h/g per 208 gg)
	Stampante da tavolo	4	22	88	104 (0,5 h/g per 208 gg)
	LIM	2	100	200	207(1 h/g per 208 gg)
	Video proiettori	2	315	630	207(1 h/g per 208 gg)
	Distributori automatici	2	300	600	8760(24 h/g per 365 gg)
	Forno a microonde	2	2100	4200	89 (0,5 h/g per 208 gg)
	Centrali d'allarme	2	300	600	8760(24 h/g per 365 gg)
	Rack Dati	2	500	1000	8760(24 h/g per 365 gg)
	Montascale	2	1000	2000	207(1 h/g per 208 gg)

---

Scaldavivande	1	1800	3600	296 (1,5 h/g per 208 gg)
---------------	---	------	------	--------------------------

---

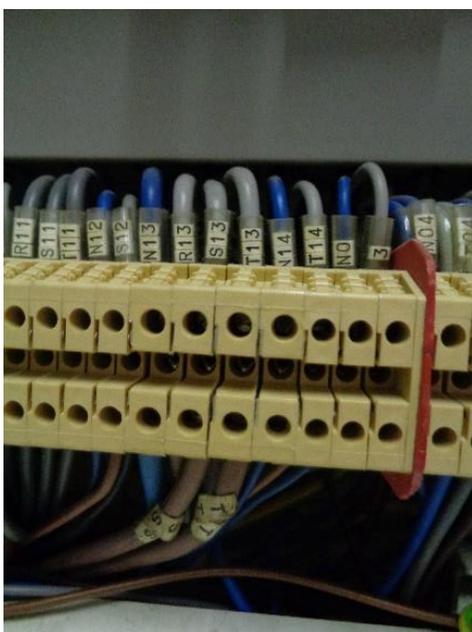
Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Misure di assorbimento elettrico sulle principali linee di alimentazione dei carichi;
- Rilievo dei dati di targa delle utenze installate

La realizzazione delle suddette indagini ha portato a concludere che i principali carichi elettrici del fabbricato sono imputabili al solo impianto di illuminazione poiché durante l'arco della giornata i carichi misurati sono rimasti pressoché costanti.

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.

Figura 4.17 – Indagini diagnostiche



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 prettamente costituito da lampade fluorescenti di diversa taglia, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Il sistema di gestione dell'impianto di illuminazione è di tipo manuale, con accensione e spegnimento dei corpi illuminanti del tipo on/off e nessuna suddivisione delle accensioni all'interno degli ambienti.

Figura 4.18 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle Aule



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.14.

Tabella 4.14 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona Termica Scuola	Fluorescenti 1x58	60	58	3.480
	Fluorescenti 2x58	32	116	3.712
	Fluorescenti 4x18	10	72	720
Zona termica Palestra	Ioduri metallici 1x300	6	300	1.800
	Fluorescenti 1x58	33	58	1.914

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.

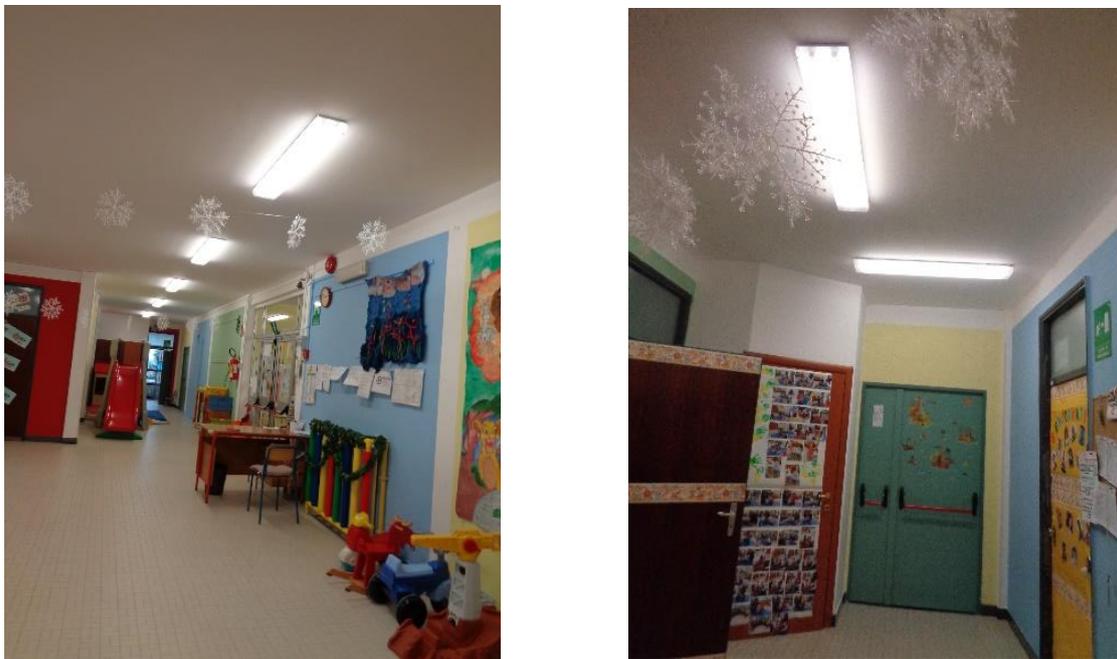
Figura 4.19 - Particolare dei corpi illuminanti a ioduri metallici – Palestra al piano terra



Figura 4.20 - Particolare dei corpi illuminanti fluorescenti 1x58W presenti al piano terra



Figura 4.21 - Particolare dei corpi illuminanti fluorescenti 2x58W installati nelle aule e nei corridoi



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

Non è presente un impianto di produzione di energia elettrica o cogenerazione.

### 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 biennio 2015 e 2016. Il 2014 non è stato preso in considerazione poiché era diverso il sistema di generazione termica a servizio dell'edificio.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura e la produzione di ACS è il Gas Metano

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [kWh/Sm <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 (*)	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 (*)	0,85	n/a	n/a	10,09

Nota (11) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un contatore a servizio della caldaia a gas destinata alla climatizzazione invernale del fabbricato.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base di 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.

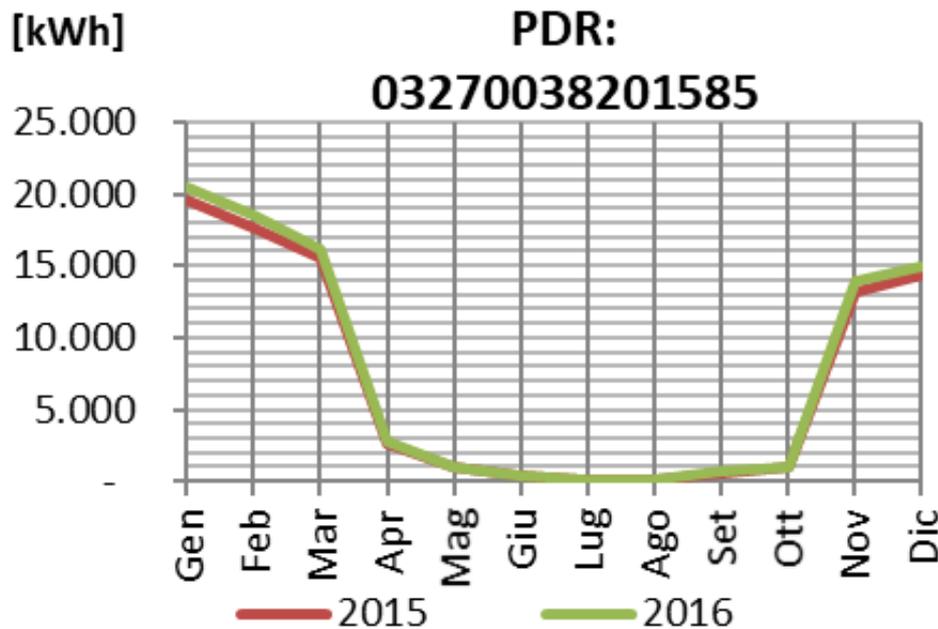
Tabella 5.2 - Consumi annuali di energia termica per il triennio di riferimento – Dati forniti dalla società di distribuzione

PDR	Utilizzo	2014 [Sm <sup>3</sup> ]	2015 [Sm <sup>3</sup> ]	2016 [Sm <sup>3</sup> ]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270038201585	Riscaldamento + ACS		9.109	9.528		85.807	89.754

Non è invece stato possibile riportare l'analisi dei consumi termici fatturati poiché non disponibili le fatture del distributore, in quanto di tali fatture non sono a disposizione della PA.

L'andamento dei consumi stagionali del vettore energetico è stato desunto dal modello energetico dell'edificio, applicando la percentuale mensile di incidenza dei consumi ai totali annui forniti dalla PA; i risultati sono riportati nella Figura 5.1

Figura 5.1 – Ipotesi di andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che i consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione, solo quella dovuta alle differenti condizioni climatiche esterne.

Confrontando l'andamento dei consumi con i  $GG_{real}$  del biennio di riferimento si può notare che tra il 2015 ed il 2016 vi è stato un aumento di circa 64GG che ha richiesto, si suppone a parità di condizioni di utilizzo, un quantitativo maggiore di vettore termico.

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 biennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell'anno a cui si riferiscono, con lo scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria, valutato considerando i risultati del modello energetico.

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;

$\overline{Q}_{ACS}$  = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l'ACS nel triennio di riferimento; i consumi relativi all'acqua calda sanitaria sono stati calcolati considerando il numero di utenti ed il relativo fabbisogno di ACS (così come definiti dalla UNI TS 11300-2 cui si sono associati profili di richiesta conformi all'effettiva occupazione ed utilizzo del fabbricato:

$\overline{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi non sono presenti.

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 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sup>REALI</sup> SU 103 GIORNI	GG <sup>RIF</sup> SU 166 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A 867 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014								
2015	886	862	8.433	79.443	89,7	77.291	6.364	
2016	950	862	8.821	83.094	87,5	75.397	6.656	
<b>Media</b>	<b>918</b>	<b>862</b>	<b>8627</b>	<b>81269</b>	<b>89</b>	<b>76344</b>	<b>6510</b>	

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, nelle due annualità analizzate, è risultato essere omogeneo con un lieve aumento dei consumi nel 2016 dovuto alle condizioni ambientali esterne maggiormente severe rispetto al 2015 (950GG contro gli 886 dell'anno prima).

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.4:

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [Kwh]
$\overline{Q}_{ACS}$	6.510
$\overline{Q}_{ALTRO}$	-
$\overline{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	76.310,95
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>82.955,94</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un unico contatore a servizio di tutto il fabbricato.

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 per il calcolo della baseline elettrica è stata effettuata sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel biennio di riferimento.

Vengono tuttavia riportati anche i dati di consumo del 2014 che non sono stati considerati nel calcolo della baseline elettrica in quanto molto distanti dalla media dei consumi dei due anni successivi e quindi poco indicativi ai fini dell'analisi storica.

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.5 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096331	Scuole Materna e Scuola Elementare Pezzani	21.7226	28.246	29.452	28.849

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-E0855rev.09), dal confronto sono emerse differenze. L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il biennio di riferimento.

- i dati delle fatture 2014 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0855 del 8%
- i dati delle fatture 2015 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0855 del 8%
- i dati delle fatture 2016 sono inferiori a quelli del file kyotoBaseline-E0855 del 7%

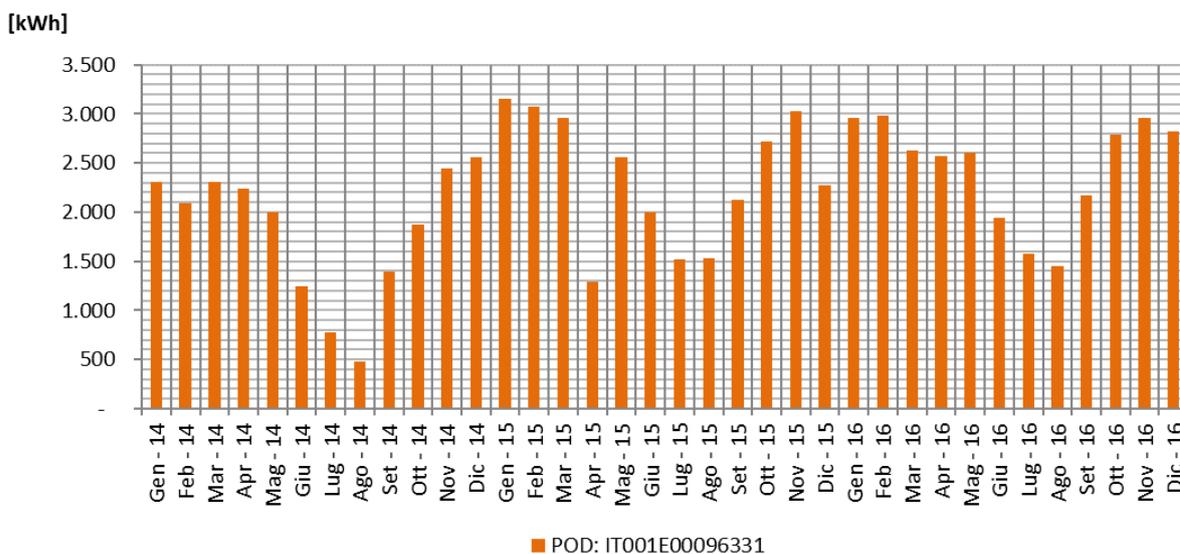
Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 28.849 kWh

Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096331	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.449	349	515	2.313
Feb - 14	1.309	315	465	2.089
Mar - 14	1.449	349	515	2.313
Apr - 14	1.403	338	498	2.239
Mag - 14	1.167	322	510	1.999
Giu - 14	639	192	414	1.245
Lug - 14	275	155	345	775
Ago - 14	107	109	259	475
Set - 14	729	268	397	1.394
Ott - 14	1.103	344	430	1.877
Nov - 14	1.443	393	609	2.445
Dic - 14	1.365	423	774	2.562
Totale	12.438	3.557	5.731	21.726
POD: IT001E00096331	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.627	595	936	3.158
Feb - 15	1.723	582	769	3.074
Mar - 15	1.545	561	856	2.962
Apr - 15	720	214	358	1.292
Mag - 15	1.107	516	932	2.555
Giu - 15	859	361	784	2.004
Lug - 15	511	311	692	1.514
Ago - 15	457	312	767	1.536
Set - 15	882	409	839	2.130

Ott - 15	1.428	534	754	2.716
Nov - 15	1.715	548	767	3.030
Dic - 15	1.051	439	785	2.275
<b>Totale</b>	<b>13.625</b>	<b>5.382</b>	<b>9.239</b>	<b>28.246</b>
<b>POD: IT001E00096331</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	1.658	516	785	2.959
Feb - 16	1.681	575	726	2.982
Mar - 16	1.336	494	800	2.630
Apr - 16	1.208	500	858	2.566
Mag - 16	1.382	433	786	2.601
Giu - 16	867	345	735	1.947
Lug - 16	526	334	711	1.571
Ago - 16	433	304	716	1.453
Set - 16	1.002	440	728	2.170
Ott - 16	1.436	535	815	2.786
Nov - 16	1.648	506	810	2.964
Dic - 16	1.327	543	953	2.823
<b>Totale</b>	<b>14.504</b>	<b>5.525</b>	<b>9.423</b>	<b>29.452</b>

Figura 5.2 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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 5.7.

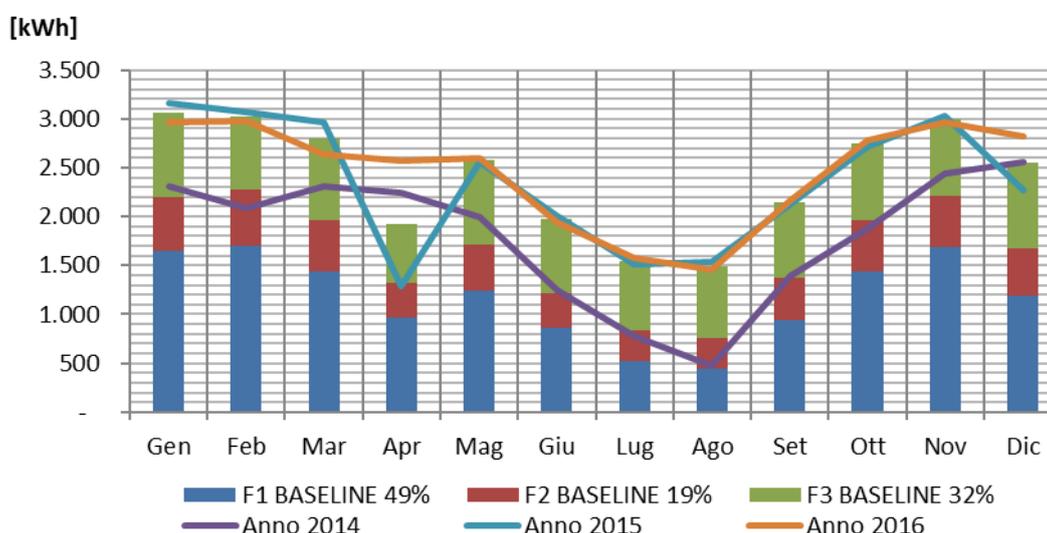
Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

<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>
Gennaio	1.643	556	861	3.059
Febbraio	1.702	579	748	3.028
Marzo	1.441	528	828	2.796

Aprile	964	357	608	1.929
Maggio	1.245	475	859	2.578
Giugno	863	353	760	1.976
Luglio	519	323	702	1.543
Agosto	445	308	742	1.495
Settembre	942	425	784	2.150
Ottobre	1.432	535	785	2.751
Novembre	1.682	527	789	2.997
Dicembre	1.189	491	869	2.549
<b>Totale</b>	<b>14.065</b>	<b>5.454</b>	<b>9.331</b>	<b>28.849</b>

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 e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti simili, con lievi scostamenti tra le annualità utilizzate per il calcolo della baseline elettrica, e forti scostamenti tra queste annualità e il 2014 che difatti non è stato preso in considerazione per il calcolo della baseline.

Per il sito non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici poiché non erano disponibili le informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica.

## 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 5.8 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.8.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>.

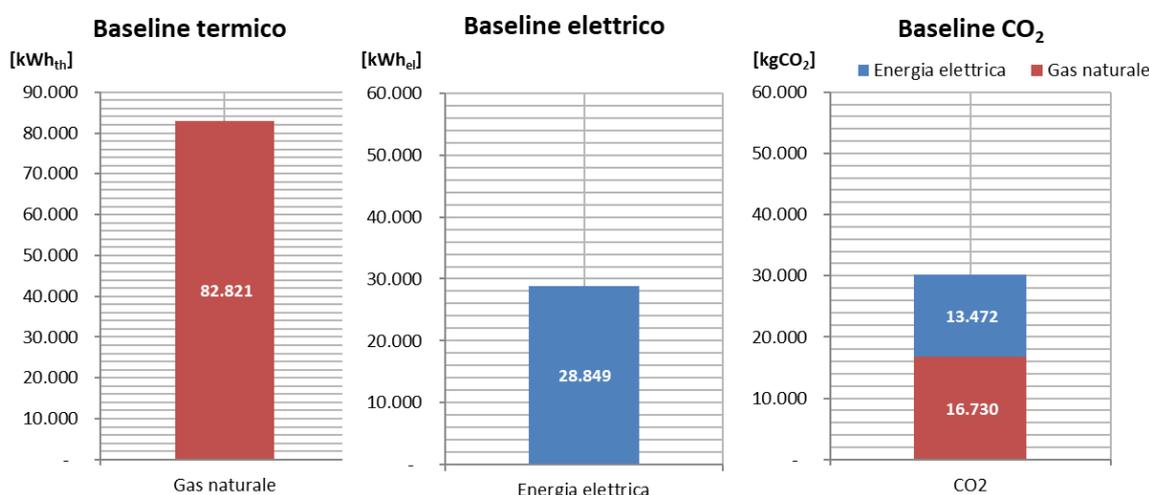
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE kgCO <sub>2</sub> /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

\* 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 5.9 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.9 e nella Figura 5.4

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO <sub>2</sub> /MWh]	[tCO <sub>2</sub> ]
Energia elettrica	28.849	0,467	13.472
Gas naturale	82.821	0,202	16.730

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

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 5.10 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F <sub>P,ren</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 0, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.273	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.532	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	5.957	m <sup>3</sup>

Nella Tabella 5.12 e Tabella 5.13 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.12 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	82.821	1,05	86.962	68,3	56,8	14,6	13,14	10,92	82.821
Energia elettrica	28.849	2,42	69.815	54,8	45,6	11,7	10,58	8,79	28.849
<b>TOTALE</b>			156.777	123	102	26	24	20	5

Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	82.821	1,05	86.962	68,3	56,8	14,6	13,14	10,92	2,81
Energia elettrica	28.849	1,95	56.256	44,2	36,7	9,4	10,58	8,79	2,26
<b>TOTALE</b>			143.218	113	93	24	24	20	5

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldata

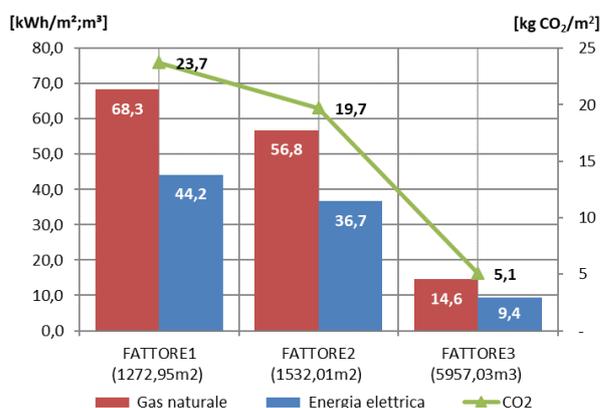
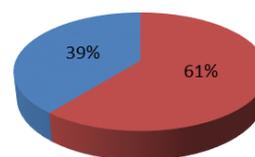
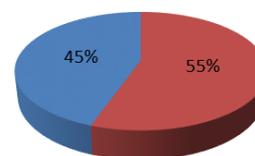


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO<sub>2</sub>



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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 5.14 – 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	14,74	7,69	7,68	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	12,76	16,59	17,30

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo un risultato BUONO per quanto riguarda i consumi di energia per il gas naturale, e INSUFFICIENTE per quanto riguarda i consumi di energia elettrica.

Il confronto tra i benchmark della scuola oggetto di studio e quelli identificati dall'ENEA sono meglio esplicitati nell'Allegato M – Report di Benchmark

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

### 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP <sub>gl,nren</sub>	kWh/mq anno	237,65	226,98
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	172,82	171,18
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	21,56	20,93
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno		
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno		
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	40,77	32,85
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	2,50	2,01
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	46	46

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	44.742	443.393,22
Energia Elettrica		88.141,95

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 [kWhel]
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)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

### 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 gli effettivi giorni di utilizzo del fabbricato e cercando di modellare quanto più fedelmente i profili di funzionamento delle utenze elettriche e le modalità di accensione e set point dei sistemi di climatizzazione.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl, nren}$	kWh/mq anno	90,92	87,14
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	69,08	68,52
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	7,32	6,93
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-

Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	13,73	11,06
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	0,79	0,63
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	17	17

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	9.198,45	86.649
Energia Elettrica	-	27.671

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
86.649	82.821	4%

Dall’analisi effettuata è emerso che il modello valutato in “Modalità adattata all’utenza” risulta validato.

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
27.671	28.849	5%

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

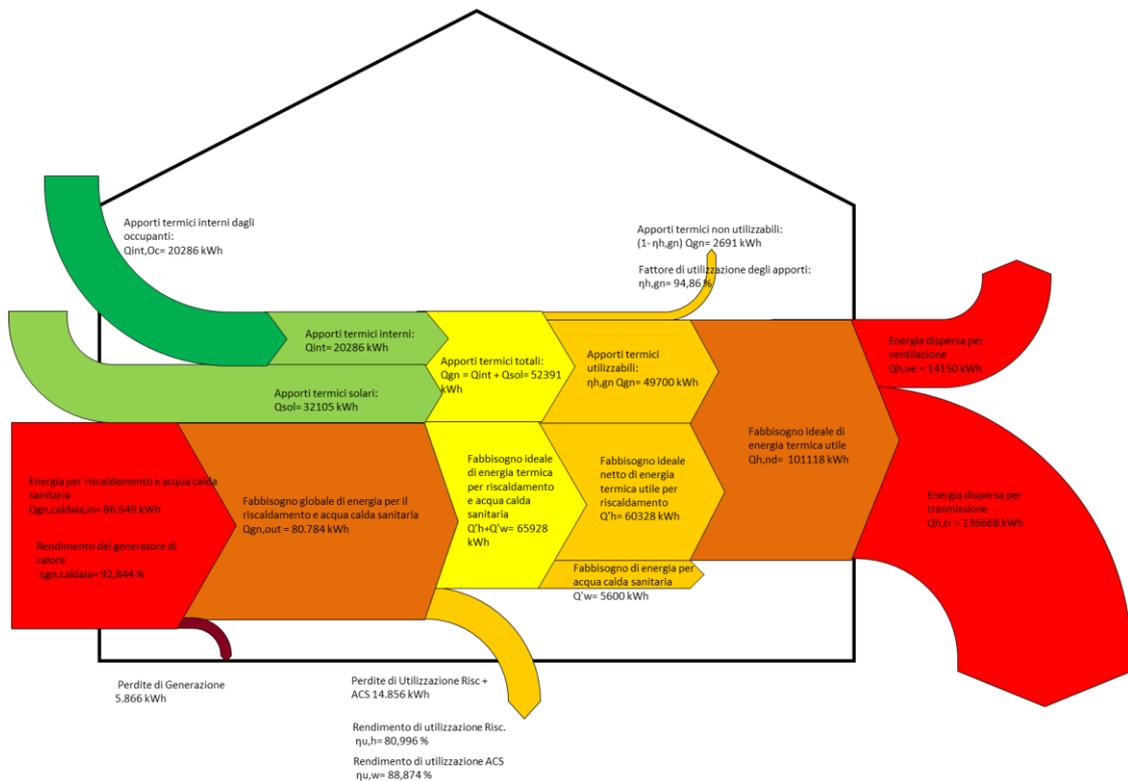
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

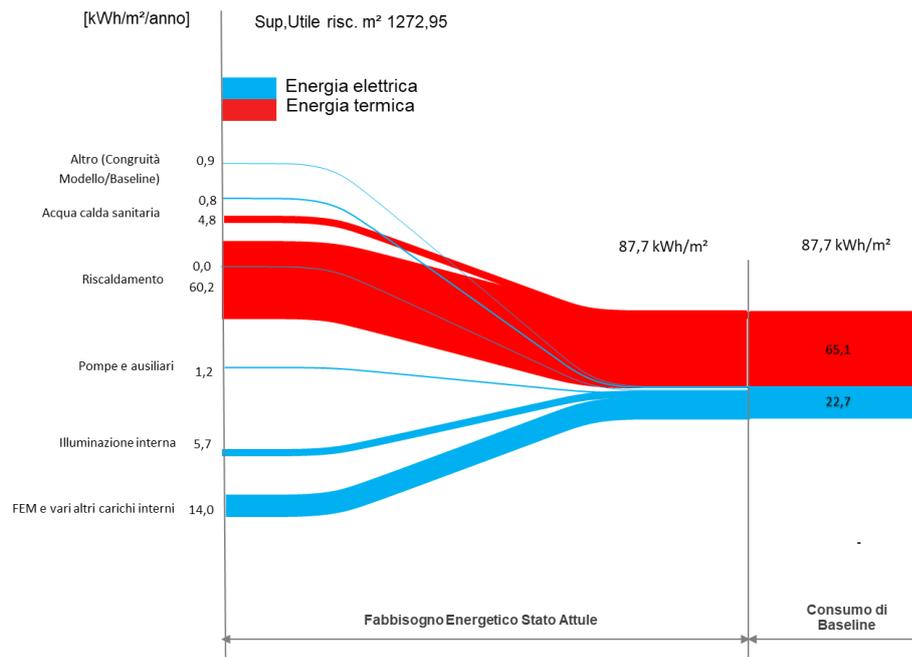
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che il contributo più elevato delle perdite energetiche è dato dalla componente di trasmissione ed extraflusso; sono invece limitate le perdite legate al funzionamento del sistema di generazione, questo perché l'impianto è stato di recente oggetto di riammodernamento. Non sono stati considerati gli apporti interni delle apparecchiature presenti in quanto trascurabili ai fini del calcolo degli apporti interni totali.

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/(m<sup>2</sup> anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

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

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

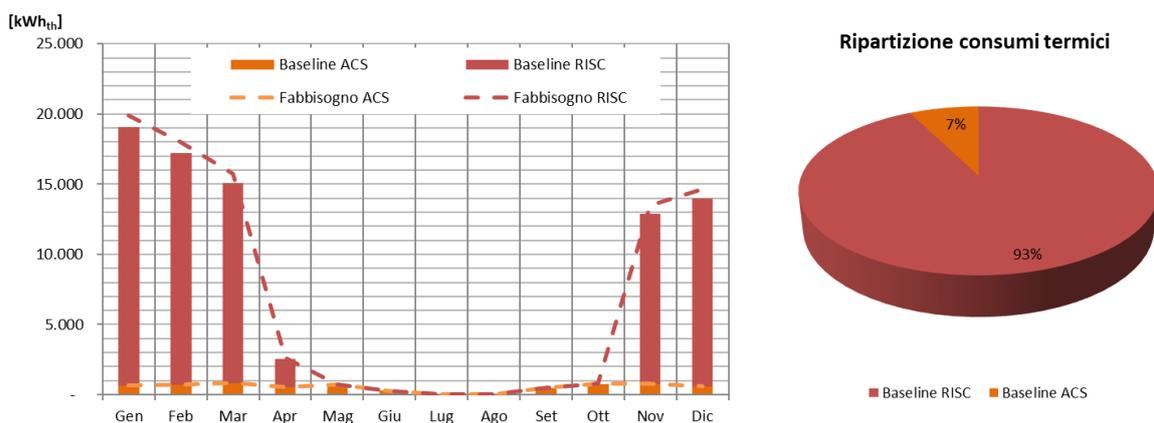
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruit ” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE. Tale profilo pu  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   riportato in Figura 6.3.

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



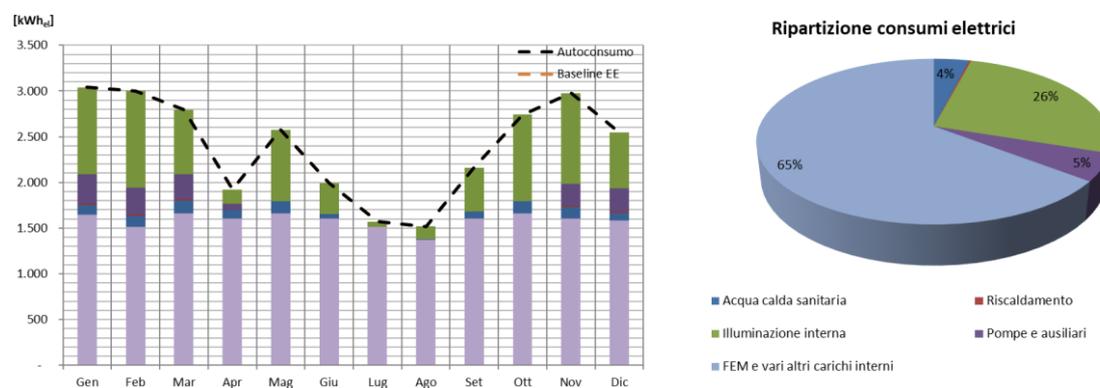
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, poiché l'acqua calda sanitaria viene utilizzata unicamente nei locali spogliatoi della palestra.

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.

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 ad apparecchiature elettriche relative all'attività scolastica e da altre apparecchiature come i distributori, e la centrale d'allarme.

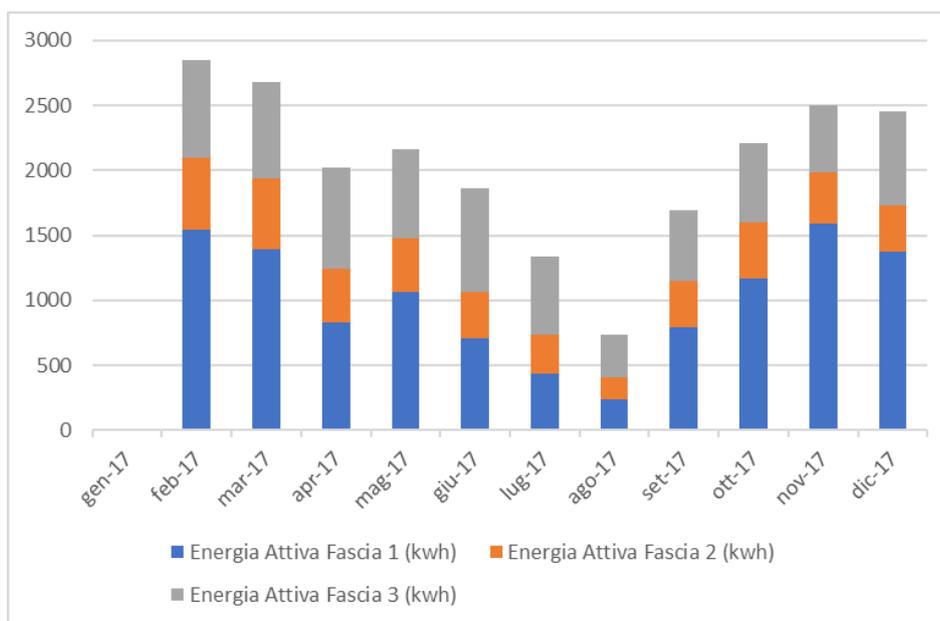
I corpi illuminanti incidono per circa il 25% sui consumi totali di energia elettrica, pertanto gli interventi proposti andranno ad agire su tali elementi.

Per il sito non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici poiché non erano disponibili le informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica in quanto è presente un contatore con potenza inferiore a 55 kW.

E' presente una base costante di circa 1400 kWh costituita dai consumi dei distributori automatici e centrale di allarme e rack dati che hanno un funzionamento continuo e costante durante l'anno.

Di seguito è riportato l'andamento mensile dei consumi relativa al 2017 ottenuto dalle letture reali registrate dalla società di distribuzione.

Figura 6.5 Profili mensili elettrici reali 2017



I dati relativi alle letture reali nel 2017 confermano gli andamenti riportati in Figura 5.3

## 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.

#### 7.1.1 Vettore termico

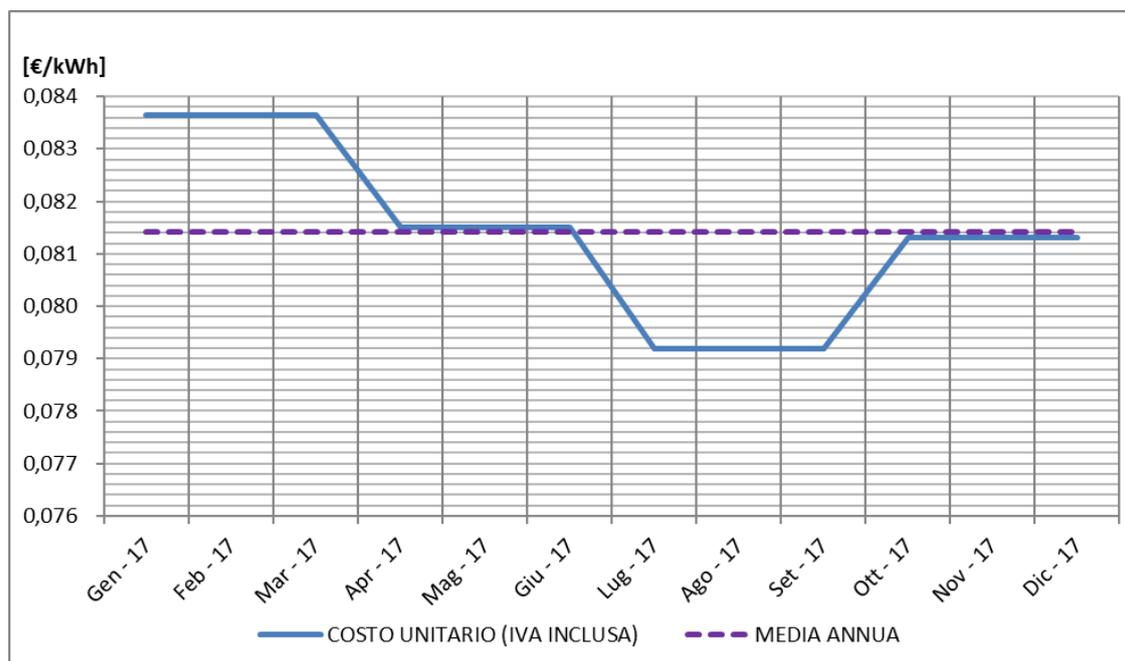
La fornitura del vettore termico avviene tramite un unico PDR:

- PDR 1 – 03270038201585: 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 della PA.

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI)

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 dall'AEEGSI.

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il triennio di riferimento e per il 2017



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è omogeneo durante il corso dell'anno.

### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un unico POD come di seguito specificato:

- POD 1 – IT001E00096331: 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 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096331	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Gala	Gala e IREN Mercato
Inizio periodo fornitura	01/2014	04/2015	05/2016
Fine periodo fornitura	03/2015	04/2016	oggi
Potenza elettrica impegnata	-	-	-
Potenza elettrica disponibile	26kW	26kW	26kW
Tipologia di contratto	Fornitura in BT	Fornitura in BT	Fornitura in BT
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Contatore orario	Contatore orario	Contatore orario
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup>	0,067 €/kWh	0,053 €/kWh	0,064€/kWh

Nota (12) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (13): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Nella Tabella 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00096 331	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen – 14	126	21	189	22	36	393	2.313	0,170
Feb – 14	126	23	189	22	36	396	2.089	0,190
Mar – 14	126	23	189	22	36	395	2.313	0,171
Apr – 14	125	31	193	22	37	408	2.239	0,182
Mag – 14	151	34	222	25	43	476	1.999	0,238
Giu – 14	92	21	135	16	26	290	1.245	0,233
Lug – 14	71	16	104	12	20	223	775	0,287
Ago – 14	32	8	104	6	15	165	475	0,348
Set – 14	103	22	178	17	32	353	1.394	0,253
Ott – 14	141	28	218	23	41	452	1.877	0,241

## E0855 – Scuola materna e scuola elementare Pezzani

Nov – 14	181	36	265	31	51	563	2.445	0,230
Dic – 14	182	38	275	32	53	579	2.562	0,226
<b>Totale</b>	<b>1.455</b>	<b>300</b>	<b>2.261</b>	<b>250</b>	<b>427</b>	<b>4.693</b>	<b>21.726</b>	<b>0,216</b>
<b>POD: IT001E00096 331</b>	<b>QUOTA ENERGIA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURATO</b>	<b>COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)</b>
<b>ANNO 2015</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gen – 15	216	41	313	39	61	670	3.158	0,212
Feb – 15	203	41	305	38	59	646	3.074	0,210
Mar – 15	185	39	296	37	56	614	2.962	0,207
Apr – 15	77	68	100	16	26	287	1.292	0,222
Mag – 15	103	68	137	22	33	363	2.555	0,142
Giu – 15	101	68	138	22	33	361	2.004	0,180
Lug – 15	89	68	131	21	31	339	1.514	0,224
Ago – 15	101	68	153	24	35	381	1.536	0,248
Set – 15	108	68	169	27	37	408	2.130	0,192
Ott – 15	107	68	179	27	38	420	2.716	0,155
Nov – 15	102	68	182	27	38	417	3.030	0,138
Dic – 15	104	68	189	28	39	428	2.275	0,188
<b>Totale</b>	<b>1.496</b>	<b>734</b>	<b>2.292</b>	<b>330</b>	<b>485</b>	<b>5.336</b>	<b>28.246</b>	<b>0,189</b>
<b>POD: IT001E00096 331</b>	<b>QUOTA ENERGIA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURATO</b>	<b>COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)</b>
<b>ANNO 2016</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gen – 16	138	52	228	37	46	501	2.959	0,169
Feb – 16	116	65	205	33	42	461	2.982	0,155
Mar – 16	135	65	204	33	44	481	2.630	0,183
Apr – 16	150	65	191	32	44	481	2.566	0,187
Mag – 16	182	65	197	33	48	523	2.601	0,201
Giu – 16	114	72	145	24	35	390	1.947	0,200
Lug – 16	110	69	119	20	32	349	1.571	0,222
Ago – 16	92	68	111	18	29	318	1.453	0,219
Set – 16	170	68	158	27	42	465	2.170	0,214
Ott – 16	219	81	202	35	54	590	2.786	0,212
Nov – 16	242	81	215	37	57	632	2.964	0,213
Dic – 16	230	81	205	35	55	607	2.823	0,215
<b>Totale</b>	<b>1.896</b>	<b>830</b>	<b>2.180</b>	<b>364</b>	<b>527</b>	<b>5.798</b>	<b>29.452</b>	<b>0,197</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

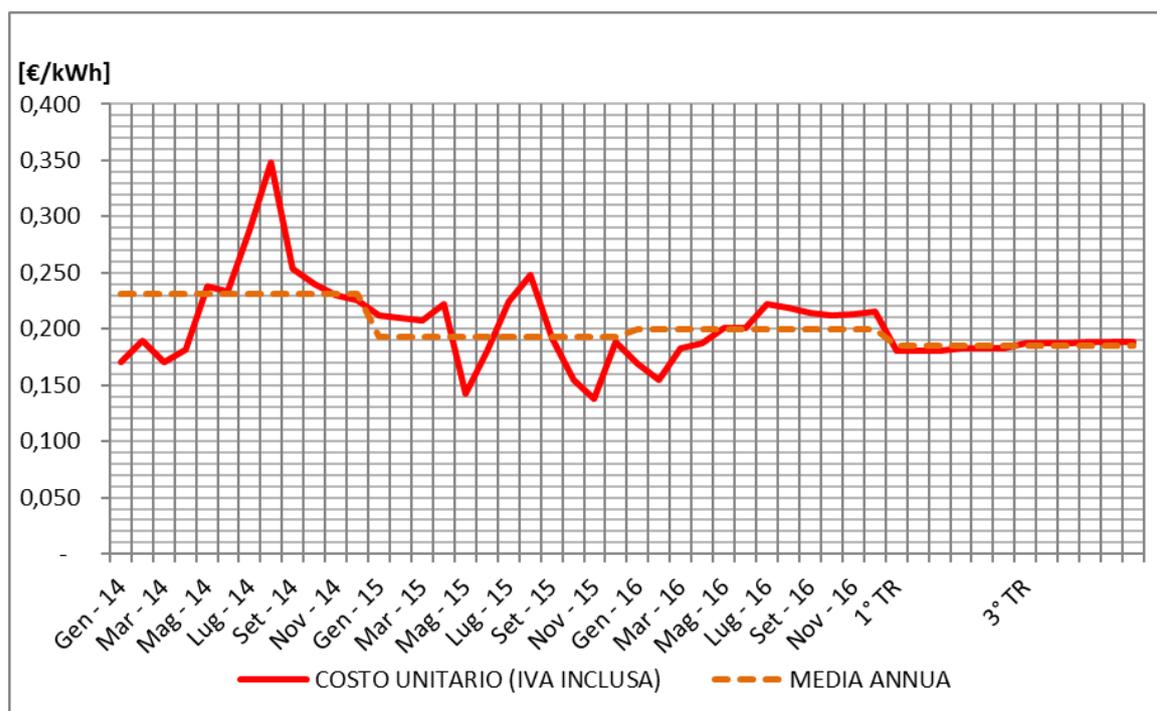
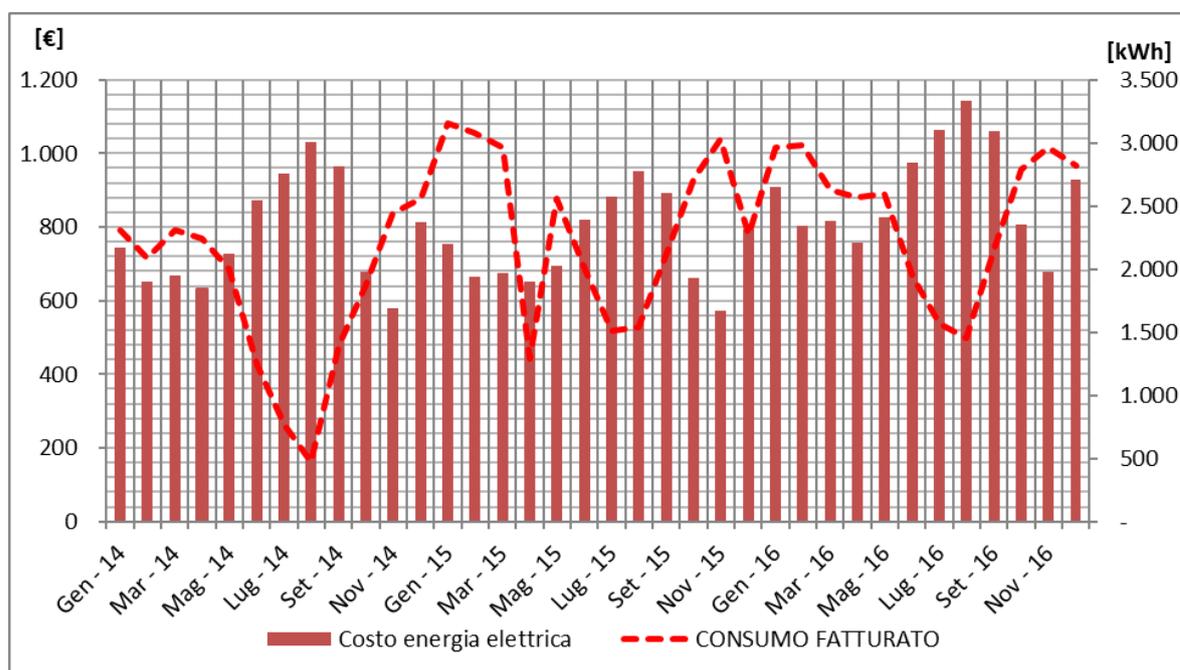


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi nel 2017 è risultato essere leggermente inferiore rispetto all'andamento delle annualità considerate.

## 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 7.3 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014							
2015	85.807	n.d.	n.d.	28.246	5.336	0,189	
2016	87.754	n.d.	n.d.	29.452	5.798	0,197	
2017			0,083			0,185	
Media							

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.4.

Tabella 7.4 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu <sub>Q</sub>	0,0827 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu <sub>EE</sub>	0,185 [€/kWh]

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

### 7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

Il contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico definisce per l'edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa all'impianto L1-042-061: 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 17.140,84 €.

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

$$\checkmark \quad C_M = C_{SIE3} - C_Q;$$

dove con C<sub>Q</sub> si sono indicati i costi relativi alla fornitura energetica e con C<sub>M</sub> i costi manutentivi, ripartiti a loro volta in una quota ordinaria (CMO) e in una quota straordinaria (CMS) come segue:

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM <sub>o</sub> 8.127	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM <sub>s</sub> 2.160	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

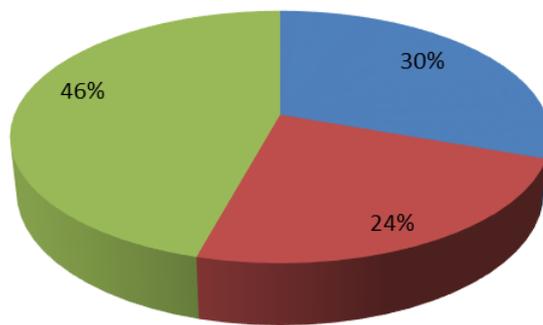
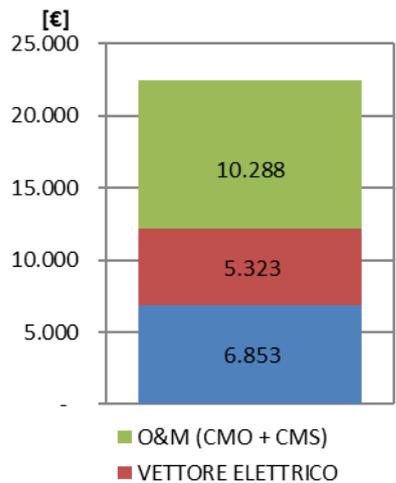
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C<sub>E</sub> pari a € 12.176 e un C<sub>baseline</sub> pari a € 22.464.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )		TOTALE
Q <sub>baseline</sub>	Cu <sub>Q</sub>	C <sub>Q</sub>	EE <sub>baseline</sub>	Cu <sub>EE</sub>	C <sub>EE</sub>	C <sub>M</sub>	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>Q</sub> +C <sub>EE</sub> +C <sub>M</sub>
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
82.821	0,083	6.853	28.849	0,185	5.323	10.288	8.127	2.160	22.464

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

Gli interventi di efficientamento definiti per l'edificio oggetto di analisi sono stati individuati prendendo in considerazione due principali fattori: l'incidenza che gli interventi avrebbero sul bilancio energetico globale del fabbricato ed il costo a questi associato. Non è stata presa in considerazione la realizzazione di interventi di efficientamento dell'impianto di produzione di ACS poiché l'incidenza sul totale dei consumi è risultata essere limitata.

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### EEM1: Isolamento intradosso con controsoffitto isolato

##### Generalità

La misura prevede l'isolamento del solaio al primo e secondo piano.

Si propone quindi la posa in opera di un pannello isolante, così da limitare le dispersioni termiche verso l'esterno del fabbricato.

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

La realizzazione di un controsoffitto isolato consente di limitare le dispersioni di calore verso l'esterno con la conseguente riduzione dei consumi legati alla climatizzazione invernale del fabbricato; le altezze interne dei locali consentono infatti di realizzare, in aderenza alla struttura presente, un pacchetto fino a 20cm di spessore.

##### Descrizione dei lavori

Le attività previste consistono nell'iniziale tracciamento e nella posa dell'orditura metallica, cui segue l'inserimento del pannello isolante di tipo fibroso; dopo queste operazioni verranno posate le lastre, perpendicolarmente rispetto all'orditura alla quale vengono fissate, con i giunti di testa sfalsati di almeno 400mm. Nel caso di rivestimento costituito da più strati, è necessario sfalsare i giunti nelle due direzioni. Per il primo strato, l'interasse dei punti di fissaggio può essere aumentato fino a due volte: gli strati successivi devono essere applicati entro un breve tempo (indicativamente un giorno).

##### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento Copertura

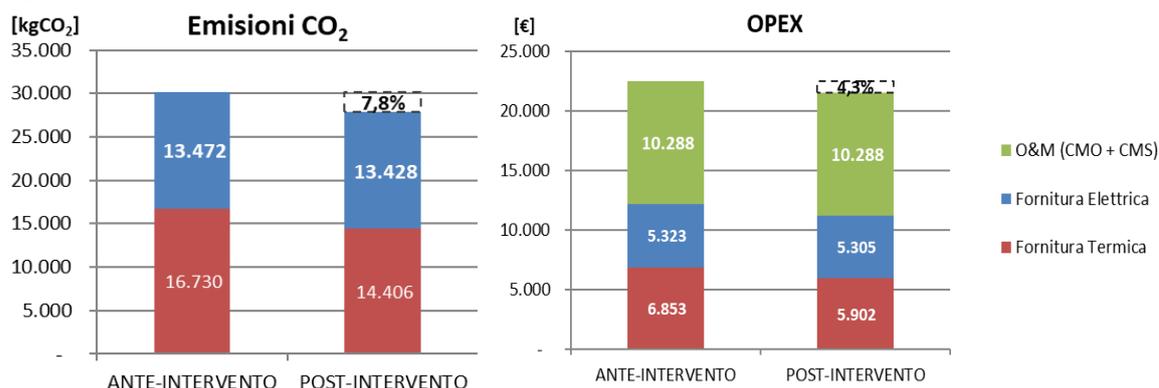
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza Solaio]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,3	0,2	<b>84,6%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	86.649	74.616	<b>13,9%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	27.671	27.579	<b>0,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	82.821	71.319	<b>13,9%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	28.849	28.753	<b>0,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.730	14.406	<b>13,9%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	13.472	13.428	<b>0,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.202</b>	<b>27.834</b>	<b>7,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.853	5.902	<b>13,9%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.323	5.305	<b>0,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.176</b>	<b>11.207</b>	<b>8,0%</b>

C <sub>MO</sub>	[€]	8.127	8.127	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.160	2.160	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	10.288	10.288	0,0%
OPEX	[€]	22.464	21.494	4,3%
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

Nota (14) 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: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,185 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.1 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## EEM2: Isolamento a cappotto della muratura esterna

### Generalità

La misura proposta prevede la realizzazione di un sistema di isolamento a cappotto della muratura esterna, così da limitare le dispersioni di calore verso l'esterno del fabbricato limitando al massimo i ponti termici della struttura.



### Caratteristiche funzionali e tecniche

Se il pannello viene posizionato all'esterno secondo il "sistema a cappotto" i ponti termici possono essere eliminati e con essi la formazione di condensa, muffe e macchie. I muri svolgono la funzione di volano termico, accumulando calore e cedendolo lentamente, riducendo quindi le ore di funzionamento dell'impianto di riscaldamento e migliorando l'inerzia termica anche nelle stagioni più

calde e soleggiate. Inoltre limitando le dilatazioni termiche, si riducono i movimenti interstrutturali degli edifici evitando così il generarsi di fessurazioni.

I materiali maggiormente utilizzati per questa tipologia di installazione sono polistirene, poliuretani e lane di roccia sotto forma di pannelli rigidi di vario spessore, in funzione del livello di trasmittanza termica che si vuole raggiungere.

### **Descrizione dei lavori**

Per eseguire una posa del cappotto a regola d'arte è necessario fissare al muro, tramite tasselli ad espansione, le basi di partenza; è poi necessario selezionare un collante idoneo per isolamento termico a cappotto, questo si applicherà 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.

Durante la posa i pannelli isolanti devono essere posati a "mattoncino", sfalsati di almeno 25 cm partendo dal basso verso l'alto. Eventuali giunti aperti tra le lastre (<5mm) 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 in EPS(10cm). 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.

Dopo un periodo di tre, dieci giorni, si applica una prima rasatura di adesivo rasante cui, una volta asciutto, seguirà l'applicazione del primer.

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 EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.2.

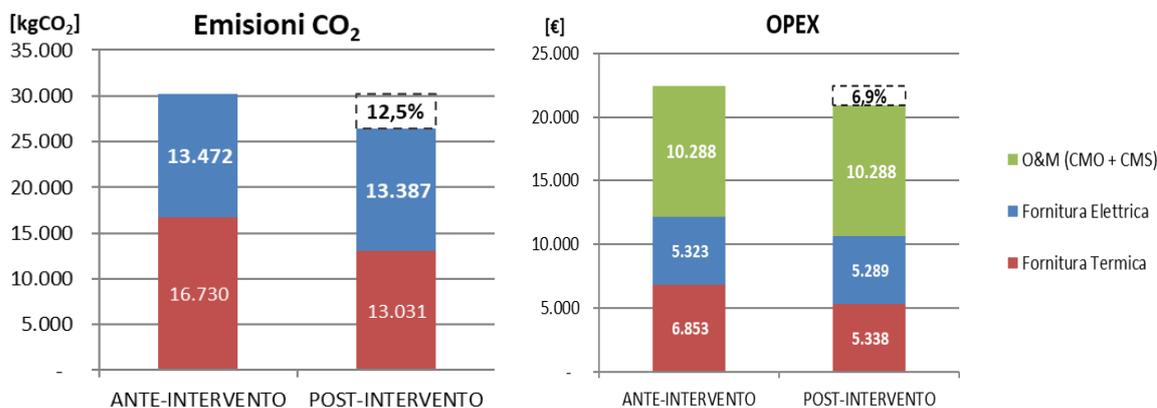
Tabella 8.2 - Risultati analisi EEM2 - Cappotto Termico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Trasmittanza Parete Verticale]	[W/m²K]	1,5	0,21	<b>86,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	86.649	67.493	<b>22,1%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	27.671	27.495	<b>0,6%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	82.821	64.511	<b>22,1%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	28.849	28.666	<b>0,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.730	13.031	<b>22,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	13.472	13.387	<b>0,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.202</b>	<b>26.418</b>	<b>12,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.853	5.338	<b>22,1%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.323	5.289	<b>0,6%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.176</b>	<b>10.627</b>	<b>12,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.127	8.127	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.160	2.160	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.288</b>	<b>10.288</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>22.464</b>	<b>20.915</b>	<b>6,9%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	0 classi

Nota (15) 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: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,185 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.2 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



#### EEM4: Sostituzione serramenti

##### Generalità

Uno degli interventi proposti vede la sostituzione dei serramenti, ormai obsoleti, rilevati in fase di sopralluogo.

Si propone la rimozione dei serramenti vetro singolo e telaio in legno morbido con elementi in PVC con vetrocamera e telaio a taglio termico. Le prestazioni termiche del componente saranno rispondenti a quanto previsto dalla normativa vigente per le nuove costruzioni, così che l'intervento possa anche beneficiare del contributo del Conto Termico.

Figura 8.3 - Particolare serramento esistente



##### Descrizione dei lavori

Rimozione infissi in legno per la successiva posa in opera di serramenti in alluminio

La rimozione degli infissi esistenti avviene manualmente, attraverso il sollevamento degli stessi verso l'alto ed il loro spostamento all'interno dell'ambiente. Viene rimossa poi la ferramenta esistente (cerniere, maniglie) con l'ausilio di attrezzature elettriche portatili (avvitatori elettrici). Vengono quindi ripuliti i telai fissi in legno da eventuali chiodi, vecchie pitture e stuccature con attrezzature manuali ed elettriche portatili e, a copertura degli stessi, vengono posti in opera manualmente mediante sigillatura siliconica gli imbotti di PVC. I telai mobili, analogamente alla struttura fissa, vengono sollevati ed alloggiati in opera nelle relative cerniere con utensili manuali. Si posiziona quindi il vetro che viene movimentato a mano ed infilato nell'apposito alloggiamento, parte integrante dell'infisso, bloccato tramite staffetta fermavetro e sigillato internamente tramite silicone.

##### Prestazioni raggiungibili

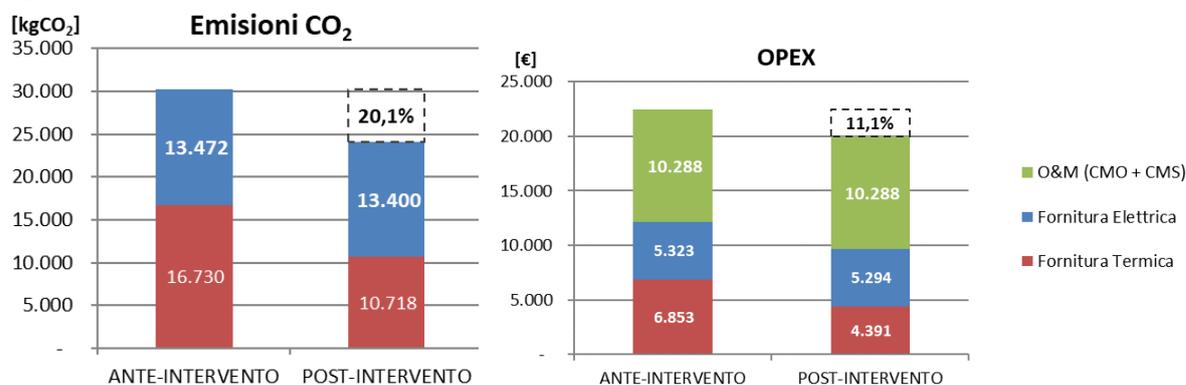
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.4

Tabella 8.3 - Risultati analisi EEM4 – Sostituzione infissi

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m²K]	6	1,2	<b>80,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	86.649	55.513	<b>35,9%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	27.671	27.523	<b>0,5%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	82.821	53.060	<b>35,9%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	28.849	28.695	<b>0,5%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.730	10.718	<b>35,9%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	13.472	13.400	<b>0,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.202</b>	<b>24.119</b>	<b>20,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.853	4.391	<b>35,9%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.323	5.294	<b>0,5%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.176</b>	<b>9.685</b>	<b>20,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.127	8.127	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.160	2.160	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.288</b>	<b>10.288</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>22.464</b>	<b>19.972</b>	<b>11,1%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	0 classi

Nota (16) 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: 0,0805 [€/kWh] per il vettore termico e 0,186 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.4 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### EEM5: Installazione termovalvole

##### Generalità

Uno degli interventi proposti vede l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti presenti all'interno dell'edificio.

L'intervento ha la finalità di rendere maggiormente confortevoli gli ambienti interni del fabbricato, dando la possibilità agli occupanti di definire il livello di temperatura interna desiderato evitando così situazioni di sovrariscaldamento o di scarso comfort termico che spesso si è rilevato durante le attività di sopralluogo.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.4

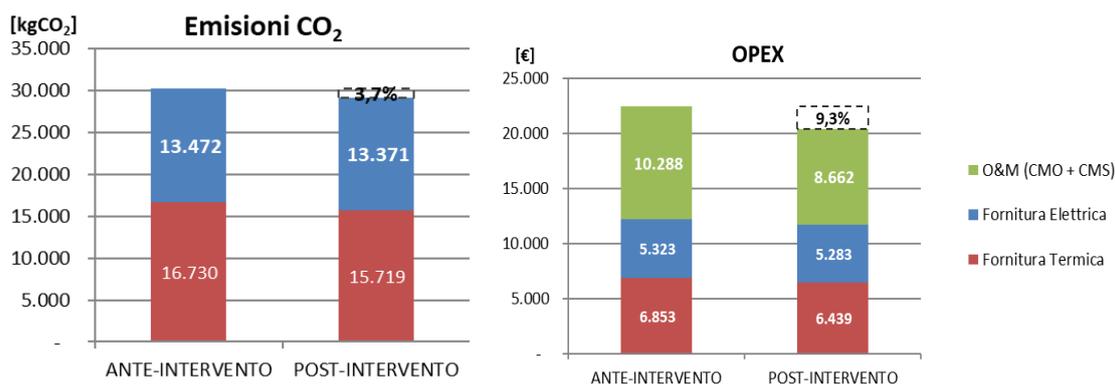
Tabella 8.4 - Risultati analisi EEM5 – Termovalvole

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 [Rendimento di regolazione]	%	90	99	<b>-10,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	86.649	81.416	<b>6,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	27.671	27.463	<b>0,8%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	82.821	77.819	<b>6,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	28.849	28.632	<b>0,8%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.730	15.719	<b>6,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	13.472	13.371	<b>0,8%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.202</b>	<b>29.091</b>	<b>3,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.853	6.439	<b>6,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.323	5.283	<b>0,8%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.176</b>	<b>11.722</b>	<b>3,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.127	6.502	<b>20,0<sup>3</sup>%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.160	2.160	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.288</b>	<b>8.662</b>	<b>15,8%</b>
OPEX	[€]	<b>22.464</b>	<b>20.384</b>	<b>9,3%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	0 classi

Nota (17) 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: 0,0805 [€/kWh] per il vettore termico e 0,186 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.5 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



<sup>3</sup> Oltre ai risparmi riconducibili alla riduzione del consumo energetico è stata considerata una riduzione relativa ai costi manutentivi ad ora sostenuti dalla PA, questo perché la gestione autonoma, da parte degli occupanti, delle condizioni di comfort interno riduce l'intervento straordinario della ditta manutentiva per cambiare le condizioni di settaggio dell'impianto.

Durante il sopralluogo si è infatti rilevata una disomogeneità delle condizioni termiche che porta a condizioni di disconfort in parte dei locali della scuola.

### 8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM3: Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

##### Generalità

Durante le attività di sopralluogo svolte sono stati rilevati tutti i corpi di illuminazione presenti nell'edificio, per la quasi totalità di tipo fluorescente. Si propone dunque la sostituzione degli elementi con profili di utilizzo prolungati con soluzioni a LED, così da limitare il consumo di energia elettrica del fabbricato.

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento riguarda in particolare le aule e gli spazi comuni dell'edificio, come atrii e corridoi, caratterizzati da profili di accensione degli apparecchi più prolungati rispetto ad altre zone funzionali, dove si prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza; una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente.

È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort. Allo stato attuale verrà proposta una sostituzione 1:1 degli elementi presenti.

##### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.6

Tabella 8.5 - Risultati analisi EEM3 - Sostituzione apparecchi di illuminazione (integrali)

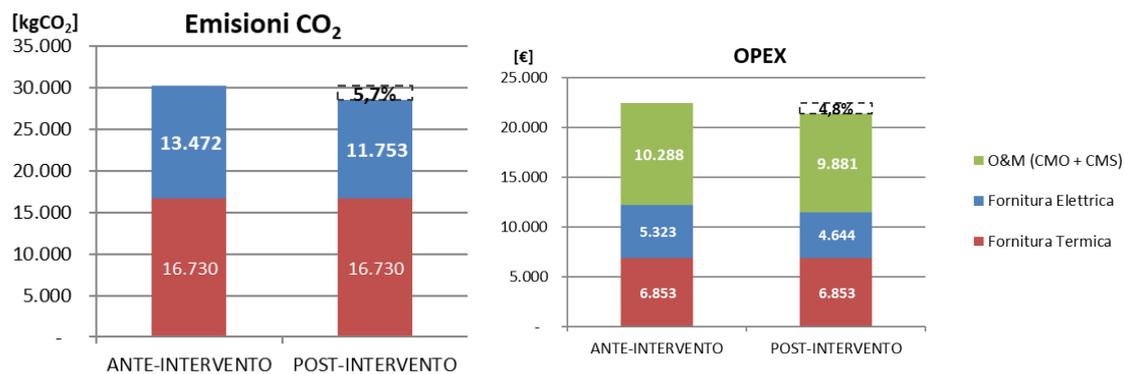
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W]	116	48	<b>58,6%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	86.649	86.649	<b>0,0%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	27.671	24.140	<b>12,8%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	82.821	82.821	<b>0,0%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.849	25.168	<b>12,8%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.730	16.730	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	13.472	11.753	<b>12,8%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.202</b>	<b>28.483</b>	<b>5,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.853	6.853	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.323	4.644	<b>12,8%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>12.176</b>	<b>11.497</b>	<b>5,6%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.127	7.721	<b>5,0<sup>4</sup>%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.160	2.160	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.288</b>	<b>9.881</b>	<b>4,0%</b>
OPEX	[€]	<b>22.464</b>	<b>21.378</b>	<b>4,8%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	0 classi

Nota (18) 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: 0,0805 [€/kWh] per il vettore termico e 0,186 [€/kWh] per il vettore elettrico

<sup>4</sup> Oltre alla riduzione dei consumi energetici si è considerata una riduzione dei costi legati alla manutenzione ordinaria, questo perché la vita utile dei corpi illuminanti LED è più elevata rispetto a quella delle lampade fluorescenti, per cui la loro sostituzione avverrà meno frequentemente

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



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### EEM1: Isolamento intradosso con controsoffitto isolato

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione dell'isolamento della copertura mediante installazione del materiale isolante in controsoffitto.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.B - art. 4, comma 1, lettera a) i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento intradosso con controsoffitto isolato

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
1.4.4. D20 Scrostamento di intonaco interno ed esterno, compreso il calo in basso, il carico su qualsiasi mezzo di trasporto dei materiali di risulta, esclusi i ponteggi, misurato sulla superficie effettiva di scrostamento per intere campiture	Prezzario Regione Liguria	401,56	m2	€ 20,50	€ 18,64	€ 7.483,6	22%	€ 9.130,01
1.16.1. A10 Solo posa controsoffitti, per superfici piane, compresa la fornitura e la posa della struttura metallica di sospensione, la sigillatura dei giunti con garza e successiva rasatura; REI120, di lastre di gesso protetto o fibrogesso	Prezzario Regione Liguria	401,56	m2	€ 50,05	€ 45,50	€ 18.270,98	22%	€ 22.290,60
1.15.5. S02 Pannello per isolamento termico acustico, composto al 100% di poliestere proveniente in gran parte dalla raccolta e lavorazione delle bottiglie in PET, per pareti e coperture. Densità 30 Kg/m <sup>3</sup> . Lambda <=0,040 W/mK - spessore da 20 a 140 mm	Prezzario Regione Liguria	5621.84	m2cm	€ 1,76	€ 1,60	€ 8.994,94	22%	€ 10.973,83
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.042,49	22%	€ 1.271,83
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.505,44	22%	€ 3.056,64
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 38.297</b>	<b>22%</b>	<b>€ 46.723</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>16.062,4</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>3.212,48</b>

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- $S_{int}$ : superficie oggetto dell'intervento (m<sup>2</sup>) – pari a circa **401,56 m<sup>2</sup>**.
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **116,35 €/m<sup>2</sup>**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell'intervento supera il valore  $C_{max}$  il calcolo dell'incentivo è stato effettuato con il valore  $C_{max}$  riportato in tabella per l'intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]				
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile ( $\%_{spesa}$ )	Costo massimo ammissibile ( $C_{max}$ )	Valore massimo dell'incentivo ( $I_{max}$ ) [€]	
<b>i. Strutture opache orizzontali<sup>13</sup>: isolamento coperture</b>				
Esterno	40 (*) (**)	200 €/m <sup>2</sup>	(i+ii+iii) ≤ 400.000	
<b>Interno</b>	<b>40 (*) (**)</b>	<b>100 €/m<sup>2</sup></b>		
Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m <sup>2</sup>		
<b>ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti</b>				
Esterno	40 (*) (**)	120 €/m <sup>2</sup>		
Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>		
<b>iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali</b>				
Esterno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>		
Interno	40 (*) (**)	80 €/m <sup>2</sup>		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m <sup>2</sup>		

## EEM2: Cappotto Termico

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM2, che consiste nella realizzazione dell'isolamento delle pareti esterne mediante il sistema a cappotto termico.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.B - art. 4, comma 1, lettera a) i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Tabella 9.2– Analisi dei costi della EEM2 – sistema a cappotto termico

DESCRIZIONE	PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
PR.A17.D01.010 Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK	Prezzario Regione Liguria	10292	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 32.653,71	22%	€ 39.837,53

spessore da 6 a 20 cm  
per ogni cm

25.A44.A30.010	Solo posa di isolamento termico-acustico superfici verticali eseguito con pannelli isolanti di spessore fino a cm 10, compreso il fissaggio con chiodi di materiale plastico e la sigillatura dei giunti con nastro adesivo plastificato.	Prezzario Regione Liguria	514,6	mq	€ 14,25	€ 12,95	€ 6.666,41	22%	€ 8.133,02
PR.A02.A20.600	Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	514,6	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 383,61	22%	€ 468,01
PR.A02.A25.010	Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	823	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 366,61	22%	€ 447,26
95.B10.S10.010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	514,6	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 6.680,44	22%	€ 8.150,14
25.A05.E10.015	Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	514,6	m2	€ 7,26	€ 6,60	€ 3.396,36	22%	€ 4.143,56
25.A54.A30.010	Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	514,6	m2	€ 4,81	€ 4,37	€ 2.250,21	22%	€ 2.745,25
25.A54.B40.010	Rasatura armata con malta confezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150	Prezzario Regione Liguria	514,6	m2	€ 23,79	€ 21,63	€ 11.129,39	22%	€ 13.577,86

gr/mq , spessore totale  
circa mm 4.

Costi per la sicurezza	-	3%	%	€ 1.905,80	22%	€ 2.325,08
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€ 4.446,87	22%	€ 5.425,18
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>				<b>€ 69.879</b>	<b>22%</b>	<b>€ 85.253</b>
Incentivi			[Conto termico]			€ 20.584,00
Durata incentivi						5
Incentivo annuo						€ 4.116,80

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- $S_{int}$ : superficie oggetto dell'intervento (m<sup>2</sup>) – pari a circa **514,6 m<sup>2</sup>**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in €}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **165,67 €/m<sup>2</sup>**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell'intervento supera il valore  $C_{max}$  il calcolo dell'incentivo è stato effettuato con il valore  $C_{max}$  riportato in tabella per l'intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile ( $\%_{spesa}$ )	Costo massimo ammissibile ( $C_{max}$ )	Valore massimo dell'incentivo ( $I_{max}$ ) [€]
i. Strutture opache orizzontali <sup>13</sup> : <b>isolamento coperture</b>			(i+ii+iii) ≤ 400.000
Esterno	40 (*) (**)	200 €/m <sup>2</sup>	
Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m <sup>2</sup>	
ii. Strutture opache orizzontali: <b>isolamento pavimenti</b>			
Esterno	40 (*) (**)	120 €/m <sup>2</sup>	
Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
iii. Strutture opache verticali: <b>isolamento pareti perimetrali</b>			
Esterno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m <sup>2</sup>	
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m <sup>2</sup>	

### **EEM3: Sostituzione apparecchi di illuminazione (integrali)**

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM3, che consiste nella sostituzione delle lampade presenti negli spazi comuni e nei corridoi della scuola, ossia di quegli elementi che presentano profili di utilizzo prolungati nel tempo.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, intervento 1 (intervento 1.F - art. 4, comma 1, lettera f).

Tabella 9.3 - Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione apparecchi di illuminazione

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
045160d	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, installata a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: monolampada: lunghezza 1.600 mm, 28 W, 4.540 lm	DEI Imp. Ele. 2017	53	cad	162,6	147,8	7.834,8	22%	9.558,5
045161c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismaticizzato internamente, installata a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	30	cad	185,5	168,6	5.059,1	22%	6.172,1
205015f	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 1 x 58 W	DEI Imp. Ele. 2017	53	cad	11,4	10,3	547,3	22%	667,8
205015g	Rimozione di plafoniera per lampade fluorescenti, inclusi gli oneri della rimozione	DEI Imp. Ele. 2017	30	cad	13,4	12,2	365,2	22%	445,5

dei sostegni a muro o a soffitto e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso l'onere di carico, trasporto e scarico a discarica autorizzata: 2 x 58 W

M01003a	Operaio edile qualificato	DEI Ele. 2016	Imp. 41,5	€/ora	26,8	24,3	1.010,3	22%	1.232,6	
M01004a	Operaio edile comune	DEI Ele. 2016	Imp. 41,5	€/ora	24,1	21,9	910,0	22%	1.110,2	
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			471,8	22%	575,6	
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.133,9	22%	1.383,4	
<b>TOTALE (I0 – EEM1)</b>							<b>17.332,5</b>	<b>22%</b>	<b>21.145,6</b>	
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico]</b>					<b>8.458,3</b>			
<b>Durata incentivi</b>							<b>5,0</b>			
<b>Incentivo annuo</b>							<b>1.691,7</b>			

Il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PA e le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- $S_{int}$ : superficie oggetto dell'intervento (m<sup>2</sup>) – pari a circa **772,88 m<sup>2</sup>**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **28,2 €/m<sup>2</sup>**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

Poiché il costo specifico dell'intervento supera il valore  $C_{max}$  il calcolo dell'incentivo è stato effettuato con il valore  $C_{max}$  riportato in tabella per l'intervento considerato.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]		
Tipologia di intervento	Costo massimo ammissibile ( $C_{max}$ )	Valore massimo dell'incentivo $I_{max}$ [€]
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade ad alta efficienza	15 €/m <sup>2</sup>	30.000
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade a led	35 €/m <sup>2</sup>	70.000

**EEM4: Sostituzione serramenti**

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nella sostituzione parziale dei serramenti del fabbricato.

Tabella 9.4 - Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
25.A05.F10.020	Prezziario Regione Liguria	257,6	m2	€ 30,11	€ 27,37	€ 7.052,04	22%	€ 8.603,48
205071d	Prezziario DEJ <sup>0</sup>	61	cad	€ 520,00	€ 472,73	€ 28.836,36	22%	€ 35.180,36
PR.A23.B10.020	Prezziario Regione Liguria	64,2	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 443,00	22%	€ 540,46
25.A15.C10.020	Prezziario Regione Liguria	38,6445	m3	€ 11,77	€ 10,70	€ 413,50	22%	€ 504,47

	entro i primi 5. Misurato in banco								
25.A80.A30.010	Solo posa in opera di finestra o portafinestrain alluminio, PVC, legno, acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio.	Prezziario Regione Liguria	257,63	mq	€ 48,53	€ 44,12	€ 11.366,2	22%	€ 13.866,72
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.443,33	22%	€ 1.760,87
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 3.367,77	22%	€ 4.108,69
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>– EEM1)</b>							<b>€ 52.922</b>	<b>22%</b>	<b>€ 64.565</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>							<b>€ 25.826,02</b>	
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 5.165,20</b>	

Nota () E' stato preso in considerazione il valore presente nel Prezziario DEI anziché la voce presente nel Prezziario Regione Liguria in quanto il valore di tramutanza del componente, presente nel suddetto listino, risulta superiore al valore necessario al fine di accedere all'incentivo del Conto Termico.

### EEM5: Installazione termovalvole

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM5, che consiste nella installazione di termovalvole per la regolazione ambiente della temperatura interna su tutti i corpi scaldanti del fabbricato.

Tabella 9.5 - Analisi dei costi della EEM5 – Installazione termovalvole

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
				PREZZARIO	SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
PR.C17.A15.010	Prezziario Regione Liguria	61	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 1.964,20	22%	€ 2.396,32
PR.C47.H10.135	Prezziario Regione Liguria	1	cad	€ 2.999,95	€ 2.727,23	€ 2.727,23	22%	€ 3.327,22
40.E10.A10.020	Prezziario Regione Liguria	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 45,51	22%	€ 55,52

PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	23	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 676,24	22%	€ 825,02
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 163,01	22%	€ 198,88
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 380,37	22%	€ 464,05
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							<b>€ 5.977</b>	<b>22%</b>	<b>€ 7.292,17</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):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

- $FC_n$  è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- $f$  è il tasso di inflazione;
- $f'$  è la deriva dell'inflazione;
- $R$  è il tasso di sconto;
- $i = R - f - f'$  è il tasso di attualizzazione;
- $\frac{1}{(1+i)^n}$  è il fattore di annualità ( $FA_n$ ).

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

### EEM1: Isolamento intradossato con controsoffitto isolato

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento intradossato con controsoffitto isolato

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	46.723
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	3.212
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	40,0	25,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	61,4	38,2
Valore attuale netto	VAN	- 24.623	- 10.322
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,1%	0,9%
Indice di profitto	IP	-0,53	-0,22

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

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

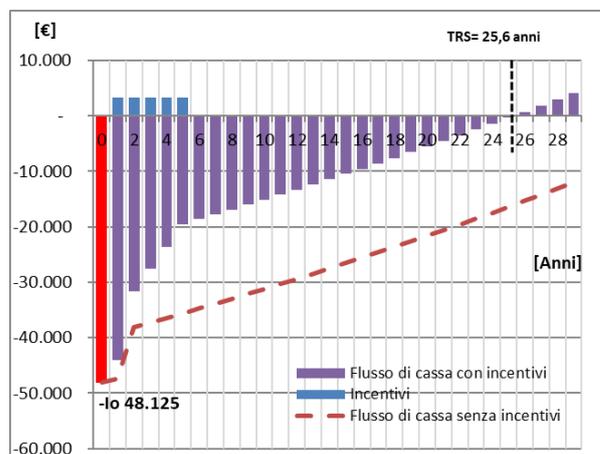
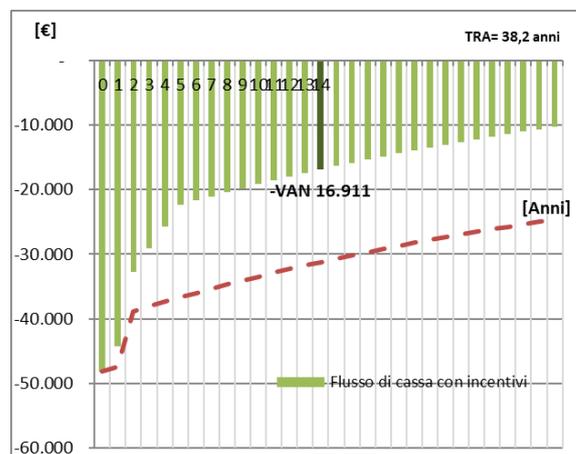


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, pur beneficiando di incentivi, non presenta tempi di ritorno brevi; questo perché il miglioramento delle performance dell'involucro non consentono di ripagare con la riduzione dei consumi l'investimento iniziale

**EEM2: Cappotto Termico**

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

Tabella 9.7 - Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Cappotto termico

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>Io</b>	€	46.723
Oneri Finanziari % <sub>Io</sub>	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	30
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	3.212
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></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>	40,0	25,6
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	61,4	38,2
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 24.623	- 10.322
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-2,1%	0,9%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,53	-0,22

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati in Figura 9.3 e Figura 9.4.

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

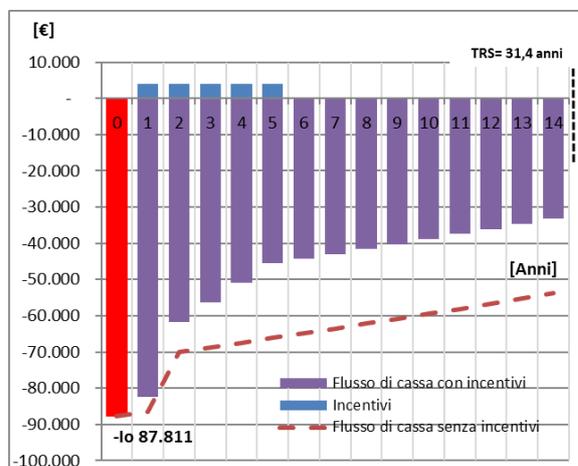
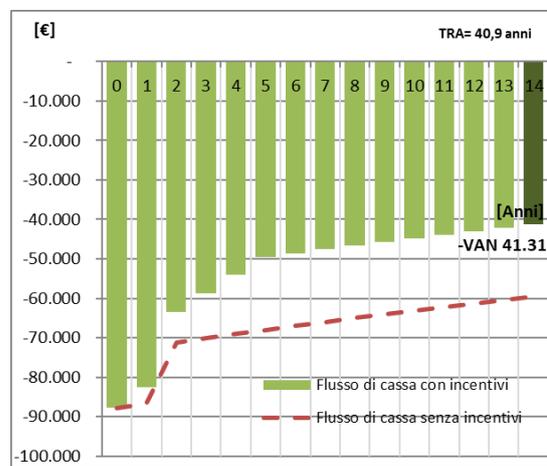


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, pur beneficiando di incentivi, non presenta tempi di ritorno brevi; questo perché il miglioramento delle performance dell'involucro non consentono di ripagare con la riduzione dei consumi l'investimento iniziale

**EEM3: Sostituzione apparecchi di illuminazione**

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

Tabella 9.8 - Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione apparecchi di illuminazione

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	21.146
Oneri Finanziari % <sub>0</sub>	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	1.692
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	16,9	9,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	19,2	10,5
Valore attuale netto	VAN	- 12.718	- 5.187
Tasso interno di rendimento	TIR	-18,5%	-4,6%
Indice di profitto	IP	-0,60	-0,25

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

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

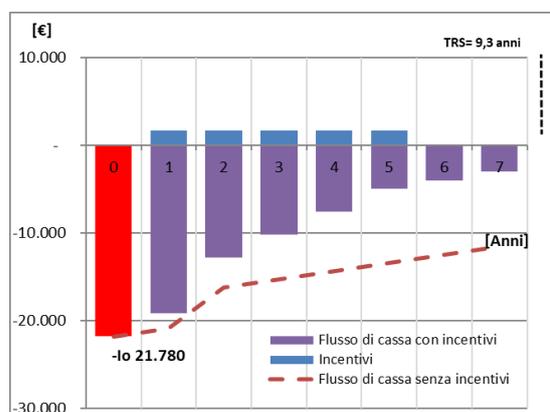
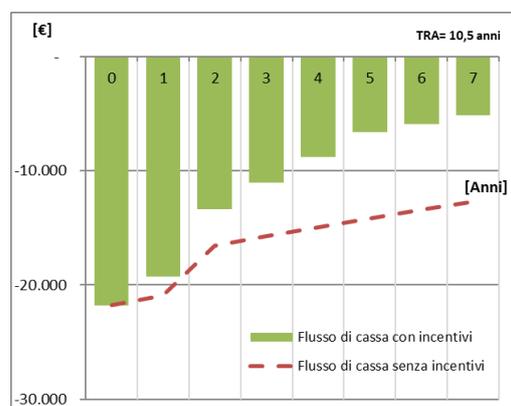


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, beneficiando di incentivi, presenta tempi di ritorno attualizzati si poco superiori ai 15 anni.

**EEM4: Sostituzione serramenti**

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

Tabella 9.9 - Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Sostruzione serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	64.565
Oneri Finanziari % <sub>0</sub>	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%

Anno recupero erariale IVA	n <sub>IVA</sub>	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n <sub>B</sub>	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
<b>INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO</b>		<b>VALORE SENZA INCENTIVI</b>	<b>VALORE CON INCENTIVI</b>
Tempo di rientro semplice	TRS	23,2	23,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	39,0	39,0
Valore attuale netto	VAN	- 15.364	- 15.364
Tasso interno di rendimento	TIR	1,7%	1,7%
Indice di profitto	IP	-0,24	-0,24

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

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

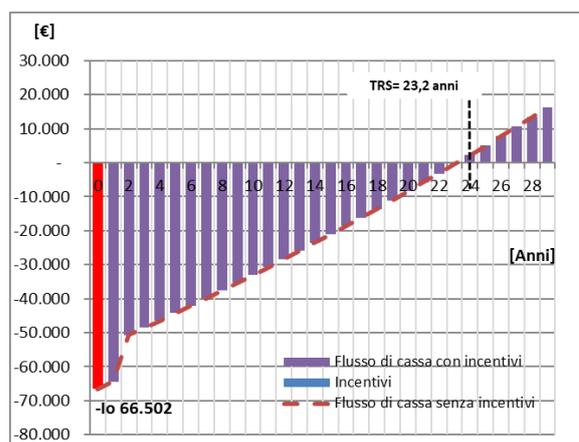
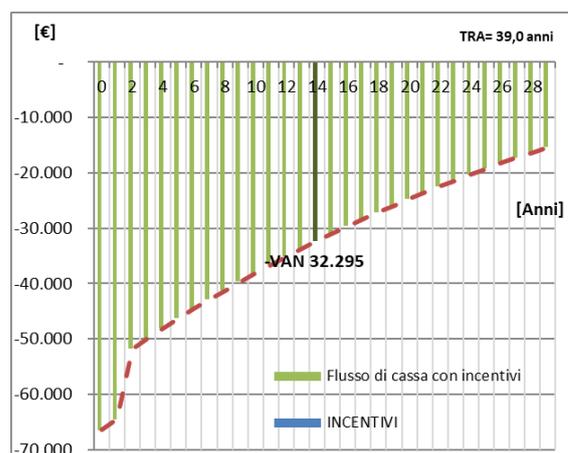


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, beneficiando di incentivi, presenta tempi di ritorno attualizzati inferiori ai 25 anni; questo perché la componente legata ai serramenti era quella maggiormente penalizzanti per le performance energetiche complessive dell'involucro del fabbricato.

### EEM5: Installazione termovalvole

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

Tabella 9.10 - Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5 - Installazione termovalvole

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	7.292
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	15
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	3,6	3,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,2	4,2
Valore attuale netto	VAN	12.543	12.543
Tasso interno di rendimento	TIR	25,2%	25,2%
Indice di profitto	IP	1,72	1,72

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati in Figura 9.9 e Figura 9.10

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

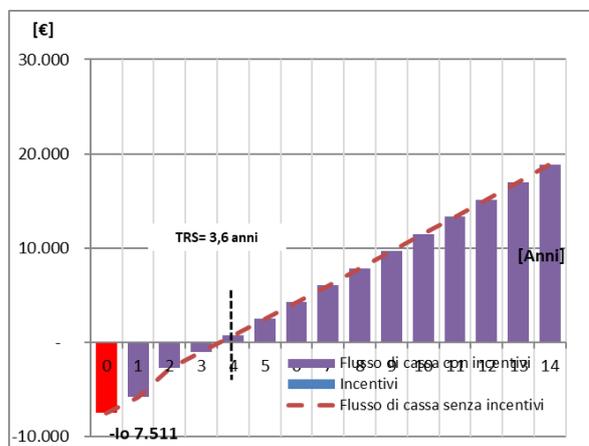
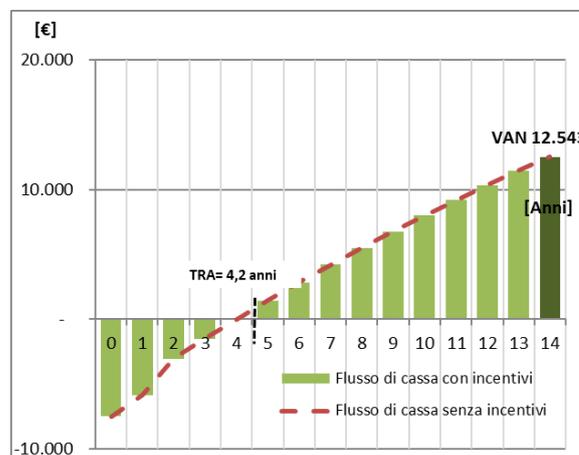


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, pur non beneficiando di incentivi, presenta tempi di ritorno inferiori ai 15 anni.

## Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.11 e Tabella 9.12.

Tabella 9.11 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	8%	8%	969,45 €	- €	0	46.723,00 €	40	61	30	-24.622,91 €	-2,09%	-0,53
EEM 2	13%	13%	1.548,98 €	- €	0	85.253,00 €	44	67	30	-48.492,45 €	-2,81%	-0,57
EEM 3	6%	6%	679,14 €	406,36 €	0	21.146,00 €	17	19	8	-12.717,50 €	-18,50%	-0,60
EEM 4	20%	20%	2.491,11 €	- €	0	64.565,00 €	23	39	30	-15.363,68 €	1,68%	-0,24
EEM 5	4%	4%	453,94 €	1.625,44 €	0	7.292,17 €	4	4	15	12.543,21 €	25,15%	1,72

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;

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi proposti sull'efficientamento dell'involucro edilizio non presentano vantaggi economici legati alla loro realizzazione.

Tabella 9.12 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% $\Delta_E$	% $\Delta_{CO_2}$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	8%	8%	969,4	-	0	46.723,0	26	38	30	-10.321,9	0,88%	-0,22
EEM 2	13%	13%	1.549,0	-	0	85.253,0	33	46	30	-30.165,2	-0,88%	-0,35
EEM 3	6%	6%	679,1	406,4	0	21.146,0	9	11	8	-5.186,6	-4,56%	-0,25
EEM 4	20%	20%	2.491,1	-	0	64.565,0	23	39	30	-15.363,7	1,68%	-0,24
EEM 5	4%	4%	453,9	1.625,4	0	7.292,2	4	4	15	12.543,2	25,15%	1,72

Dall'analisi dei risultati emerge che, accedendo alle forme incentivanti, alcuni degli interventi proposti vedono diminuire notevolmente i tempi di ritorno dell'investimento, rendendoli più adottabili.

### 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 proposti, 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 verificato un tempo di ritorno semplice, TRS ≤ 15 anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice, TRS ≤ 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) abbinata 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 [15anni]:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM3, EEM4, EEM5
- **Scenario 2 [25 anni]:** Tale scenario consiste nella realizzazione di EEM1, EEM3, EEM4, EEM5

### 9.3.1 Scenario 1: EEM4 + EEM5

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

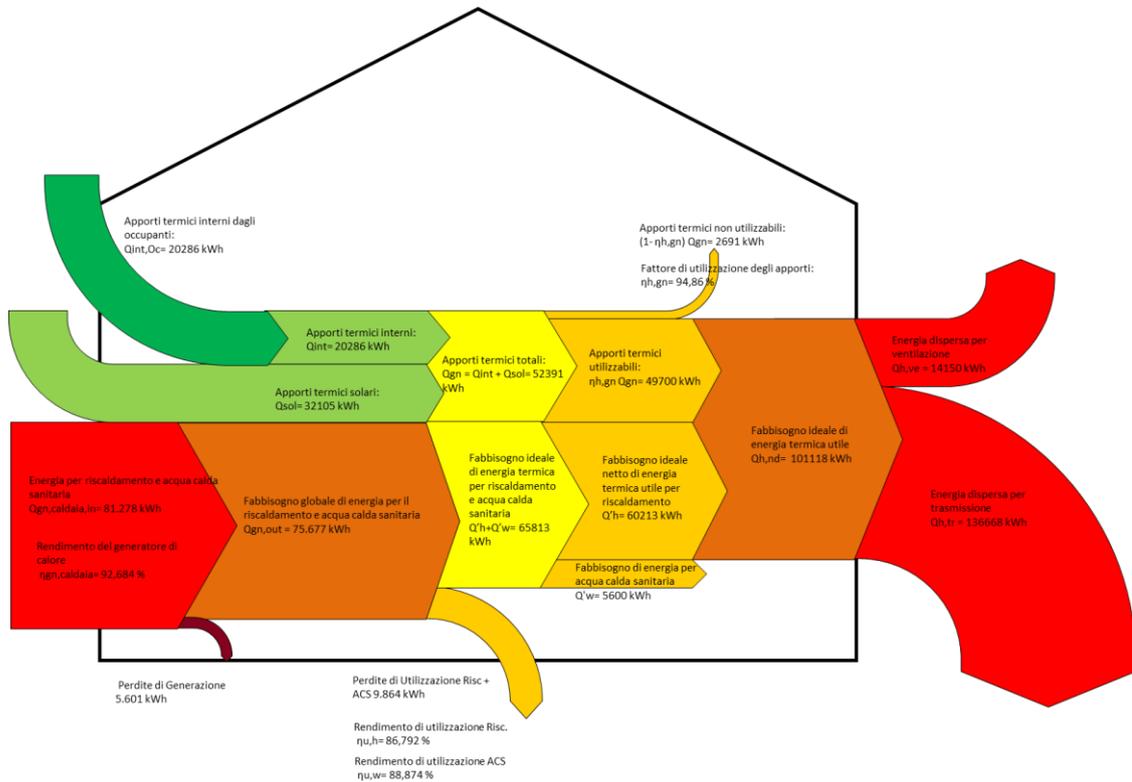
- EEM3: Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza
- EEM5: Installazione termovalvole

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 Fornitura & Posa	€ 15.726,78	€ 3.459,89	€ 19.186,67
EEM5 Fornitura & Posa	€ 5.433,81	€ 1.195,44	€ 6.629,24
Costi per la sicurezza	€ 634,82	€ 139,66	€ 774,48
Costi per la progettazione	€ 1.514,27	€ 333,14	€ 1.847,41
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>€ 23.309,67</b>	<b>€ 5.128,13</b>	<b>€ 28.437,80</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 O&M	7.721	2.160	9.881
EEM5 O&M	6.502	2.160	8.662
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>6095,38</b>	<b>2.160</b>	<b>36324</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>	<b>8.458</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>1.692</b>	

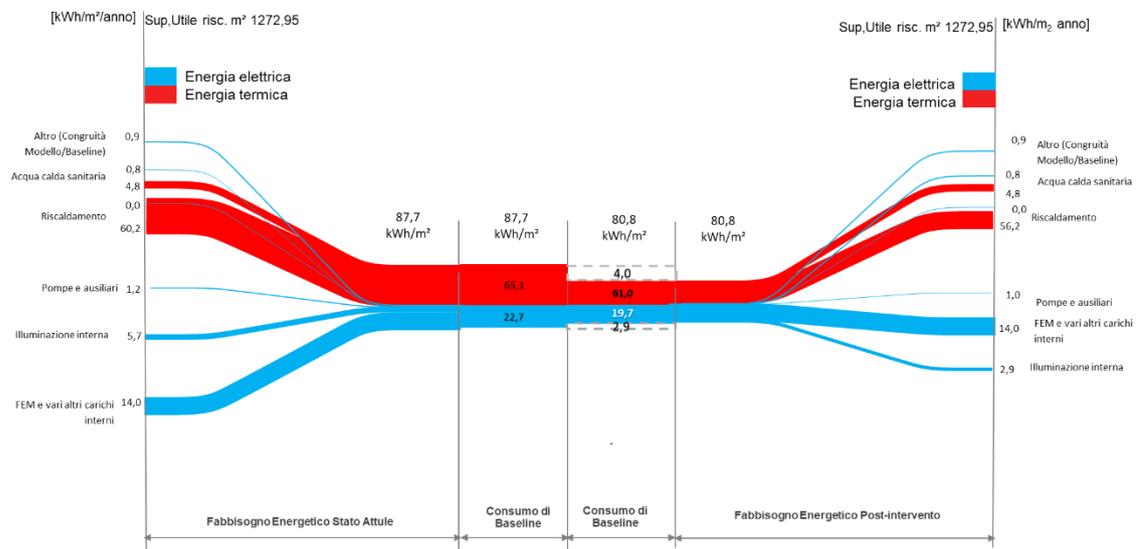
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.11 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il contributo relativo all’energia dispersa per trasmissione è notevolmente diminuito, insieme al fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

Figura 9.12 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13

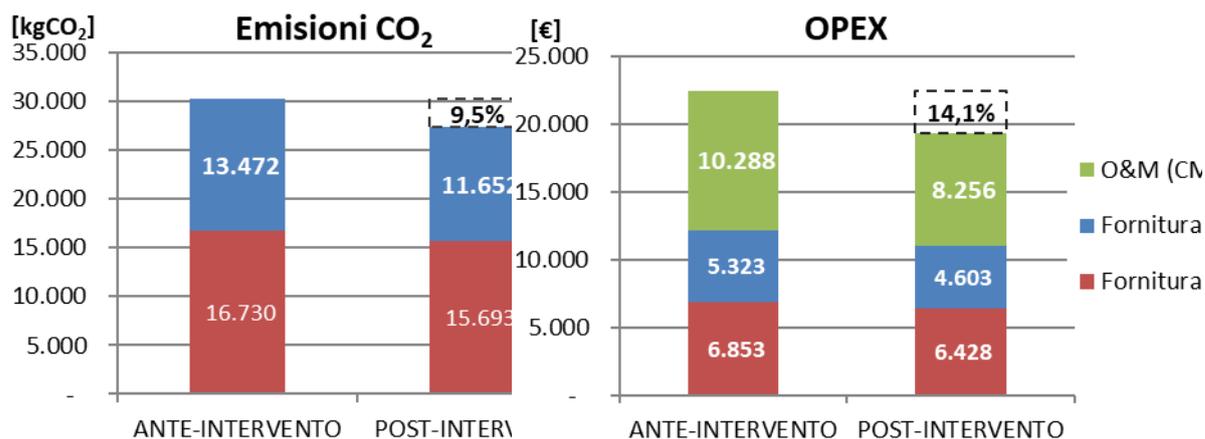
Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 –EEM3+EEM5

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM4[Installazione di apparecchi di illuminazione ad alta efficienza]	[W]	116	58	50%
EM5 [Rendimento regolazione]	[%]	90	99	-10%
$Q_{teorico}$	[kWh]	86.649	81.278	<b>6,2%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	27.671	23.931	<b>13,5%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	82.821	77.687	<b>6,2%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.849	24.950	<b>13,5%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.730	15.693	<b>6,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	13.472	11.652	<b>13,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>30.202</b>	<b>27.345</b>	<b>9,5%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	6.853	6.428	<b>6,2%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.323	4.603	<b>13,5%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>12.176</b>	<b>11.032</b>	<b>9,4%</b>
$C_{MO}$	[€]	8.127	6.095	<b>25,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	2.160	2.160	<b>0,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>10.288</b>	<b>8.256</b>	<b>19,8%</b>
OPEX	[€]	<b>22.464</b>	<b>19.288</b>	<b>14,1%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	0 classi

Nota (19) 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: 0,083 [€/kWh] per il vettore termico e 0,185 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.13 - SCN1: 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 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– EEM3 +EEM5

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1,00
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14,00
Anni Concessione	$n$	15,00
Anno inizio Concessione	$n_o$	2.020,00
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10,00
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	0,02
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	$f$	0,01
deriva dell'inflazione	$f'$	0,01
%, interessi debito	$k_D$	0,04
%, interessi equity	$k_E$	0,09
Aliquota IRES	<b>IRES</b>	0,24
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	0,04
Aliquota fiscale	$\tau$	0,28
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	9,00
Anni Equity	$n_E$	14,00
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	28.438,17
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	853,15
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	29.291,32
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	0,80
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	0,20
Debito	$I_D$	23.433,05
Equity	$I_E$	5.858,26
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	7,61
Rata annua debito	$q_D$	3.080,60
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	27.725,42
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=q<sub>D</sub>*n<sub>D</sub>-D</b>	4.292,37

Tabella 9.16 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	12.187,00
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	10.276,00
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	22.463,00
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	<b>%<math>\Delta C_E</math></b>	0,09
Riduzione% costi O&M	<b>%<math>\Delta C_M</math></b>	0,20
Obiettivo riduzione spesa PA	<b>%<math>C_{Baseline}</math></b>	0,00
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,60%</b>	1.813,85
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	0,00
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	28.471,17
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	3.805,32
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	14,00
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	0,18
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	385,46

Costi FTT €/anno IVA escl.	<b>C<sub>FTT</sub></b>	306,60
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	<b>C<sub>CAPEX</sub></b>	1.121,79
Canone O&M €/anno	<b>C<sub>nM</sub></b>	8.557,20
Canone Energia €/anno	<b>C<sub>nE</sub></b>	12.091,95
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b>C<sub>nS</sub></b>	20.649,15
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b>C<sub>nD</sub></b>	1.813,85
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b>C<sub>n</sub></b>	22.463,00
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	0,22
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	5.128,19
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	8.458,00
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>	5,00
Inizio erogazione Incentivi, anno		2.022,00

Tabella 9.17 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	7,18
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	9,79
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	3.293,38
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	0,07
Indice di Profitto	<b>IP</b>	0,12
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	2,56
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	3,01
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	2.525,00
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	0,30
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	1,17
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	1,06
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	0,09

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che non risulta conveniente per entrambi i soggetti, PA ed ESCO.

### 9.3.2 Scenario 2: EEM1, EEM3, EEM4, EEM5

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

- EEM1: Isolamento intradosso con controsoffitto isolato
- EEM4: sostituzione serramenti
- EEM3: sostituzione corpi illuminanti
- EEM5: installazione di termovalvole

La realizzazione dell'intervento di sostituzione degli infissi consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, (intervento 1.B - art. 4, comma 1, lettera b), i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

il contributo dato dall'incentivo "Conto Termico" è stato calcolato considerando la seguente relazione

$$I_{tot} = \%_{spesa} \cdot C \cdot S_{int}$$

Dove si si è indicato con:

- $I_{tot}$ : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- $I_{max}$ : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- $\%_{spesa}$ : percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto)
- $S_{int}$ : superficie oggetto dell'intervento (m<sup>2</sup>) – pari a circa **257,6 m<sup>2</sup>**
- $C = \frac{\text{spesa sostenuta in } \text{€}}{\text{superficie oggetto di intervento}}$  costo specifico sostenuto – pari a **251 €/m<sup>2</sup>**
- $C_{max}$  è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto.

[Tabella 5 – Allegato II - DM 16.02.16]			
Tipologia di intervento	Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% <sub>spesa</sub> )	Costo massimo (C <sub>max</sub> )	Valore massimo dell'incentivo I <sub>max</sub> [€]
Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento	40 (**)	350 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche A, B, C	75.000
	40 (**)	450 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche D, E, F	100.000

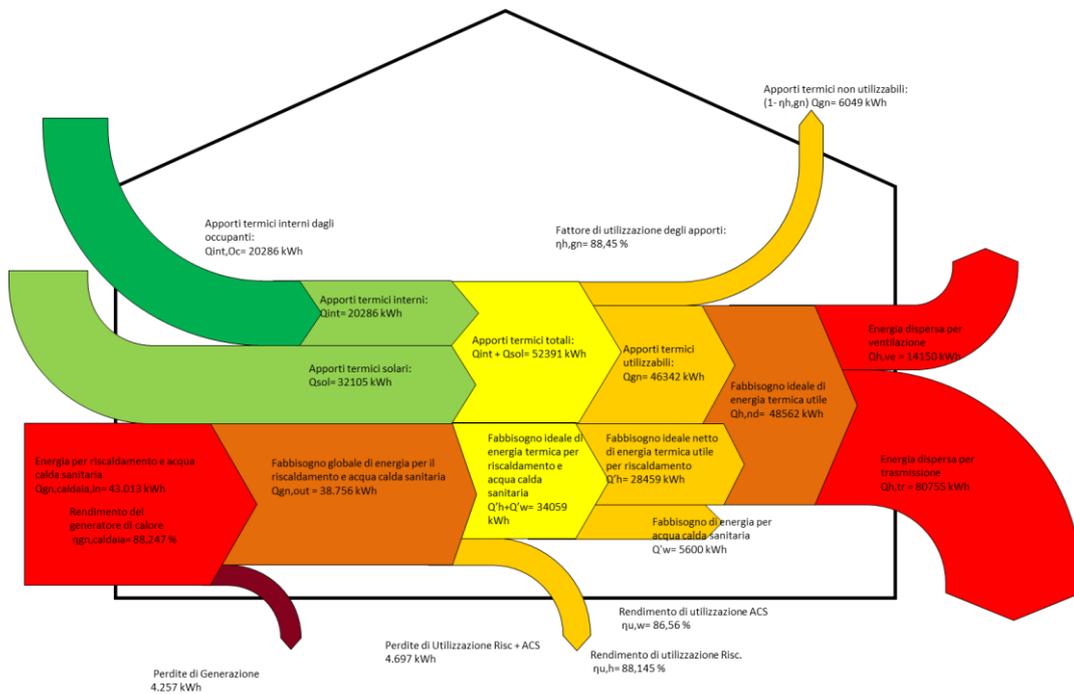
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>– EEM1)</b>	<b>€ 64.565</b>
Incentivi [Conto termico]	€ 25.826,02
Durata incentivi	5
Incentivo annuo	€ 5.165,20

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	€ 34.749,54	€ 7.644,90	€ 42.394,44
EEM3 Fornitura & Posa	€ 15.726,78	€ 3.459,89	€ 19.186,67
EEM4 Fornitura & Posa	€ 48.111,07	€ 10.584,43	€ 58.695,50
EEM5 Fornitura & Posa	€ 5.433,81	€ 1.195,44	€ 6.629,24
Costi per la sicurezza	€ 3.120,64	€ 686,54	€ 3.807,18
Costi per la progettazione	€ 7.387,48	€ 1.625,25	€ 9.012,73
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>€ 114.529,32</b>	<b>€ 25.196,45</b>	<b>€ 139.725,77</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>M</sub>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	8.127	2.160	10.288
EEM3 O&M	7.721	2.160	9.881
EEM4 O&M	8.127	2.160	10.288
EEM5 O&M	6.502	2.160	8.662
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>6.095,38</b>	<b>2.160</b>	<b>36.324</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>	<b>50.347</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>10.069</b>	

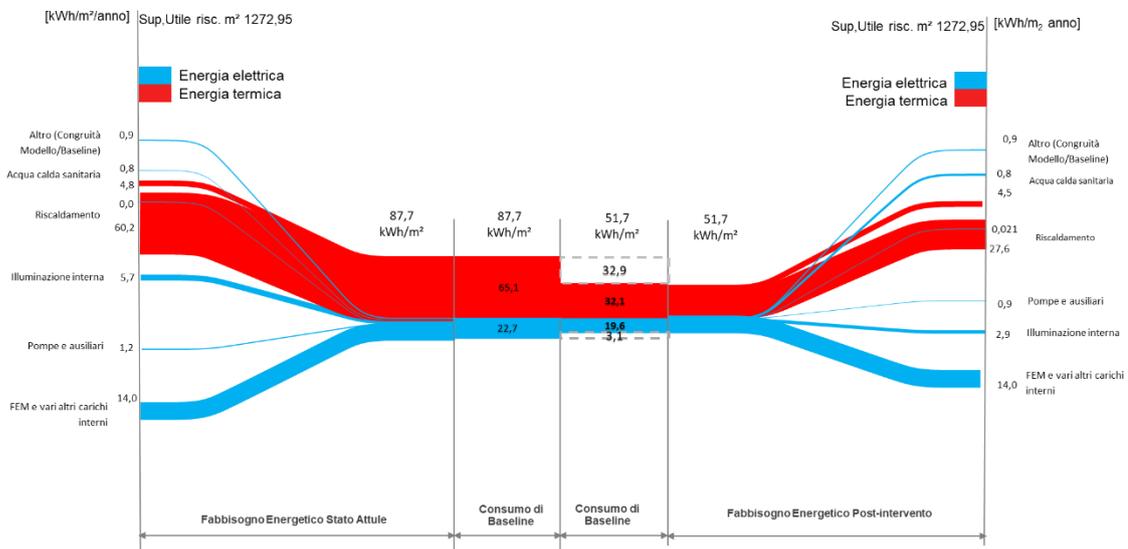
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.16 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il contributo relativo all’energia dispersa per trasmissione è notevolmente diminuito, insieme al fabbisogno globale di energia per il riscaldamento.

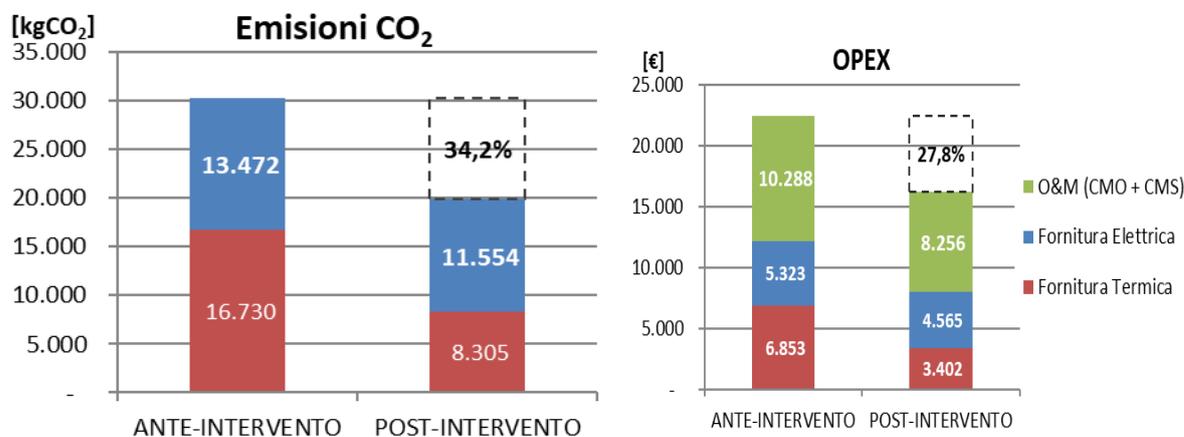
Figura 9.17 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Tabella 9.19

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – EEM1 +EEM3+EEM4+EEM5

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4[Trasmittanza serramento]	[W/m <sup>2</sup> K]	6	1,2	<b>80,0%</b>
EM4[Rendimento di regolazione]	η	96	99	<b>-3,1%</b>
EM3 [Potenza corpo illuminante]	[W]	116	48	<b>58,6%</b>
EM3 [Trasmittanza solaio]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,273	0,2	<b>84,3%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	85.077	44.971	<b>47,1%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	27.550	23.605	<b>14,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	82.956	43.850	<b>47,1%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	28.849	24.717	<b>14,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.757	8.858	<b>47,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	13.472	11.543	<b>14,3%</b>
Emiss. CO2 TOT	[kgCO <sub>2</sub> ]	<b>30.230</b>	<b>20.401</b>	<b>32,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.863	3.628	<b>47,1%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.329	4.566	<b>14,3%</b>
Fornitura Energia, C <sub>E</sub>	[€]	<b>12.192</b>	<b>8.194</b>	<b>32,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.119	6.090	<b>25,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.158	2.158	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.278</b>	<b>8.248</b>	<b>19,8%</b>
OPEX	[€]	<b>22.470</b>	<b>16.442</b>	<b>26,8%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	0 classi

 Figura 9.18 – 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 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– EEM1 +EEM3+EEM4+EEM5

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n <sub>i</sub>	1,00
Anni Gestione Servizio	n <sub>s</sub>	24,00
Anni Concessione	n	25,00
Anno inizio Concessione	n <sub>0</sub>	2.020,00
Anni dell'ammortamento	n <sub>A</sub>	10,00
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k <sub>CdP</sub>	0,02

Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	0,04
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	0,04
Inflazione ISTAT	<b>f</b>	0,01
deriva dell'inflazione	<b>f'</b>	0,01
%, interessi debito	<b><math>k_D</math></b>	0,04
%, interessi equity	<b><math>k_E</math></b>	0,09
Aliquota IRES	<b>IRES</b>	0,24
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	0,04
Aliquota fiscale	<b><math>\tau</math></b>	0,28
Anni debito (finanziamento)	<b><math>n_D</math></b>	12,00
Anni Equity	<b><math>n_E</math></b>	24,00
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	<b><math>I_D</math></b>	139.726,17
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	0,03
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	4.191,79
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	143.917,96
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	0,80
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	0,20
Debito	<b><math>I_D</math></b>	115.134,36
Equity	<b><math>I_E</math></b>	28.783,59
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	9,62
Rata annua debito	<b><math>q_D</math></b>	11.974,31
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	<b><math>q_D * n_D</math></b>	143.691,66
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	<b>INT<sub>D</sub>=<math>q_D * n_D - D</math></b>	28.557,30

Tabella 9.21 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	<b><math>C_{E0}</math></b>	12.187,00
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	<b><math>C_{M0}</math></b>	12.187,00
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	<b><math>C_{Baseline}</math></b>	24.374,00
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	<b><math>C_{Altro}</math></b>	0,00
Riduzione% costi fornitura Energia	<b>%<math>\Delta C_E</math></b>	0,35
Riduzione% costi O&M	<b>%<math>\Delta C_M</math></b>	0,20
Obiettivo riduzione spesa PA	<b>%<math>C_{Baseline}</math></b>	0,00
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	4.677,41
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	0,00
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	86.204,91
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	8.940,96
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	24,00
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>	0,11
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	<b><math>C_{ESCO}</math></b>	638,54
Costi FTT €/anno IVA escl.	<b><math>C_{FTT}</math></b>	1.189,89
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	<b><math>C_{CAPEX}</math></b>	2.848,98
Canone O&M €/anno	<b><math>C_{nM}</math></b>	10.408,92
Canone Energia €/anno	<b><math>C_{nE}</math></b>	9.287,67
Canone Servizi €/anno IVA escl.	<b><math>C_{nS}</math></b>	19.696,59
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	<b><math>C_{nD}</math></b>	4.677,41
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b><math>C_n</math></b>	24.374,00
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	0,22
Rimborso erariale IVA	<b><math>R_{IVA}</math></b>	25.196,52

Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	50.346,00
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>	5,00
Inizio erogazione Incentivi, anno		2.022,00

Tabella 9.22 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	13,11
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	25,65
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	-689,70
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	0,04
Indice di Profitto	<b>IP</b>	0,00
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	19,79
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	33,26
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	-4.021,42
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	0,05
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	0,97
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	1,03
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	-0,03

Figura 9.19 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.20 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario di interventi non risulta conveniente per nessuno dei due operatori.

## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Dalle analisi e dai sopralluoghi effettuati presso la Scuola “Pezzani” è risultato che l’edificio, presenta livelli buoni di performance energetica, la riqualificazione della centrale termica ha infatti permesso di contenere i consumi di combustibile.

La situazione è invece differente per quanto riguarda gli indici di performance relativi al consumo di energia elettrica, che sono risultati essere insufficienti.

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

Gli interventi di efficientamento previsti per la struttura interessano l’involucro, l’impianto di illuminazione e l’impianto di climatizzazione, in particolare per quanto riguarda il sottosistema di regolazione.

Tuttavia nessuno degli scenari di intervento proposti, consente un rientro degli interventi in tempi conformi alle richieste della committenza.

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

La scuola è risultata essere, dal punto di vista impiantistico, in un buono stato manutentivo con componenti caratterizzati da buoni rendimenti.

Per quanto concerne l’involucro gli standard prestazionali sono decisamente inferiori, vista la totale assenza di isolamento delle superfici verticali e orizzontali. Inoltre la maggior parte dei serramenti presenti è del tipo a vetro singolo e telaio in alluminio.

Tutti questi fattori fanno sì che l’edificio sia particolarmente disperdente e che un ulteriore efficientamento del fabbricato non può prescindere dalla sostituzione di questi elementi; questa tipologia di intervento richiede tuttavia elevati importi, spesso non conciliabili con i tempi di ritorno attesi dalla Committenza.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
Planimetrie Involucro	TAVOLA DI INQUADRAMENTO	26/11/2017	E00855.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO PRIMO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SOTTO STRADA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN1SS.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO SECONDO EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO COPERTURA EDIFICIO SCOLASTICO/SOCIALE	26/11/2017	PIANC.dwg
Planimetrie Involucro	TAVOLA PIANO TERRA EDIFICIO SCOLASTICO / SOCIALE	26/11/2017	PIANT.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – CENTRALE TERMICA	26/11/2017	061-S01-005-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 00	26/11/2017	L1-042-061-P00.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 01	26/11/2017	L1-042-061-P01.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO 02	26/11/2017	L1-042-061-P02.dwg
Planimetrie Termici	CENSIMENTO – PIANO SOTTO STRADA	26/11/2017	L1-042-061-S01.dwg
Checklist Termici	L1-042-061-P00-Checklist	26/11/2017	L1-042-061-P00-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-061-P01-Checklist	26/11/2017	L1-042-061-P01-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-061-P02-Checklist	26/11/2017	L1-042-061-P02-Checklist.xlsx
Checklist Termici	L1-042-061-S01-Checklist	26/11/2017	L1-042-061-S01-Checklist.xlsx
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-10-13 al 31-05-14	08/11/2017	5700214975
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-01-14 al 31-01-14	08/11/2017	5700065495
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-02-14 al 28-02-14	08/11/2017	5700098218
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-03-14 al 31-03-14	08/11/2017	5700134957
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-04-14 al 30-04-14	08/11/2017	5700176145
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-06-14 al 30-06-14	08/11/2017	5700248944
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-07-14 al 30-09-14	08/11/2017	5700345541
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-08-14 al 31-08-14	08/11/2017	5700291206
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-09-14 al 30-11-14	08/11/2017	5700411327
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-10-14 al 31-10-14	08/11/2017	5700373449
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700493139
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-01-15 al 31-01-15	08/11/2017	5700544142
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-02-15 al 28-02-15	08/11/2017	5750081967
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-04-15 al 30-04-15	08/11/2017	E000140844
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-05-15 al 31-05-15	08/11/2017	E000175672
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-06-15 al 30-06-15	08/11/2017	E000234065
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-07-15 al 31-07-15	08/11/2017	E000281520
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-08-15 al 31-08-15	08/11/2017	E000337522
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-09-15 al 30-09-15	08/11/2017	E000386676
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-10-15 al 30-10-15	08/11/2017	E000432863
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-11-15 al 30-11-15	08/11/2017	E000483582
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-12-15 al 31-01-16	08/11/2017	E000150590
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-12-15 al 31-01-16	08/11/2017	E000150590
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-03-16 al 31-03-16	08/11/2017	E000334604
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-04-16 al 30-04-16	08/11/2017	011640025275
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-04-16 al 30-09-16	08/11/2017	011640087941
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-05-16 al 31-05-16	08/11/2017	011640025275
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-06-16 al 30-06-16	08/11/2017	011640048519
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-07-16 al 31-07-16	08/11/2017	011640060830
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-08-16 al 31-08-16	08/11/2017	011640074903
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-08-16 al 30-11-16	08/11/2017	011640126636
Bollette EE	POD:IT001E00096331 Fattura dal 01-10-16 al 31-10-16	08/11/2017	011640100078

**ALLEGATO B – ELABORATI**

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Fotografie da sopralluogo	Fotografie da sopralluogo	06/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0855_Foto da 1 a 16
Contatori	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con posizione impianti e contatori	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0855_Contatori
Zone termiche	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0855_ZoneTermiche
Impianto Elettrico	Diagramma a blocchi impianto elettrico conforme allo stato di fatto	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0855_Impianto Elettrico
Impianto termico	Diagramma a blocchi impianto termico conforme allo stato di fatto	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0855_ImpiantoTermico
Calcolo Elettrico	Dettaglio di calcolo del modello elettrico	07/2018	ALLEGATO B_Lotto.6 – E0855_CalcoloElettrico

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	06/2018	ALLEGATO C_Lotto.6 – E0855

## ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	06/2018	ALLEGATO D_Lotto.6 – E0855

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	06/2018	ALLEGATO E_Lotto.6 – E0855

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	06/2018	ALLEGATO F_Lotto.6 – E0855

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica	06/2018	ALLEGATO G_Lotto.6 – E0855

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenari	06/2018	ALLEGATO H_Lotto.6 – E0855

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	06/2018	GG_Lotto6-E0855

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	06/2018	Lotto.6-E0855_Schede-Audit

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	06/2018	ALLEGATO K_Lotto.6 – E0855

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario scenari	06/2018	Lotto.6-E0855_analisi-PEF

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark	06/2018	ALLEGATO M_Lotto.6 – E0855



## **ALLEGATO N – CD-ROM**

*[Allegare CD-ROM o altro supporto di archiviazione digitale contenente tutta la documentazione relativa al Rapporto di Diagnosi Energetica e suoi allegati, in formato WORD, EXCEL e PDF con firma digitale certificata per gli elaborati documentali e formato DWG compatibile con i più diffusi software CAD per gli elaborati grafici.]*

