

# SCUOLA MATERNA "MARIA BONDI"

E1864

Passo Costanzi 12 – Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

**N:ER**  
INGEGNERIA

**SCUOLA MATERNA “MARIA BONDI”  
E1864  
Passo Costanzi 12 – Genova**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3  
Agosto/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)

NIER INGEGNERIA S.p.A.  
Via Clodoveo Bonazzi 2  
40013 – Castel Maggiore – Bologna  
051/0391000

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	10/07/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini Ing. Antonio Aprea	Ing. Fabio Coccia	Prima pubblicazione
B	03/08/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini Ing. Antonio Aprea	Ing. Fabio Coccia	Prima revisione

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>TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL'EDIFICIO .....</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.....	1
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>6</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	6
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.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	24
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>25</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	28
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	31
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>35</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	35
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	36
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	37
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	37
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>41</b>



7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	41
7.1.1	<i>Vettore termico</i> .....	41
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i> .....	44
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	48
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	48
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	49
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>51</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	51
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	51
	<b>EEM1: SOSTITUZIONE INFISSI (E INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE) .....</b>	<b>51</b>
	<b>EEM2: CAPPOTTO INTERNO PIANO TERZO E PARETI SOTTOFINESTRA .....</b>	<b>53</b>
	8.1.2 <i>Impianto riscaldamento e ACS</i> .....	54
	<b>EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI PER LA SCUOLA .....</b>	<b>54</b>
	<b>EEM4: INSTALLAZIONE CALDAIA A CONDENSAZIONE CON PRODUZIONE COMBINATA DI ACS .....</b>	<b>56</b>
	8.1.3 <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	59
	<b>EEM5: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED .....</b>	<b>59</b>
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>62</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	62
	<b>EEM1: SOSTITUZIONE INFISSI ESISTENTI .....</b>	<b>62</b>
	<b>EEM2: ISOLAMENTO PARETI CON CAPPOTTO INTERNO .....</b>	<b>63</b>
	<b>EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE .....</b>	<b>64</b>
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE IMPIANTO DI GENERAZIONE RISCALDAMENTO E ACS .....</b>	<b>65</b>
	<b>EEM5: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED .....</b>	<b>68</b>
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	69
	<b>EEM1: SOSTITUZIONE INFISSI.....</b>	<b>70</b>
	<b>EEM2: ISOLAMENTO PARETI CON CAPPOTTO INTERNO .....</b>	<b>71</b>
	<b>EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI .....</b>	<b>72</b>
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE GENERATORI DI CALORE .....</b>	<b>73</b>
	<b>EEM5: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED .....</b>	<b>74</b>
	<b>SINTESI .....</b>	<b>75</b>
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	76
9.3.1	<i>Scenario 1: TRS &lt; 15 ANNI</i> .....	79
9.3.2	<i>Scenario 2: TRS &lt; 25 ANNI</i> .....	85
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>91</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	91
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	93
10.3	RACCOMANDAZIONI .....	94
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	97
	<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		1993
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso (da DPR 412/93)		E.7 (Scuole)
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	565
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	485
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	1.908
Rapporto S/V	[1/m]	0,25
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	604
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	178
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	782
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	56
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas naturale risc.
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Caldaia tradizionale a basamento dedicata
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	27
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	43.339
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	3.698
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	17.290
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	3.535

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione serramenti
- EEM 2: Cappotto interno pareti perimetrali
- EEM 3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 4: Sostituzione generatore di calore
- EEM 5: Sostituzione lampade con apparecchi LED
- SCN 1: Sostituzione generatori di calore, installazione di valvole termostatiche sui radiatori e pompa inverter, Illuminazione con apparecchi LED
- SCN 2: Coibentazione interna pareti, Sostituzione generatori di calore, installazione di valvole termostatiche sui radiatori e pompa inverter, e sostituzione delle lampade esistenti con apparecchi a LED.

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: Infissi	36,8%	27,2%	1936	0	0	75383	19,0	32,9	30	-6846	2,8%	-0,09	n/a	n/a
EEM 2: Cappotto	9,1%	6,7%	479	0	0	12960	13,8	22,9	30	1196	5,1%	0,09	n/a	n/a
EEM 3: Valvole termostatiche	14,5%	10,8%	767	0	0	4766	3,9	4,6	15	4798	19,4%	1,01	n/a	n/a
EEM 4: Caldaia	18,8%	14,1%	1003	247	27	15738	6,8	8,9	15	3915	8,7%	0,25	n/a	n/a
EEM 5: Corpi illuminanti	6,4%	10,8%	795	0	0	8494	5,8	7,7	15	3175	10,7%	0,37	n/a	n/a
SCN 1 (TRS<15 ANNI)	25,3%	24,9%	1799	247	27	24232	8,5	17,4	15	-675	0,5%	-2,79	1,045	0,87
SCN 2 (TRS<25 ANNI)	30,7%	28,9%	2084	247	27	37193	8,8	22,2	25	58	9,2%	0,15	1,029	1,057

\*I dati economico-finanziari degli scenari sono riferiti ad un contratto EPC tramite ESCO

Figura 0.1– Scenario 1: analisi finanziaria

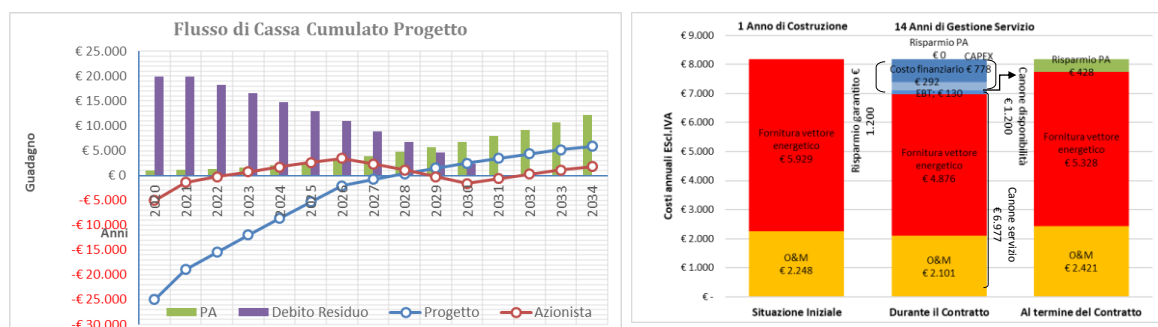
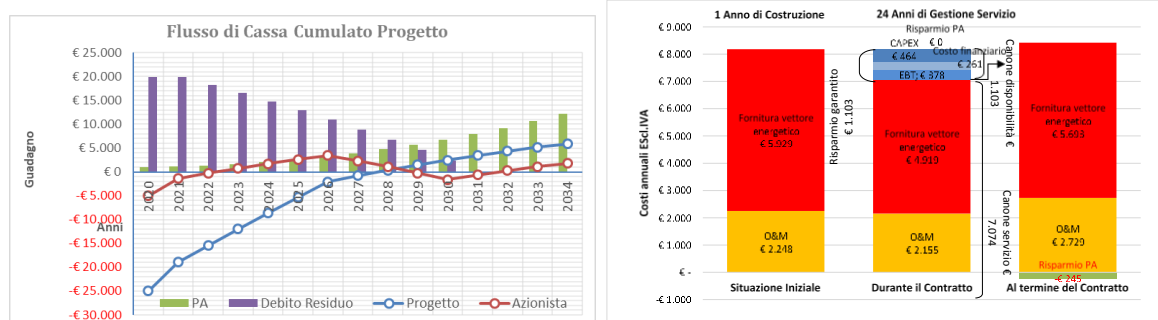


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



L'edificio oggetto di diagnosi risale agli anni '90, e non ha subito sostanziali modifiche nel corso degli anni. Dai risultati della modellazione energetica risulta che l'edificio è classificato in classe E secondo la modalità di calcolo standard.

Nella presente Diagnosi sono stati proposti gli interventi di efficientamento che meglio possono rispondere alle esigenze di riduzione delle emissioni di CO2 e allo stesso tempo, risultino sostenibili dal punto di vista economico-finanziario e perseguibili dal punto di vista dei vincoli urbanistici presenti sull'edificio.





Le tabelle precedenti riassumono, per ciascun intervento proposto, gli obiettivi raggiungibili sia in termini di energia che di ritorno dell'investimento. I singoli interventi con un migliore rapporto costi-benefici sono quelli impiantistici, riguardanti sia l'impianto termico che elettrico.

In ottica di una riqualificazione importante dal punto di vista della riduzione dei consumi, bisognerebbe operare integrando più interventi energetici tra loro. In questa prospettiva, entrambi gli scenari proposti risultano convenienti anche sul piano economico-finanziario. Entrambi gli scenari non consentono un aumento di due classi energetiche dell'edificio, richiesto dal Fondo Kyoto per l'accesso ai finanziamenti, in quanto l'edificio di riferimento per norma utilizza le stesse potenze dell'impianto di illuminazione dello stato di fatto, ridistribuendo così le classi energetiche secondo i nuovi Ep. Nonostante ciò, in valore assoluto, l'indice di prestazione globale non rinnovabile (E<sub>pgl,nren</sub>) registra miglioramenti significativi per i due scenari considerati.

## 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.

### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società Nier Ingegneria SpA, il cui responsabile per il processo di audit è l'Ing. Fabio Coccia, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Particolare della facciata principale esposta a Ovest



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Sarah Nicolini		Sopralluogo in sito
Ing. Fabio Coccia		Sopralluogo in sito
Ing. Mara Pignataro		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Mara Pignataro		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Mara Pignataro		Redazione report di diagnosi
Ing. Sarah Nicolini	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Antonio Aprea	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Coccia	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

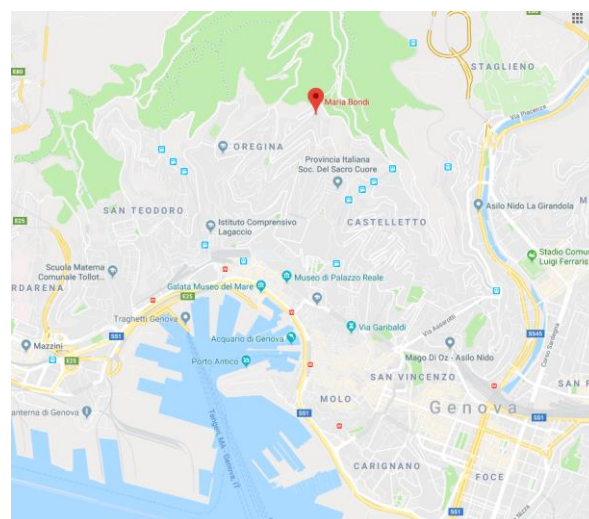
## 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU Sezione GEC F. 3 Mapp. 534 Sub. 4 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Oregina, sulla collina sovrastante il centro storico della città, con entrata da Passo Costanzi 12.

L'asilo oggetto di diagnosi è composto da un'unità immobiliare all'interno di un edificio a blocco pluripiano di proprietà del Comune di Genova e suddiviso in diverse destinazioni d'uso come un ostello ai piani superiori e una palestra ai piani inferiori non oggetto di analisi.

Dal punto di vista catastale l'edificio è classificato in categoria B/5 - Scuole e laboratori scientifici, coerente quindi con la reale destinazione d'uso scolastica.

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		1993
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 (Scuole)
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	565
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	485
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	1908
Rapporto S/V	[1/m]	0,25
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	588
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	604

Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	178
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	782
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale a basamento
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	56
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas naturale risc.
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Caldaia tradizionale a basamento dedicata
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	27
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	43.339
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	3.698
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	17.290
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	3.535

Nota (1): Valori di Baseline

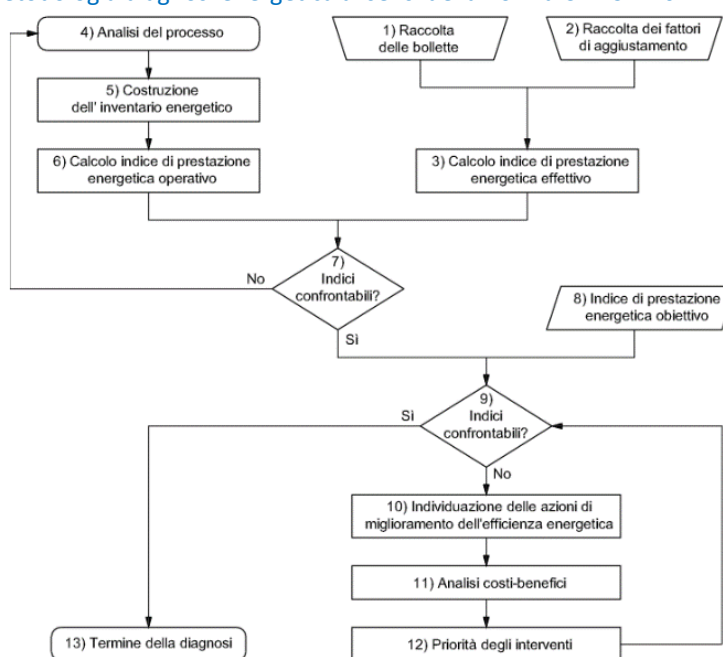
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- 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 05/12/2017 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, Assisat, 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 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 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 Castellaccio di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>rif</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%;

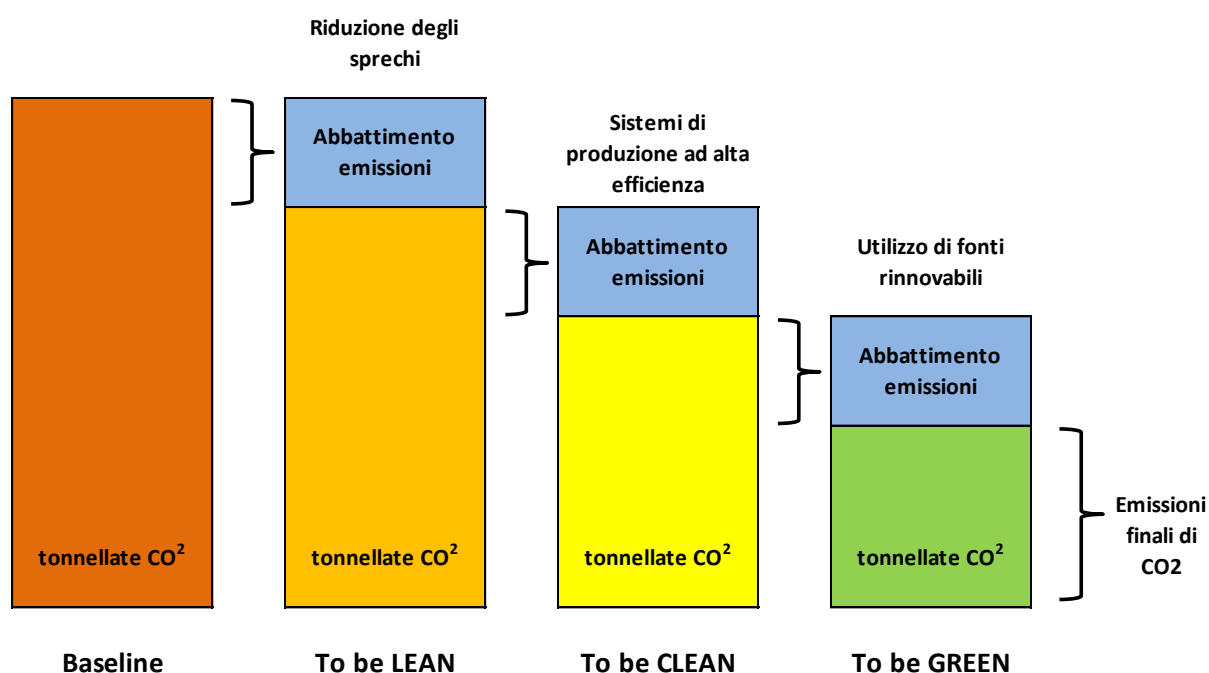
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione 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.

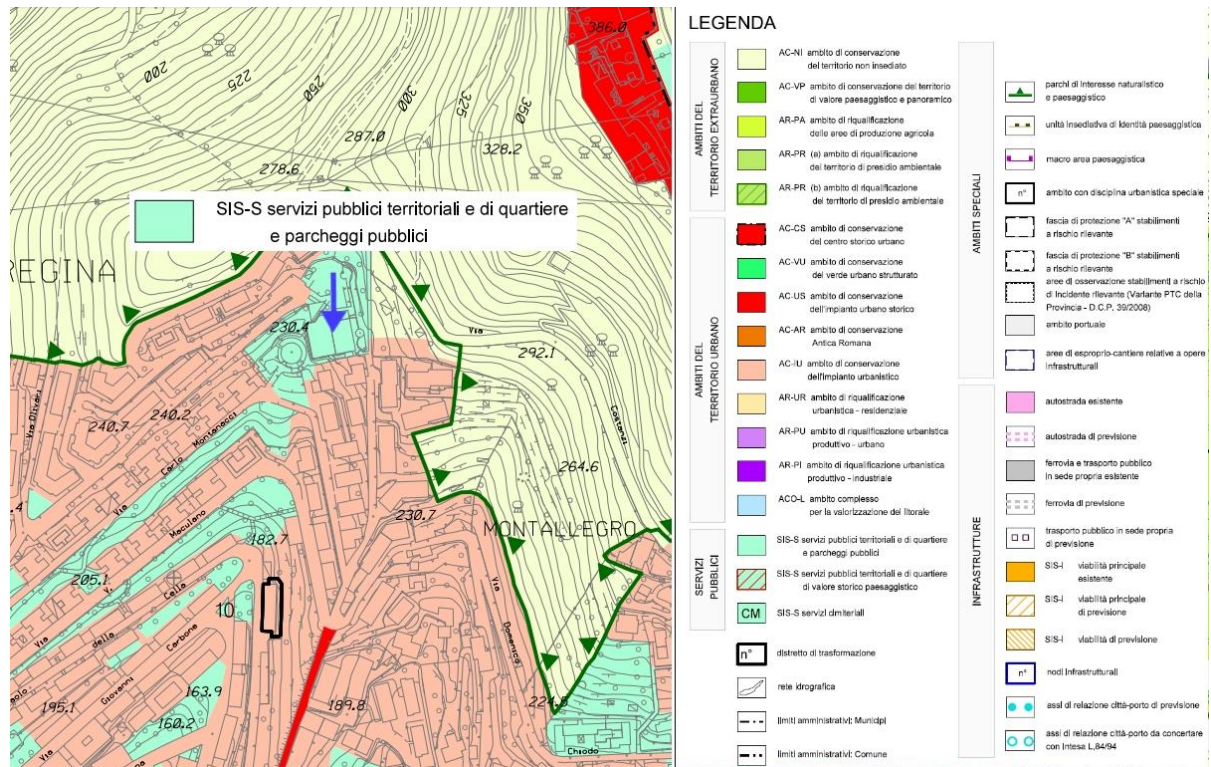
## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE come *SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici*, ed è inserito in una zona il cui ambito previgente è *AC-IU ambito di conservazione dell'impianto urbanistico*



Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'unità immobiliare che ospita la Scuola Materna “Maria Bondi” fa parte di un complesso edilizio realizzato intorno al 1993 e costituito da differenti destinazioni d'uso, tra cui uffici, ostello, palestra e ampio terrazzo etc.

Ai sensi del DPR 412/93, l'unità immobiliare oggetto della presente diagnosi, ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche di ogni genere e grado. La destinazione d'uso effettiva coincide con quella catastale.

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

La struttura è in parte semi interrata ma l'UI occupata dalla scuola materna occupa parte del piano terra e piano primo dell'edificio.

L'unità immobiliare si sviluppa su due piani e confina con altre unità immobiliari riscaldate. La struttura portante è realizzata a telaio in cemento armato e tamponamenti in muratura. All'ingresso si accede da un ampio terrazzo calpestabile esposto a ovest, di cui una parte è a uso esclusivo della scuola. L'asilo nido che occupa l'immobile è gestito dalla Segreteria Scuole Comunali Municipio Centro Est Ex Circoscrizione:Oregina - Lagaccio.

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

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

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





Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Terra	Ingresso, aule cucina, refettorio, servizi, CT	[m <sup>2</sup> ]	178	160	-
Primo	Aule e servizi	[m <sup>2</sup> ]	410	405	-
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>588</b>	<b>565</b>	<b>-</b>

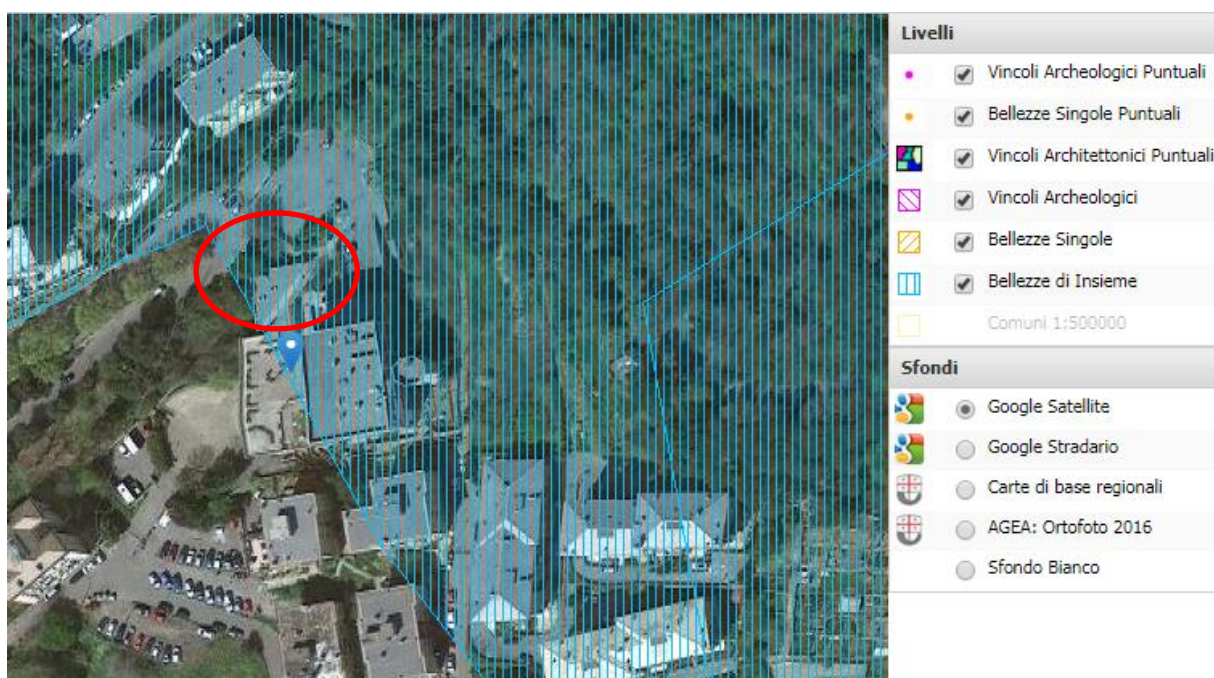
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

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

L'edificio è situato all'interno del quartiere Oregina situato sulla collina soprastante la stazione di Genova Piazza Principe. Il quartiere, abitato sin dal XVI secolo, si è sviluppato in particolare a partire dalla fine del XIX secolo, mentre la parte a ponente che confina col Lagaccio è di epoca successiva. Amministrativamente fa parte del Municipio I Centro Est.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sugli strumenti urbanistici comunali e sul portale dei Vincoli Architettonici, Archeologici e Paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l'edificio è soggetto a Vincolo Paesaggistico con apposito Decreto Ministeriale del 13/2/68 ai sensi della Legge n.1497/1939 in quanto *zona alta della città di Genova comprendente i forti di Castellaccio Sperone e Begato che costituisce una cornice naturale con vedute panoramiche su altre località della riviera di ponente e levante*.

L'immobile rimane pertanto sottoposto a tutte le disposizioni di tutela contenute nel Codice dei Beni Culturali di cui all'art. 136 lett.d) e gli interventi edilizi sulle facciate esterne sono ammissibili previa autorizzazione della Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici della Liguria.

L'edificio ricade all'interno di una zona soggetta a vincolo idrogeologico.

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA (4)	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Sostituzione infissi	Vincolo paesaggistico		Mantenimento delle forature esistenti e richiesta autorizzazione paesaggistica
EEM 2: Cappotto interno pareti perimetrali			
EEM 3: Termoregolazione			
EEM 4: Centrale termica	-		-
EEM 5: LED			

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

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

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

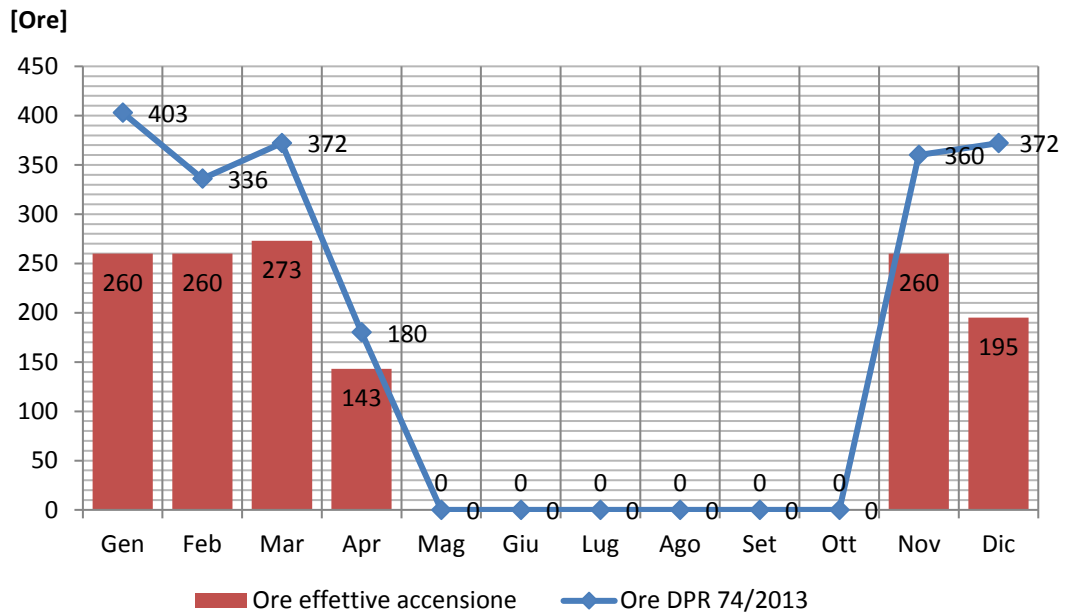
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento dell’impianto di riscaldamento sono stati ricavati dal sistema di telecontrollo in centrale termica.

Nella Tabella 2.3 sono riassunti gli orari di funzionamento della scuola 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 RISCALDAMENTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	07:30 – 17:30	06.00 – 19.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	dal lunedì al venerdì	07:30 – 17:30	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 vanno un po’ oltre gli orari di apertura della scuola, probabilmente per la presenza del personale delle pulizie. L’accensione dell’impianto anticipato rispetto all’inizio delle lezioni serve a portare in temperatura di 20°C gli ambienti interni nel momento di utilizzo da parte degli utenti. Pertanto gli orari sembrano in generale coerenti con l’effettivo soddisfacimento dei fabbisogni di confort interno dell’edificio, tuttavia risultano accessi per un’ora in più rispetto a quanto previsto dalla normativa.

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 O&M>35kW, che prevede la sola manutenzione degli impianti con società esterna a canone annuo prestabilito, mentre le utenze sono a diretto carico del Comune.

### 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 909 GG calcolati su 107 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	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	21%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	54	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	17%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>218</b>	<b>107</b>	<b>906</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.

Dall’analisi delle stazioni meteo presenti sul territorio comunale, reperite sul sito Ambiente della Regione Liguria, è risultato che le stazioni che riportano con maggiore completezza i dati medi di temperatura sono:

- *Castellaccio*, posta ad un’altitudine di 360 m s.l.m.
- *Centro Funzionale*, posta a 30 m slm.

Nell’edificio oggetto di diagnosi i dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica di Castellaccio (stazione RIGHI), nel bacino del Bisagno, posta ad un’altitudine di 360 m s.l.m.. Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto l’edificio oggetto di diagnosi si trova ad un’altitudine pari a 251 m s.l.m., per cui le condizioni climatiche possono essere più verosimili rispetto alla centralina posta a circa 30 m sul livello del mare.

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

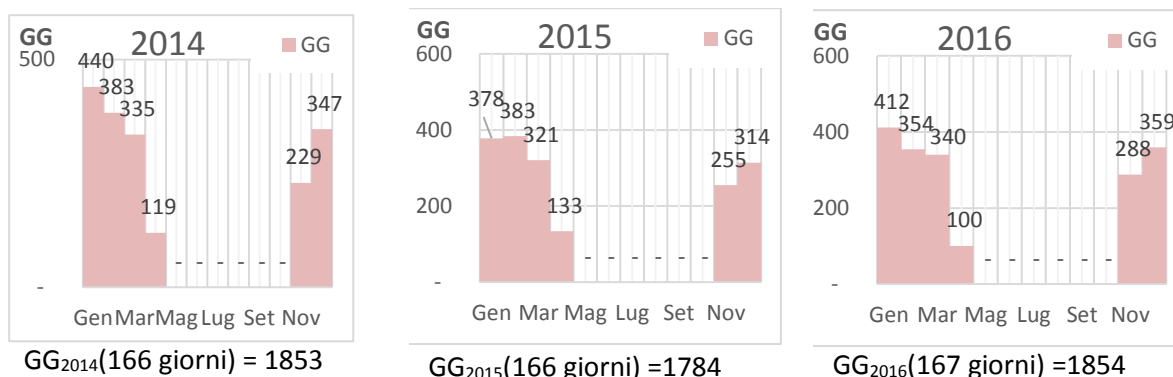


### 3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

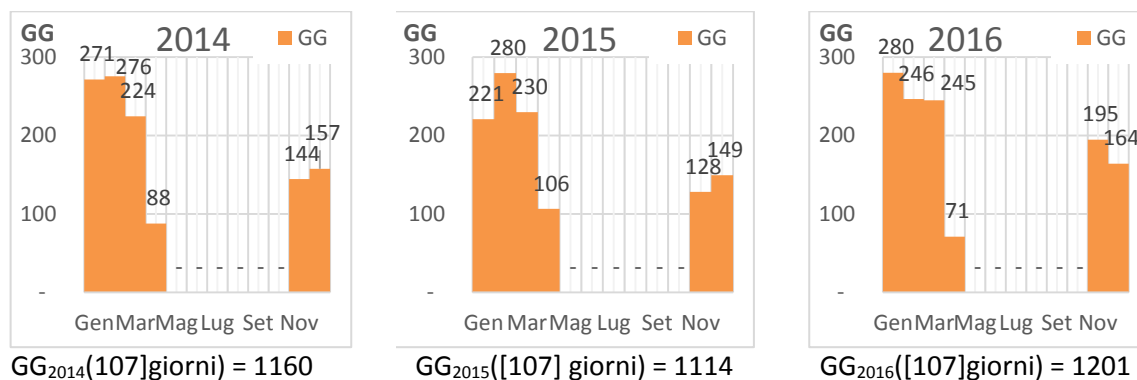


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 906 GG calcolati su 107 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG<sub>reali</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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 non è costante e subisce variazioni nel periodo considerato e si attesta molto al di sotto dei GG sia di norma che del funzionamento a 166 giorni.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio fa parte di un'unica struttura edilizia realizzata in cemento armato negli anni '90.

Le pareti perimetrali sono costituite da elementi in muratura non portante, presumibilmente a cassa vuota, secondo le modalità costruttive del periodo, intonacata sui due lati di spessore prevalente pari a 32 cm, a tamponamento della struttura a travi e pilastri in c.a.

L'UI si sviluppa sul lato sud dell'edificio, su due piani fuori terra, con esposizione delle pareti disperdenti a ovest-sud-est.

La facciata principale è esposta a ovest ed è interessata da un porticato antistante al piano terra. Il solaio del portico costituisce il pavimento del piano primo, quindi disperdente per la quota parte afferente al portico. Anche la facciata sud presenta un aggetto di circa 2 metri del piano primo, cos' da formare un'altra zona porticata a sud. Le ombre portate sono state adeguatamente valutate nel modello energetico.

Figura 4.1 - Particolare della facciata retrostante lato sud-est



Il solaio del piano primo è realizzato in laterocemento e intonacato all'intradosso del portico. L'edificio è di colore bianco.

Il pavimento del piano terra confina con un ambiente riscaldato in quanto i locali del piano S1 sono attualmente occupati da una palestra. Anche le pareti interne a nord confinano con l'ostello, che al momento del sopralluogo risultava chiuso per ristrutturazione, ma era comunque aperto nel triennio considerato per la valutazione dei consumi.

Figura 4.2 - Particolare del portico esposto a sud



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:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40
- Indagine visiva delle strutture

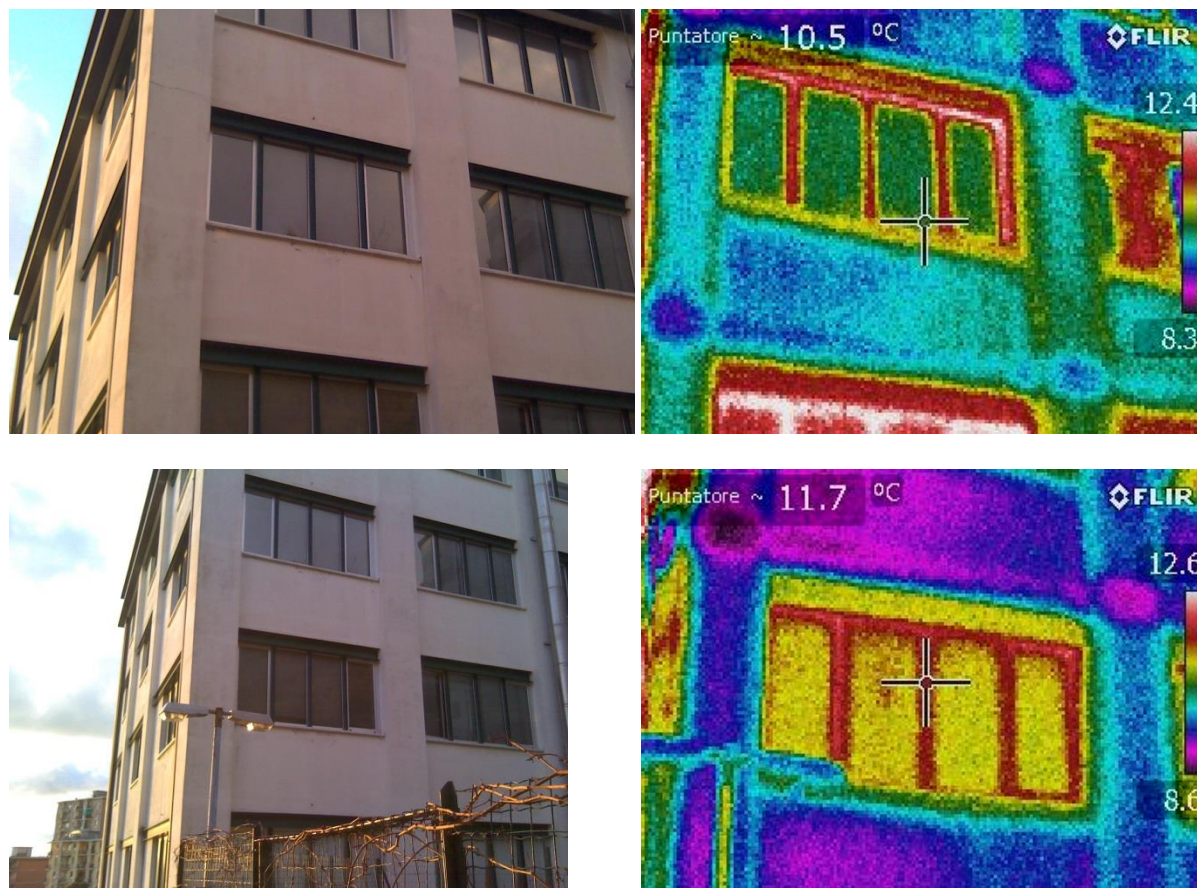
La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- La facciata opaca presenta i caratteristici ponti termici di una struttura a telaio non isolata, con differenti temperature superficiali tra i pilastri e le murature di tamponamento



- Il nodo tra pilastro e trave di piano è più freddo rispetto al resto del pilastro probabilmente per la diversa quantità del materiale costituente
- L’architrave in acciaio del serramento ha un’alta dispersione termica rispetto al resto della parete

Figura 4.3 – Rilievo termografico delle pareti esterne lato est.



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

Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell’involucro opaco riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [mm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA	STATO DI
				TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]	CONSERVAZIONE
Parete perimetrale	M1	320	Assente	0,94	Sufficiente
Parete interna verso NR	M2	120	Assente	1,8	Sufficiente
Solaio su portico	P1	310	Assente	1,44	Sufficiente

L’elenco completo dei componenti dell’involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche sono riportati nella Sezione 4.1 dell’ Allegato J – Schede di audit e nell’Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.



#### 4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti di tipologia prevalentemente omogenea, realizzati in alluminio privo di taglio termico, con vetrocamera 4-6-4 e vetro normale al piano terra e 4-12-4 al piano primo. Le porte finestre a vetri sono costituite da vetro singolo di spessore 19 mm. La nicchia sottofinestra ha una rientranza di soli 5 cm. Tutte le finestre hanno un sopralucente in alluminio in corrispondenza dell'architrave in acciaio.

Lo stato di conservazione dei serramenti è scarso dal punto di vista sia energetico che manutentivo, e molto probabilmente risalgono all'anno di realizzazione dell'edificio.

La posizione degli infissi è in mezzzeria alle pareti perimetrali, provocando un ponte termico tra parete e telaio.

Non sono presenti componenti oscuranti esterni, ma alcuni infissi sono dotati di tende interne di colore bianco.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



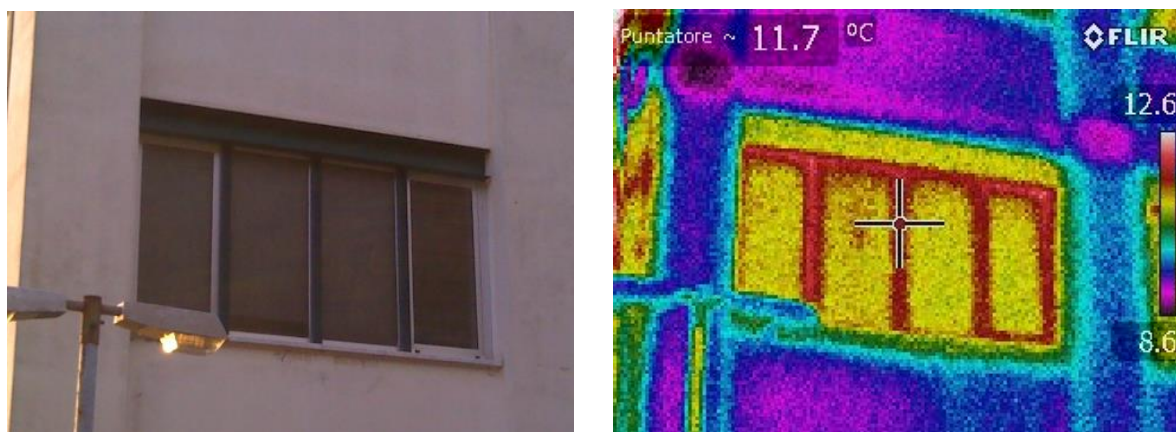
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico degli infissi dall'esterno, eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40
- Rilevamento degli spessori compositivi della vetrocamera di tutte le tipologie di infissi ottenuta tramite uso di spessivetro
- Rilievo geometrico dei serramenti
- Valutazione visiva dei componenti

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- I telai dei serramenti hanno dispersioni molto maggiori rispetto alla parete opaca
- Presenza di ponte termico tra parete e serramento
- L'architrave ha una dispersione di calore pari a quella degli infissi.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti sul lato est



Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI		TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		L [cm]	H [cm]				
F1 150x160	W1	150	160	Alluminio	Vetrocamera 4-6-4	4,729	Mediocre
F2 245x160	W2	245	160	Alluminio	Vetrocamera 4-6-4	4,648	Mediocre
F3 70x70	W3	70	70	Alluminio	Vetrocamera 4-6-4	4,063	Mediocre
F4 315x160	W4	315	160	Alluminio	Vetrocamera 4-6-4	4,779	Mediocre
PF1	W5	160	280	Alluminio	Vetro singolo	5,119	Mediocre
F5 80x160	W6	80	160	Alluminio	Vetrocamera 4-6-4	5,063	Mediocre
PF2 verso NR	W7	160	290	Alluminio	Vetro singolo	4,607	Mediocre
F6 310x185	W8	310	185	Alluminio	Vetrocamera 4-6-4	4,422	Mediocre
F6 247x185	W9	247	185	Alluminio	Vetrocamera 4-6-4	4,389	Mediocre
PF3 155x300 P1	W10	155	300	Alluminio	Vetrocamera 4-12-4	3,991	Mediocre
F8 80x185 P1	W11	80	185	Alluminio	Vetrocamera 4-12-4	4,023	Mediocre

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 e nell'Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

## 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

Il riscaldamento degli ambienti è servito da un impianto termico centralizzato per l'intera unità immobiliare oggetto di diagnosi. L'impianto è costituito da un impianto ad acqua alimentato da una caldaia tradizionale funzionante a gas naturale.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa

Al momento del sopralluogo i terminali di emissione risultavano funzionanti.

I radiatori in genere sono installati in una piccola nicchia sottofinestra. Sono privi di valvola termostatica ed alcuni in pessimo stato di conservazione.

Figura 4.6 - Particolare dei terminali di emissione



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
Tutte	Radiatori in metallo	92%

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 MEDIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Radiatori a parete	9	1,3	12,4	-	-
Primo	Radiatori a parete	14	1,0	14,2	-	-
<b>TOTALE</b>		<b>30</b>		<b>26,6</b>	-	-

Fonte: check-list impianto termico fornito dalla committenza. Non è stato possibile risalire al delta di temperatura di rilevamento

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 dell’impianto della scuola avviene con impostazione della curva climatica per mezzo di una sonda di temperatura esterna e collegato alla telegestione e controllo da remoto.

Non sono stati rilevati termostati di zona all’interno dell’edificio ed i radiatori sono privi di valvole termostatiche.

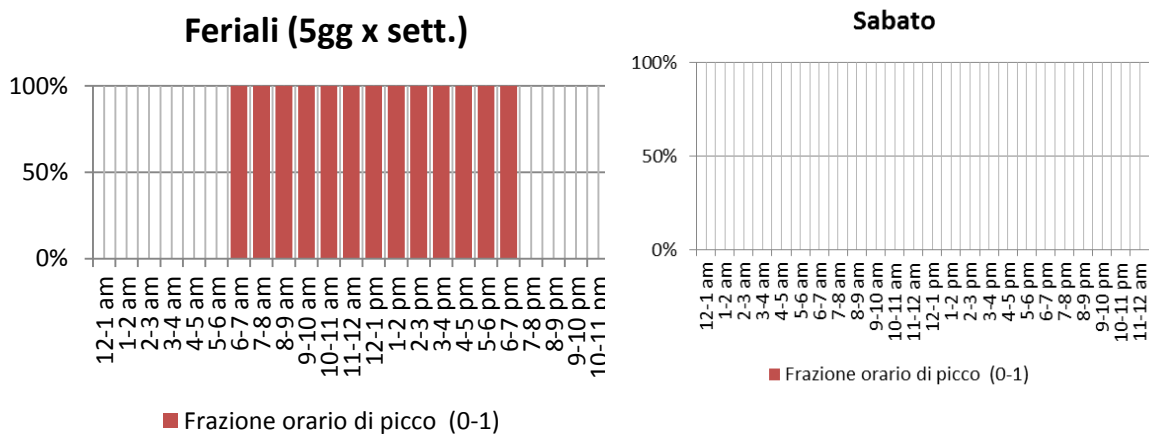
Il sistema di telecontrollo e telegestione è della marca Climatel 740U2 installato nel 2014.

Figura 4.7 – Sistema di gestione e telecontrollo in CT



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento dell’impianto di riscaldamento.

Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per la scuola



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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Intero edificio	Climatica	76%

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

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da un unico circuito diretto tra il generatore di calore e i terminali di emissione.

- 1) E' presente una pompa di circolazione a giri fissi sulla tubazione di mandata e una valvola by-pass tra mandata e ritorno. Il circuito è a vaso chiuso e secondo lo schema elettrico la distribuzione è ad anello e costituita da tre valvole di zona, una al piano terra e due al piano primo.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuiti di distribuzione

ZONA TERMICA	NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(5)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVLENZA <sup>(5)</sup> [mca]	POTENZA ASSORBITA <sup>(5)</sup> [kW]
Scuola	Circuito unico	ES01 mandata acqua calda ai radiatori	5,1	5,2	0,245
TOTALE			5,1		0,245

Nota (5): Valori nominali ricavati da scheda tecnica

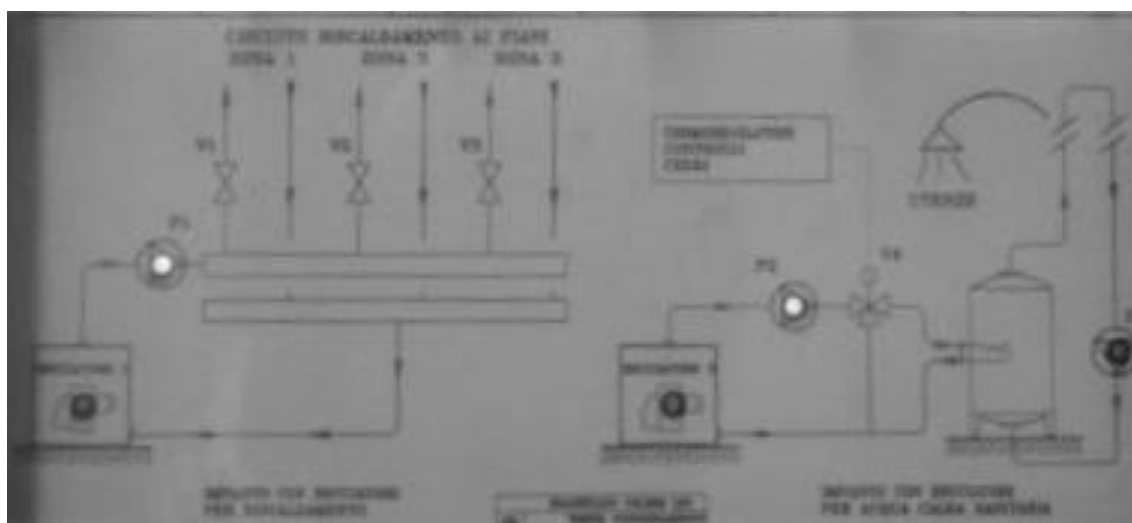
Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA <sup>(6)</sup> °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Mandata	Caldo	80	80
Ritorno	Freddo	60	60

Nota (6): Valori ricavati da curva climatica

Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto della scuola (Fonte: schema riportato sul sistema di gestione in centrale termica)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione per la scuola è stato assunto nella DE pari al 95% come da modello termico redatto con software certificato Edilclima e calcolato secondo le UNI TS 11300.

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 che alimenta il riscaldamento dell'intera unità immobiliare, è costituito attualmente da un generatore di tipo tradizionale a basamento e alimentato a gas metano, installato nel 2002 in centrale termica.

Figura 4.10 - Particolare della caldaia



Le caratteristiche del sistema di generazione sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

ZONA TERMICA	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE <sup>(7)</sup> [kW]	POTENZA TERMICA UTILE <sup>(7)</sup> [kW]	RENDIMENTO <sup>(8)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA <sup>(9)</sup> [kW]
Unica	Riscaldamento	RIELLO	TREGI 7	2002	62	56,2	93%	0,180

Nota (7) Valori ricavati da dati di targa - Nota (8) Valori ricavati da libretto d'impianto - Nota (9) Valori ricavati da scheda tecnica

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 92,1% come da modello energetico redatto con software certificato Edilclima e calcolato secondo le UNI TS 11300. Il rendimento ottenuto è confrontabile con quello estratto dalla prova fumi con data 18/01/2017 e pari al 93% poiché esso contiene anche le perdite al mantello del generatore.

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 dovuto agli usi della cucina interna alla scuola e dei bagni.

La produzione è eseguita tramite:

Un circuito primario costituito da:

- una caldaia tradizionale a basamento dedicata alla sola produzione di ACS, alimentata a gas metano collocata in centrale termica e risalente al 2002 della marca RIELLO TREGI 6 con potenza al focolare di 53,10 kW;
- una pompa di circolazione a giri variabili della marca GRUNDFOS UPS2 32-80 180 installata nel 2014;
- una valvola miscelatrice a tre vie tra mandata e ritorno.

Un circuito secondario costituito da:

- un accumulo con scambiatore di calore della marca STB del 2002;
- un ricircolo con pompa GRUNDFOS UP 25-15 a giri fissi di potenza elettrica pari a 65 W, installata nel 2002.

Figura 4.11 - Particolare caldaia produzione ACS



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

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

(10)	SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
Caldaia tradizionale	100%	92,6%	100%	93,1%	84,6%	65,8%

Nota (10) Tutti i valori sono ricavati dal modello energetico

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 VENTILAZIONE MECCANICA

La ventilazione meccanica è presente nel locale cucina ed è costituita da un impianto di immissione ed estrazione a cui sono collegate la cappa della cucina a gas e della lavastoviglie.

Figura 4.12 - Particolare dell'impianto di ventilazione della cucina



L'elenco dei componenti dell'impianto di ventilazione meccanica controllata rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 8 dell' Allegato J – Schede di audit.

#### 4.5 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 apparecchiature della cucina, montascale (valutato nel modello energetico in quanto trasporto di cose), pc ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
pc	1	150	150	1200
TV-VIDEO	2	200	400	720
stampante	1	500	500	480
lavastoviglie	1	2000	2000	720
frigorifero	1	800	800	8736
lavatrice	1	2000	2000	480
tritacarne	1	500	500	240
altro	10	50	500	720

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:

- Censimento di tutte le apparecchiature elettriche presenti nell'edificio eseguito secondo le seguenti modalità:
  - Rilievo dei dati di targa dove presenti
  - Rilievo delle tipologie di apparecchi e ricerca delle potenze commerciali di apparecchi con caratteristiche simili
  - Intervista al personale sugli effettivi tempi di utilizzo di ciascun apparecchio



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.

#### 4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti tipo neon con essenzialmente due tipi diversi di plafoniere. Le potenze installate sono diverse in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencate:

- Lampade fluorescenti installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, nelle aule e nei bagni;
- Faretto alogeni nella sala teatro;
- Lampade di emergenza.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

Localizzazione	TIPOLOGIA	NUM PLAFONIERE	POTENZA SINGOLA PLAFONIERA W	POTENZA TOTALE - W
CT	T8 Fluorescenti 1x36	3	36	108
P0	T8 Fluorescenti 2x36	10	72	720
P0	T8 Fluorescenti 4x18	6	72	432
P0	T8 Fluorescenti 1x18	8	18	144
P1	T8 Fluorescenti 2x58	21	116	2436
P1	T8 Fluorescenti 2x36	9	72	648
P1	T8 Fluorescenti 1x18	5	18	90
P1	T8 Fluorescenti 1x36	6	36	216
P1	Faretti alogeni	6	150	900

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.

## 5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

#### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura, la produzione di ACS e gli usi cottura attualmente 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	DENSITÀ	PCI	FATTORE DI CONVERSIONE	PCI
	[kWh/kg]	[kWh/Sm <sup>3</sup> ]	[kWh/Nm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ]	[kWh/Sm <sup>3</sup> ]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	9,42

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti dell'intero edificio;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica e dei bagni;
- Usi cottura.

L'effettiva ubicazione del contatore è rappresentata nelle planimetrie riportate all'Allegato B – Elaborati

L'analisi dei consumi storici di gas metano si basa sui m<sup>3</sup> di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
03270034296704	Risc, ACS e usi cottura	7.386	5.494	6.305	69.577	51.756	59.393

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

I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

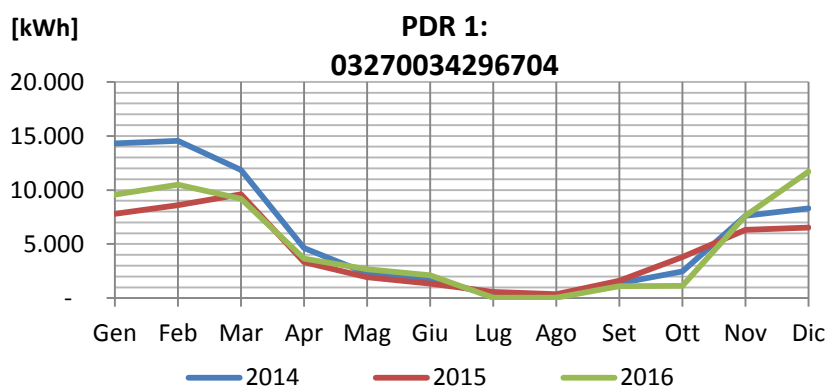
Relativamente al 2014, in assenza di fatturazioni, si è provveduto a ridistribuire mensilmente i consumi annuali comunicati dal distributore in funzione dell’effettivo funzionamento stagionale dell’impianto e dei Gradi Giorno reali.

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

PDR 1: 03270034296704	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	1.519	829	1.016	14.310	7.809	9.571
Feb	1.543	913	1.115	14.536	8.599	10.503
Mar	1.257	1.019	976	11.843	9.600	9.194
Apr	490	353	387	4.617	3.325	3.646
Mag	244	204	283	2.294	1.922	2.666
Giu	183	142	223	1.719	1.338	2.101
Lug	34	62	5	316	584	47
Ago	22	38	5	203	358	47
Set	144	171	117	1.356	1.611	1.102
Ott	261	402	120	2.459	3.787	1.130
Nov	809	671	810	7.619	6.321	7.630
Dic	882	691	1.241	8.305	6.509	11.690
Totale	7.386	5.495	6.298	69.576	51.762	59.327

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo mensile pari a 5 kWh registrato nell’agosto 2016, e un valore di massimo prelievo mensile pari a 1.543 kWh registrato nel febbraio 2014. I consumi annui seguono un andamento regolare nel triennio, con maggiori consumi registrati nel primo trimestre del 2014 e negli ultimi mesi del 2016. Confrontando i consumi con i GGreali mensili emerge che i maggiori consumi sono in linea con le temperature inferiori effettivamente registrate nei mesi corrispondenti.

Considerando che i consumi di combustibile a servizio degli impianti di riscaldamento degli ambienti sono soggetti a variazioni dovute all’andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato il triennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell’anno a cui si riferiscono, con lo

scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

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

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

Dove:

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

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

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

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 il fabbisogno calcolato secondo norma UNI TS 11300 per una scuola materna ed altri contributi dovuti agli usi di cottura della mensa, calcolati come media tra dati di letteratura per tale destinazione d'uso. I dettagli dei calcoli di tali contributi sono riportati nell'Allegato I – Dati climatici reali.

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

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

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

$\bar{Q}_{ACS}$  = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi del PDR nel triennio di riferimento, per la quota parte inerente i soli consumi per la produzione di ACS la cui stima è stata ricavata dal modello energetico e riproporzionata sui consumi reali;

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, in kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato nel calcolo della baseline in quanto i suddetti utilizzi (usi cottura) non concorrono nella valutazione energetica dell'edificio.

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 combustibile forniti dalla società di distribuzione.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REALI</sub> SU [107] GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU [107] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [906] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.160	906	6.027	56.778	48,9	44.352	6.393	-
2015	1.114	906	4.309	40.593	36,5	33.043	4.755	-
2016	1.201	906	5.046	47.530	39,6	35.890	5.457	-
<b>Media</b>	<b>1.158</b>	<b>906</b>	<b>5.127</b>	<b>48.300</b>	<b>41,7</b>	<b>37.804</b>	<b>5.535</b>	-

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

Tabella 5.5 –Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kwh]
$\bar{Q}_{ACS}$	5.535

$\bar{Q}_{ALTRO}$	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	37.804
$Q_{baseline}$	<b>43.339</b>

Come si può notare dai dati riportati, per il calcolo della baseline è stata considerata la media dei consumi termici nei tre anni di riferimento.

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un solo contatore che alimenta oltre alla scuola materna oggetto di diagnosi, anche la palestra esistente al piano inferiore dell’edificio, con la presenza di un quadro elettrico dedicato.

L’energia elettrica all’interno della scuola materna risulta al servizio dei seguenti utilizzi:

- Linea luci e linea prese;
- Apparecchiature cucina;
- Montascale;
- Ausiliari centrale termica;
- Attrezzature varie.

L’effettiva ubicazione del contatore è rappresentata nelle planimetrie riportate all’ Allegato B – Elaborati.

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

L’analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione del POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00098007	Scuola materna + palestra	45.817	50.148	54.958	50.308
<b>TOTALE</b>		45.817	50.148	54.958	EEbaseline [50.308]

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-E1864 e riportati nella seguente tabella:

POD	Anno 2014 Consumi, [kWh]	Anno 2015 Consumi, [kWh]	Anno 2016 Consumi, [kWh]	Consumo Medio, [kWh]
<b>IT001E00098007</b>	48.670	52.564	58.884	53.373

Lo scostamento tra la media dei consumi fatturati nel triennio rispetto ai consumi forniti dalla PA è pari a -6%. Tale differenza potrebbe essere dovuta a qualche conguaglio non contenuto nelle fatture messe a disposizione o un’errata valutazione dei consumi elaborati dalla PA.

Poiché il POD alimenta anche una parte di edificio non oggetto di analisi, per l’individuazione della baseline elettrica di riferimento, si è provveduto ad utilizzare i fabbisogni derivanti dal modello energetico sviluppato col software Edilclima e dal modello elettrico delle attrezzature interne costruito a partire dalle potenze delle apparecchiature, dalla stima del loro utilizzo annuo e dal relativo fattore di carico. Per il dettaglio dei calcoli si veda l’Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 17.290 kWh/anno.

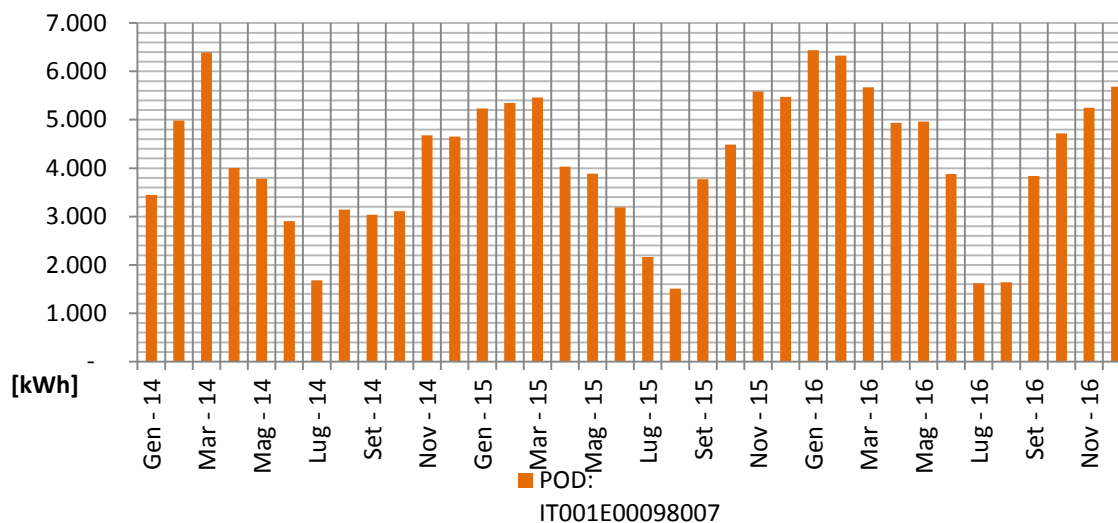
In Tabella 5.7 si riportano i consumi mensili di energia elettrica ricavati tramite l’analisi della fatturazione del POD per il triennio di riferimento.

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

POD: IT001E00098007	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2014</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.121	806	1.520	3.447
Feb - 14	2.348	1.703	934	4.985
Mar - 14	3.275	2.570	551	6.396
Apr - 14	1.665	1.263	1.076	4.004
Mag - 14	1.576	1.339	863	3.778
Giu - 14	1.108	842	952	2.902
Lug - 14	646	441	596	1.683
Ago - 14	1.366	993	782	3.141
Set - 14	1.322	961	757	3.040
Ott - 14	1.336	993	782	3.111
Nov - 14	2.049	1.422	1.206	4.677
Dic - 14	1.937	1.466	1.250	4.653
<b>Totale</b>	<b>19.749</b>	<b>14.799</b>	<b>11.269</b>	<b>45.817</b>
POD: IT001E00098007	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2015</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.206	1.681	1.345	5.232
Feb - 15	2.321	1.734	1.293	5.348
Mar - 15	2.330	1.754	1.376	5.460
Apr - 15	1.718	1.315	999	4.032
Mag - 15	1.674	1.235	974	3.883
Giu - 15	1.486	932	774	3.192
Lug - 15	854	656	657	2.167
Ago - 15	563	360	589	1.512
Set - 15	1.680	1.237	856	3.773
Ott - 15	2.126	1.497	864	4.487
Nov - 15	2.441	1.756	1.390	5.587
Dic - 15	2.229	1.633	1.613	5.475
<b>Totale</b>	<b>21.628</b>	<b>15.790</b>	<b>12.730</b>	<b>50.148</b>
POD: IT001E00098007	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2016</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.534	1.951	1.956	6.441
Feb - 16	2.728	2.036	1.561	6.325
Mar - 16	2.422	1.834	1.413	5.669
Apr - 16	1.916	1.680	1.343	4.939
Mag - 16	2.184	1.561	1.216	4.961
Giu - 16	1.473	1.186	1.218	3.877
Lug - 16	497	473	651	1.621
Ago - 16	545	401	692	1.638
Set - 16	1.743	1.219	874	3.836
Ott - 16	2.213	1.429	1.074	4.716
Nov - 16	2.477	1.585	1.185	5.247
Dic - 16	2.349	1.723	1.616	5.688
<b>Totale</b>	<b>23.081</b>	<b>17.078</b>	<b>14.799</b>	<b>54.958</b>

Si riporta nella Figura 5.2 l’andamento mensile dei consumi durante il triennio considerato.

Figura 5.2 – Andamento dei consumi elettrici reali relativi al POD per il triennio di riferimento



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

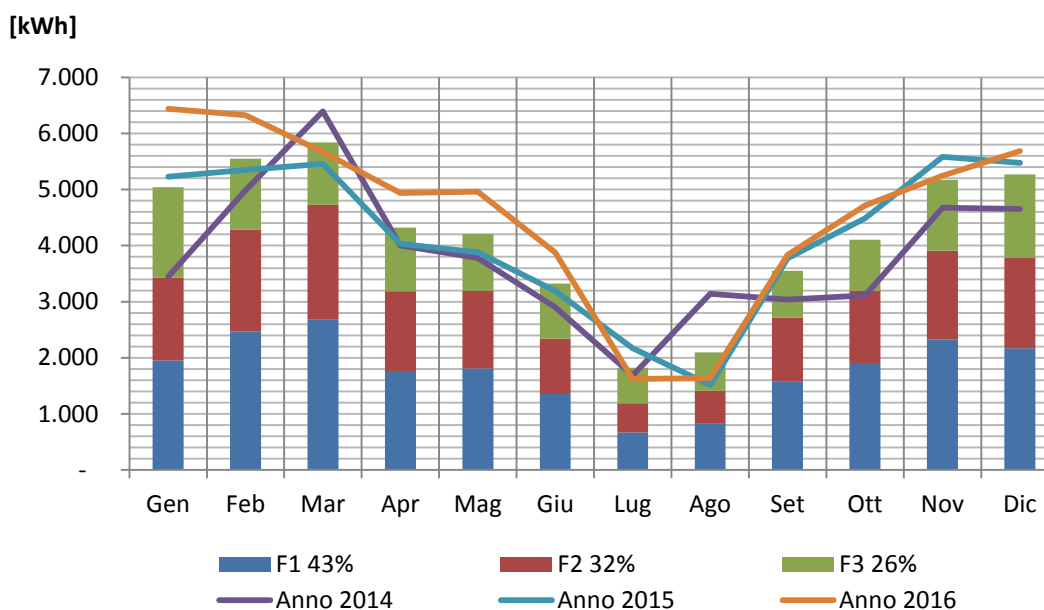
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili medi del triennio 2014-2016

BASILINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	1.954	1.479	1.607	5.040
Feb	2.466	1.824	1.263	5.553
Mar	2.676	2.053	1.113	5.842
Apr	1.766	1.419	1.139	4.325
Mag	1.811	1.378	1.018	4.207
Giu	1.356	987	981	3.324
Lug	666	523	635	1.824
Ago	825	585	688	2.097
Set	1.582	1.139	829	3.550
Ott	1.892	1.306	907	4.105
Nov	2.322	1.588	1.260	5.170
Dic	2.172	1.607	1.493	5.272
<b>Totale</b>	<b>21.486</b>	<b>15.889</b>	<b>12.933</b>	<b>50.308</b>

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e dei consumi medi suddivisi per fasce orarie è riportato nel grafico in Figura 5.3.

Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori medi suddivisi in fasce di consumo per il triennio di riferimento



I profili di prelievo medi mensili nel triennio di riferimento presentano un andamento coerente su base mensile, con calo dei consumi durante i mesi estivi di chiusura della scuola, tuttavia i consumi sono comunque presenti per la palestra collegata al POD. Analizzando i consumi per fasce orarie si nota come le quantità consumate in fascia F1 siano simili a quelle di fascia F2 in coerenza con l'uso della palestra durante le ore serali. La parte di consumo in F1 dovrebbe corrispondere approssimativamente all'andamento dei consumi della scuola.

## 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 5.9 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.9.

Tabella 5.9 - 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

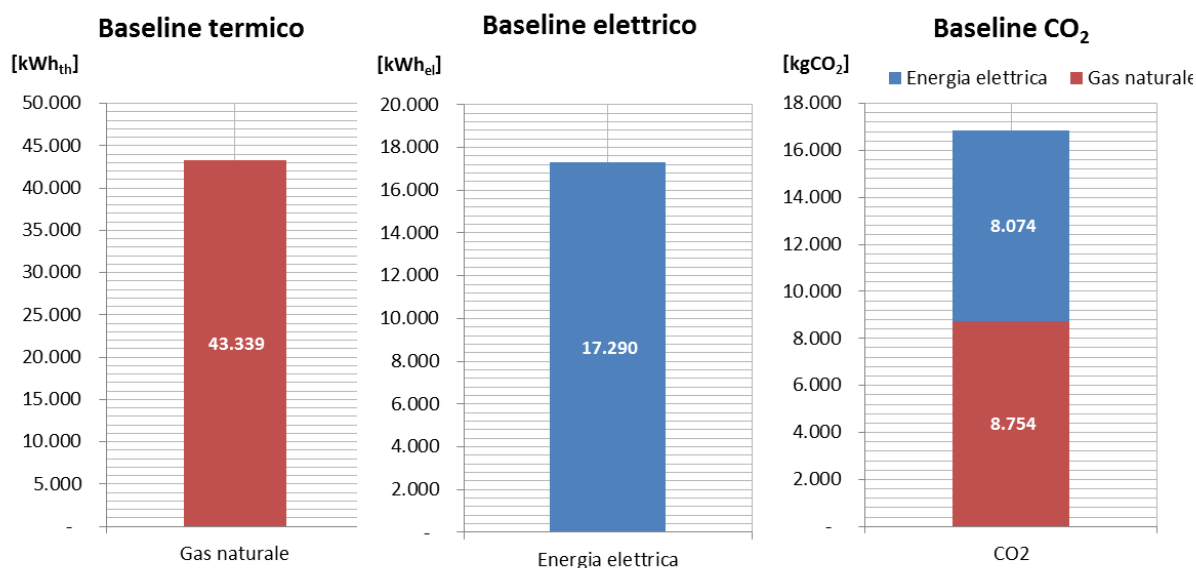
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4



Tabella 5.10 – 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]	17.290	*0,467	8,07
[Gas naturale]	43.339	0,202	8,75
Totale			16,83

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 5.11 - 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 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	565	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	588	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	2.355	m <sup>3</sup>

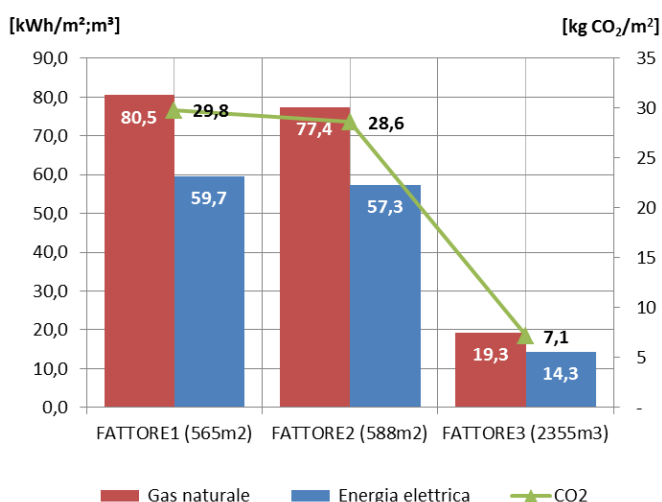
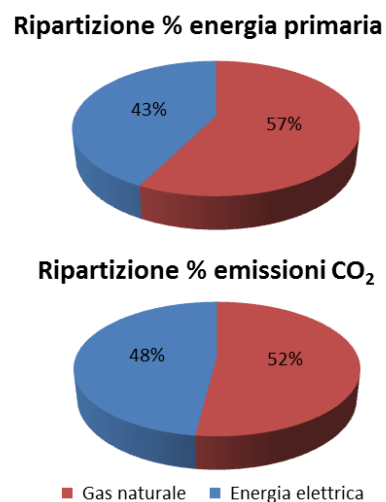
Nella Tabella 5.13 e Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.13 – 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	43.339	1,05	45.506	80,5	77,4	19,3	15,49	14,89	3,72
Energia elettrica	17.290	2,42	41.842	74,1	71,2	17,8	14,29	13,73	3,43
<b>TOTALE</b>			<b>87.348</b>	<b>155</b>	<b>149</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>7</b>

Tabella 5.14 – 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. [kWh/anno]	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	43.339	1,05	45.506	80,5	77,4	19,3	15,49	14,89	3,72
Energia elettrica	17.290	1,95	33.716	59,7	57,3	14,3	14,29	13,73	3,43
<b>TOTALE</b>			<b>79.221</b>	<b>140</b>	<b>135</b>	<b>34</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>7</b>

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo\_annuo\_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}}$$

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

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

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

$$IEN_E = \frac{\text{Consumo\_energia\_elettrica} \times F_h}{A_p}$$

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>2</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	27,4	20,4	23,4	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	25,6	25,6	25,6
	Insufficiente	Sufficiente	Sufficiente	Insufficiente	Insufficiente	Insufficiente

E’ stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo risultati mediocri riguardo ai consumi termici, che classificano l’edificio come SUFFICIENTE nell’ultimo biennio considerato.

Dal punto di vista elettrico invece l’edificio rientra nella classe di merito Insufficiente per tutto il triennio considerato.

Per i risultati ed un confronto tra gli indicatori di tutte le scuole si faccia riferimento all’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	EP <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	176,59	162,93
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	92,57	92,15
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	16,61	16,46
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	10,00	8,06
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	56,16	45,25
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	1,25	1,01
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	35	35

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
	[Nm <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	5.758 Nmc	60.092
Energia Elettrica	16.429 kWhel	32.037

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

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

Dove:

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

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

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

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

Nota (\*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor mediante la costruzione di un modello elettrico elaborato a partire dalla potenza degli apparecchi e dalla stima del loro effettivo utilizzo

### 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 la specifica destinazione d’uso, le effettive ore di apertura e utilizzo della struttura, nonché gli effettivi giorni di funzionamento dell’impianto termico.

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	$EP_{gl}$	kWh/mq anno	138,18	126,77
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	70,74	70,42

Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	11,00	10,87
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	10,00	8,06
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	45,20	36,42
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	1,25	1,01
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	27	27

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

Inoltre, la somma degli indici derivanti dal modello, riferiti al riscaldamento e produzione di ACS, coincidono con l'indicatore di consumo di energia primaria totale calcolato in Tabella 5.13 a partire dal consumo di Baseline (Fattore 1 – Superficie riscaldata).

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[Nmc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	4.302	42.763
Energia Elettrica		13.733

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]	[%]
42.763	43.339	1,3%

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 e dal modello elettrico ricostruito per le attrezzature e FEM (vedi Allegato E).

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
17.290	17.290	0%

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

## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

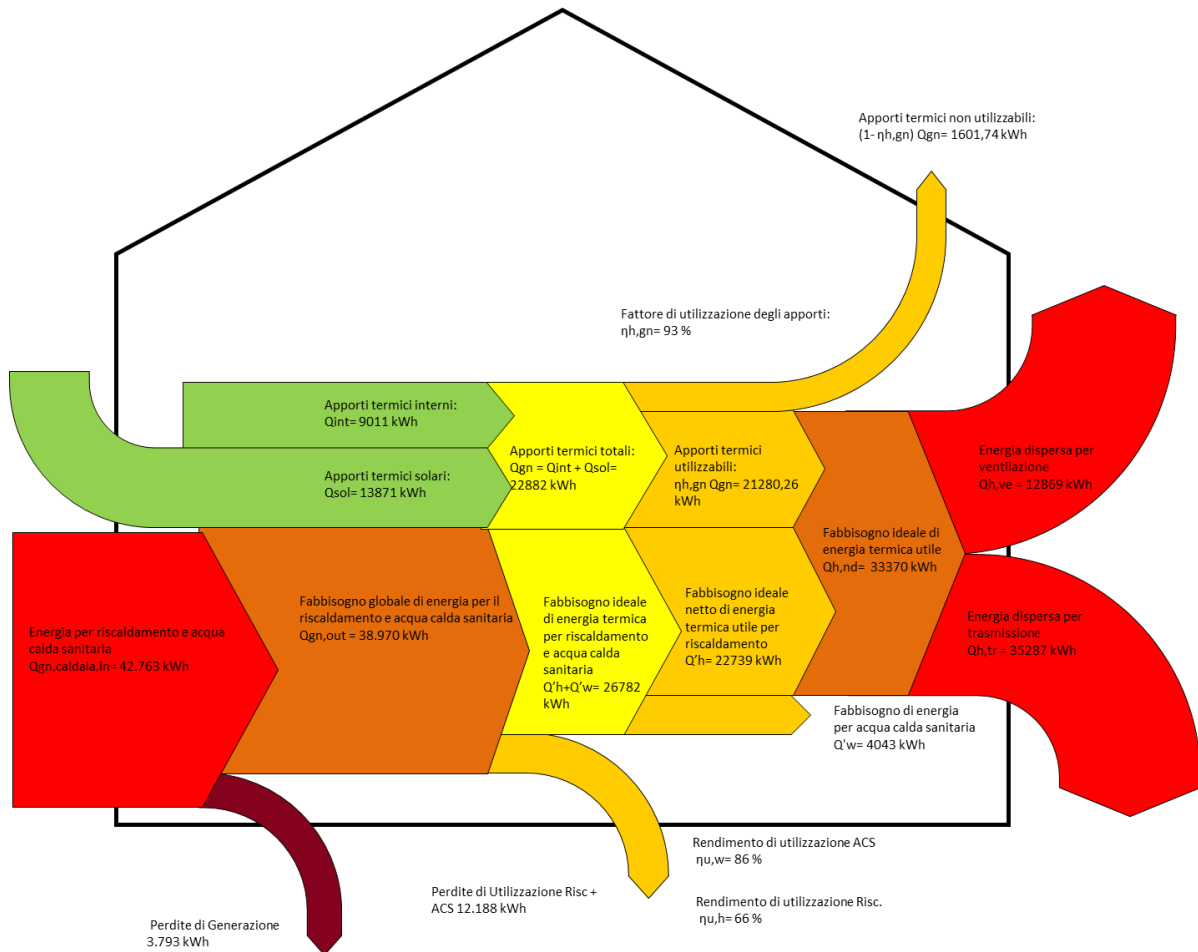
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale i

consumi specifici, le criticità e gli interventi da considerare, sia per quanto riguarda il bilancio termico, sia per quanto riguarda il bilancio elettrico.

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

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

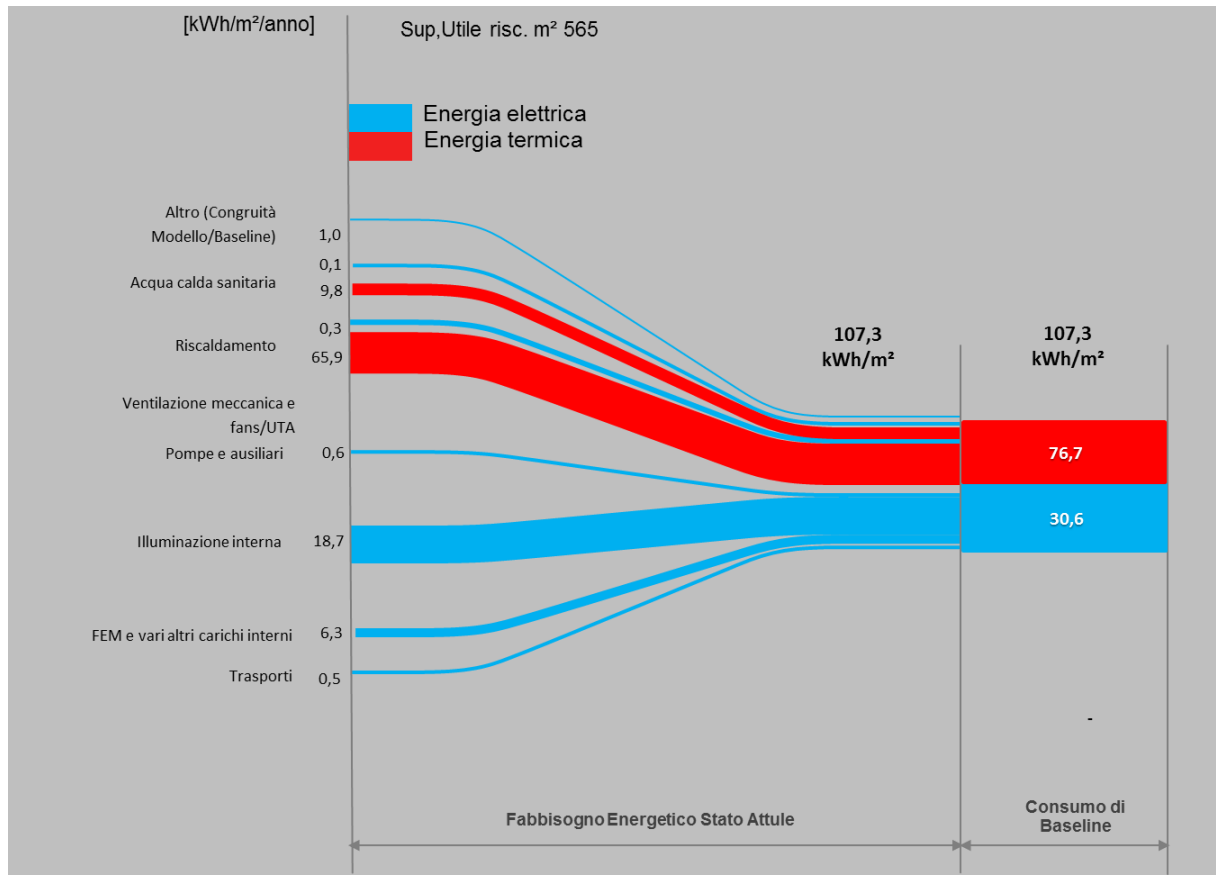
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che l’energia dispersa per trasmissione attraverso i componenti di involucro è importante e si presta quindi a buoni margini di miglioramento andando ad operare con interventi di coibentazione degli elementi disperdenti. Anche le perdite di utilizzazione dell’impianto di riscaldamento presenta margini di miglioramento andando ad agire sui sottosistemi di regolazione e distribuzione.

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

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



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

Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che i consumi termici sono imputabili prevalentemente a esigenze di riscaldamento e in parte alla produzione di ACS. I consumi elettrici sono invece maggiormente dovuti all’illuminazione elettrica e alle apparecchiature della cucina, che nel grafico sono incluse all’interno della voce “FEM e altri carichi interni”.

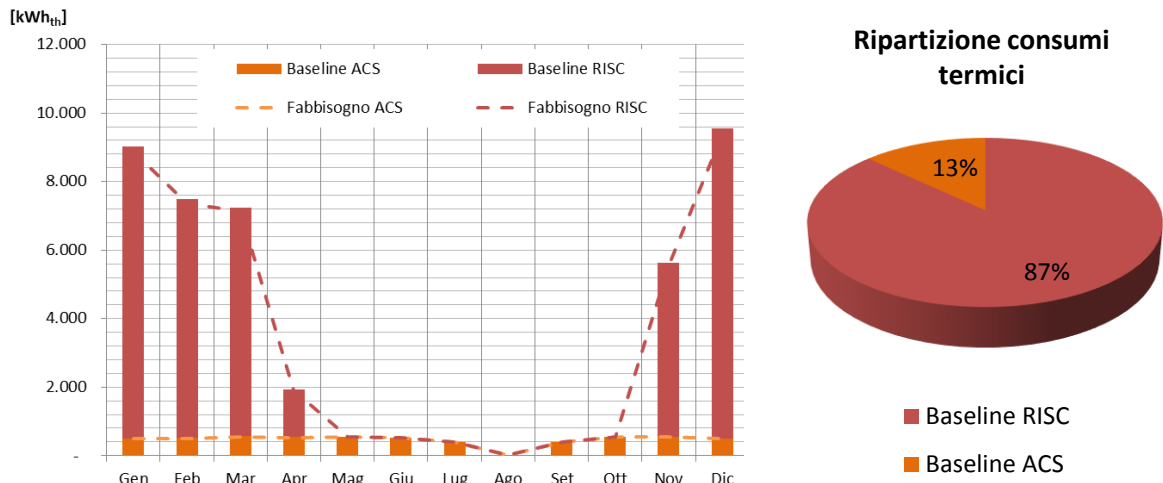
### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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



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



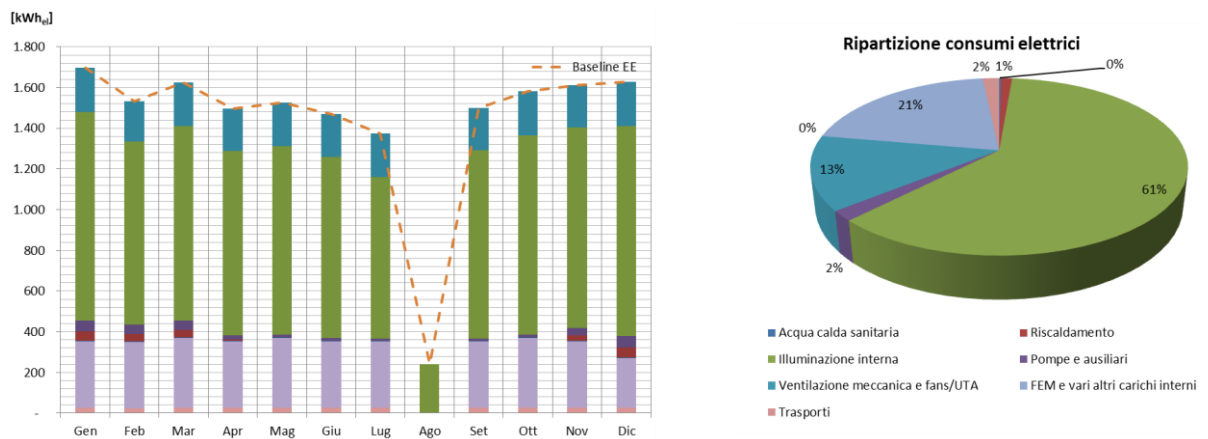
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione invernale dei locali della scuola, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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 all'impianto di illuminazione, seguito dalle attrezzature interne alla scuola costituite in gran parte dalle apparecchiature della cucina, e la ventilazione meccanica della cucina, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

## 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 contratto con il fornitore per il PDR a servizio della scuola, come di seguito elencato:

- PDR – 3270034296704: contratto di fornitura del solo 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 PDR2 per il triennio di riferimento

PDR : 3270034296704	2014	2015	2016
<b>Indirizzo di fornitura</b>			
Dati di intestazione fattura	n/d	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	n/d	IREN / ENI SPA DA APRILE 2015	ENI SPA/ENERGETIC SPA DA APRILE 2016
Inizio periodo fornitura	n/d	precedente/1/4/2015	1/4/2016
Fine periodo fornitura	n/d	1/4/2016	In corso
Classe del contatore	G6	G25	G25
Tipologia di contratto	nd	Utenze con attività di servizio pubblico	Utenze con attività di servizio pubblico
Opzione tariffaria	nd	OFFERTA CONSIP	Prodotto CONSIP
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	nd	1,023	1,023
Potere calorifico superiore convenzionale del combustibile	nd	38,19 MJ/mc	39,09 MJ/mc
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA ESCLUSA)	nd	0,037 €/kWh	0,026 €/kWh

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

Nota (\*): 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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che con l'ultimo fornitore il prezzo del vettore energetico è diminuito ed è aumentato il potere calorifico del gas, rendendo l'attuale fornitore più conveniente rispetto a quelli precedenti.

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

Per i costi del 2014, in assenza di fatturazioni, questi sono stati ricavati a partire dai costi unitari medi mensili ricavati dall'ARERA per il gas metano. Per il dettaglio dei costi si rimanda ai fogli di calcolo contenuti nell'allegato B – elaborati.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di rierimento

PDR 1: 03270034296704	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	565	53	214	246	237	1.316	14.310	0,092
Feb - 14	574	54	218	250	241	1.336	14.536	0,092
Mar - 14	468	44	177	203	196	1.089	11.843	0,092
Apr - 14	168	17	70	79	74	408	4.617	0,088
Mag - 14	84	8	35	39	37	203	2.294	0,088
Giu - 14	63	6	26	30	27	152	1.719	0,088
Lug - 14	10	1	5	5	5	26	316	0,083
Ago - 14	6	1	3	3	3	17	203	0,083
Set - 14	43	5	21	23	20	112	1.356	0,083
Ott - 14	87	8	32	42	37	207	2.459	0,084
Nov - 14	270	25	99	131	116	641	7.619	0,084
Dic - 14	294	28	108	143	126	698	8.305	0,084
<b>Totale</b>	<b>2.633</b>	<b>250</b>	<b>1.007</b>	<b>1.195</b>	<b>1.119</b>	<b>6.204</b>	<b>69.576</b>	<b>0,089</b>
PDR 1: 03270034296704	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	355	24	122	149	131	781	7.809	0,100
Feb - 15	391	22	137	182	147	879	8.599	0,102
Mar - 15	437	24	150	216	166	993	9.600	0,103
Apr - 15	100	24	41	75	53	292	3.325	0,088
Mag - 15	58	24	24	43	33	181	1.922	0,094
Giu - 15	40	24	16	30	24	135	1.338	0,101
Lug - 15	17	24	7	13	13	74	584	0,127
Ago - 15	10	24	4	8	10	57	358	0,159
Set - 15	46	24	20	36	28	154	1.611	0,096
Ott - 15	111	24	45	85	58	324	3.787	0,085
Nov - 15	185	24	62	142	91	504	6.321	0,080
Dic - 15	190	24	64	146	93	518	6.509	0,080
<b>Totale</b>	<b>1.941</b>	<b>286</b>	<b>693</b>	<b>1.125</b>	<b>847</b>	<b>4.891</b>	<b>51.762</b>	<b>0,094</b>
PDR 1: 03270034296704	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO

ANNO 2016	PARTE FISSA		PARTE VARIABILE			[€]	[kWh]	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]			[€/kWh]
Gen - 16	262	28	119	185	211	805	9.571	0,084
Feb - 16	288	28	131	227	148	823	10.503	0,078
Mar - 16	252	28	113	207	132	731	9.194	0,080
Apr - 16	77	27	46	82	51	283	3.646	0,078
Mag - 16	56	27	34	60	39	216	2.666	0,081
Giu - 16	44	27	24	47	31	174	2.101	0,083
Lug - 16	1	27	0	1	6	36	47	0,763
Ago - 16	1	27	0	1	6	36	47	0,762
Set - 16	24	27	11	25	19	106	1.102	0,096
Ott - 16	28	27	10	25	20	111	1.130	0,098
Nov - 16	190	27	69	172	101	559	7.630	0,073
Dic - 16	292	27	106	263	151	839	11.690	0,072
<b>Totale</b>	<b>1.516</b>	<b>325</b>	<b>666</b>	<b>1.295</b>	<b>917</b>	<b>4.719</b>	<b>59.327</b>	<b>0,080</b>

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'ARERA.

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

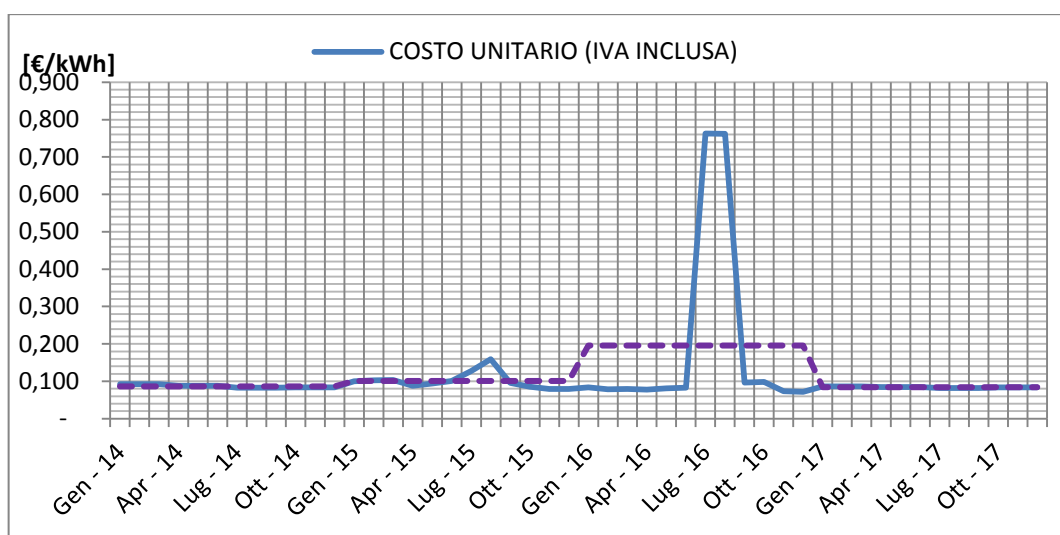
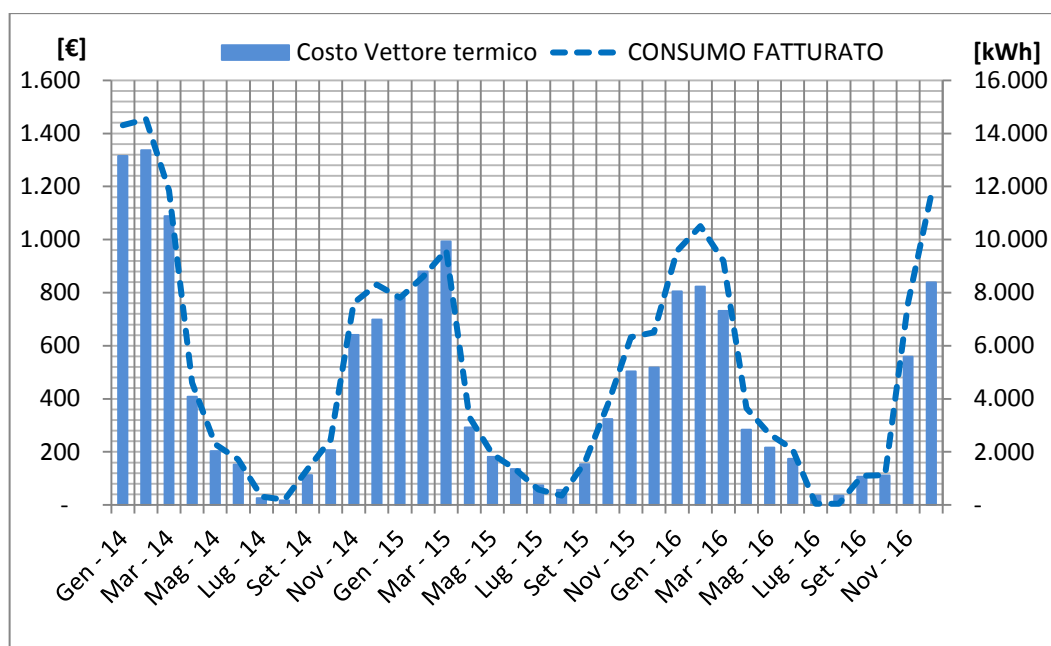


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dal primo grafico si denota un picco del costo unitario di metano nell'estate 2016 dovuto ai costi fissi della bolletta in corrispondenza di bassi consumi di metano. Nello stesso periodo del 2015 il picco è meno evidente poiché sono stati registrati maggiori consumi di metano.

Analizzando il secondo grafico è possibile notare una spesa maggiore nel 2014, corrispondente ai maggiori consumi registrati. Dal 2016 il metano vede una diminuzione del costo unitario.

### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto stipulato direttamente tra la committenza ed il fornitore per l'unico POD presente all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- POD – IT001E00098007: 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 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.3 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00098007	2014	2015	2016
<b>Indirizzo di fornitura</b>			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Edison / GALA spa (da aprile)	GALA SPA / IREN
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	31/03/2016	In corso
Potenza elettrica impegnata	53 kW	53 kW	53 kW
Potenza elettrica disponibile	53 kW	53 kW	53 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	Forniture in BT	Forniture in BT
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (IVA esclusa) <sup>(2)</sup>	0,089 €/kWh	0,062 €/kWh	0,066 €/kWh

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

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

Nella Tabella 7.4 si riporta l’andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.4 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00098007	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	287	104	255	43	151	839	3.447	0,244
Feb - 14	446	80	411	62	220	1.220	4.985	0,245
Mar - 14	592	59	550	80	282	1.562	6.396	0,244
Apr - 14	369	56	339	50	179	993	4.004	0,248
Mag - 14	350	56	331	47	172	956	3.778	0,253
Giu - 14	263	56	252	36	134	741	2.902	0,255
Lug - 14	149	43	142	21	78	433	1.683	0,257
Ago - 14	285	67	272	39	146	809	3.141	0,258
Set - 14	275	67	264	38	142	785	3.040	0,258
Ott - 14	279	67	278	39	146	809	3.111	0,260
Nov - 14	410	70	408	58	208	1.155	4.677	0,247
Dic - 14	399	70	403	58	205	1.135	4.653	0,244
<b>Totale</b>	<b>4.102</b>	<b>795</b>	<b>3.905</b>	<b>573</b>	<b>2.062</b>	<b>11.437</b>	<b>45.817</b>	<b>0,250</b>
POD: IT001E00098007	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
Gen - 15	429	75	442	65	223	1.234	5.232	0,236
Feb - 15	422	70	453	67	223	1.234	5.348	0,231
Mar - 15	415	73	460	68	223	1.239	5.460	0,227
Apr - 15	231	60	352	50	152	845	4.032	0,209
Mag - 15	214	62	342	49	147	814	3.883	0,210
Giu - 15	171	62	287	40	123	684	3.192	0,214
Lug - 15	111	55	192	27	85	469	2.167	0,217
Ago - 15	79	46	131	19	61	336	1.512	0,222
Set - 15	173	63	348	47	139	770	3.773	0,204
Ott - 15	190	66	412	56	159	883	4.487	0,197
Nov - 15	243	77	501	70	196	1.087	5.587	0,195

Dic - 15	407	82	487	68	230	1.275	5.475	0,233
<b>Totale</b>	<b>3.085</b>	<b>791</b>	<b>4.408</b>	<b>627</b>	<b>1.960</b>	<b>10.870</b>	<b>50.148</b>	<b>0,217</b>
<b>POD: IT001E00098007</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	426	75	508	81	240	1.329	6.441	0,206
Feb - 16	345	72	502	79	220	1.218	6.325	0,192
Mar - 16	295	75	452	71	196	1.089	5.669	0,192
Apr - 16	264	62	395	62	172	955	4.939	0,193
Mag - 16	281	60	397	62	176	975	4.961	0,197
Giu - 16	228	62	309	48	143	790	3.877	0,204
Lug - 16	113	45	129	20	67	374	1.621	0,231
Ago - 16	103	37	130	20	64	354	1.638	0,216
Set - 16	274	62	309	48	153	847	3.836	0,221
Ott - 16	371	60	380	59	191	1.061	4.716	0,225
Nov - 16	448	70	421	66	221	1.225	5.247	0,234
Dic - 16	464	75	456	71	234	1.300	5.688	0,228
<b>Totale</b>	<b>3.612</b>	<b>753</b>	<b>4.388</b>	<b>687</b>	<b>2.077</b>	<b>11.517</b>	<b>54.958</b>	<b>0,210</b>

Nel grafico in Figura 7.3 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'ARERA.



Figura 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento

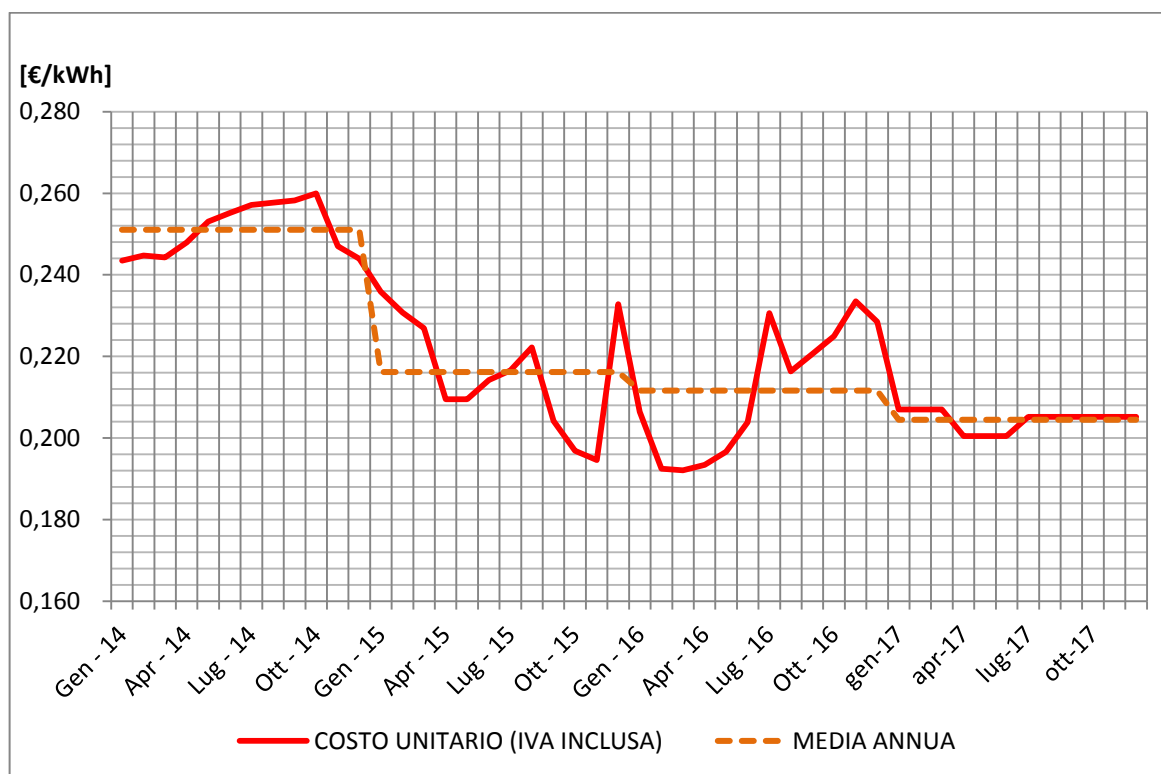
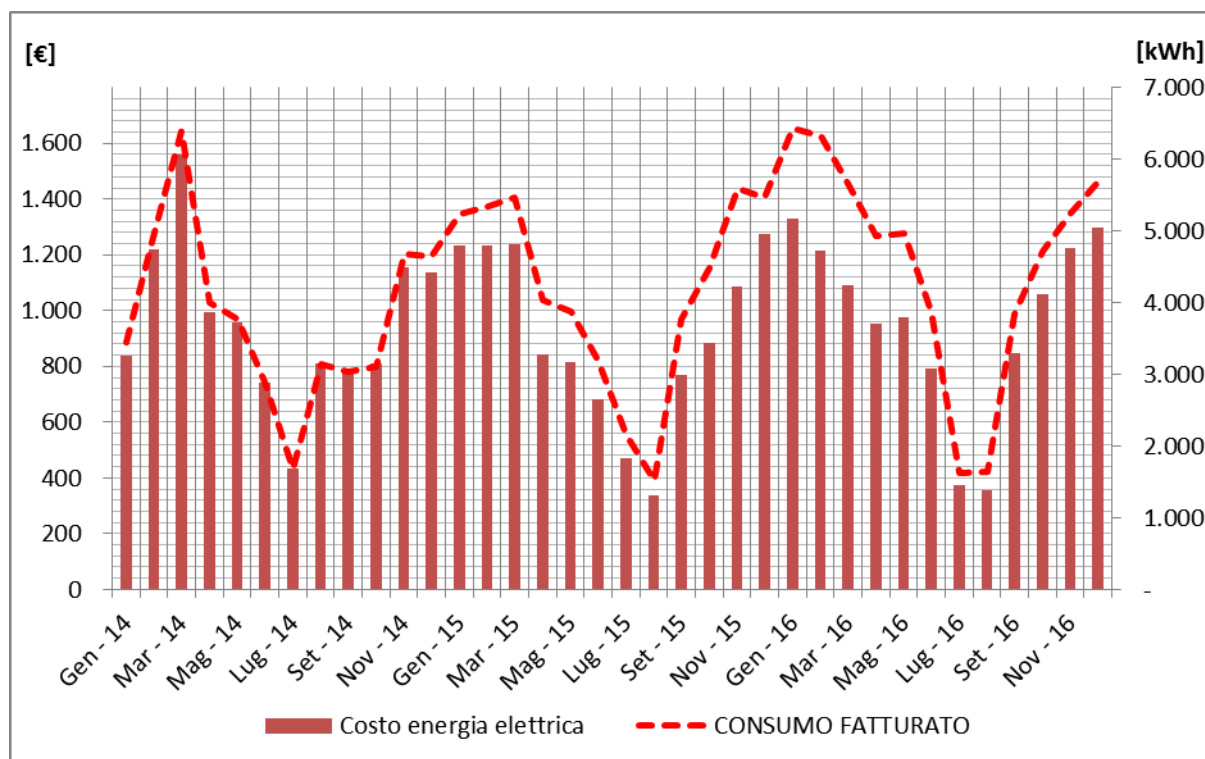


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi unitari medi dell’energia elettrica ha subito una riduzione dal 2015. I costi unitari per il 2017 evidenziano un ulteriore calo del costo del vettore energetico. I costi unitari mensili oscillano al di sopra e al di sotto della media poiché influenzati dalla parte fissa degli oneri di sistema, quota che è sempre dovuta anche con pochi consumi energetici.

Dalla Figura 7.4 si può dedurre che i costi seguono sostanzialmente lo stesso andamento dei consumi elettrici, registrando un abbassamento più significativo tra la seconda metà del 2015 e la prima parte del 2016.

## 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 comprensivi di IVA – per la realizzazione dell'analisi costi-benefici.

Nella Tabella 7.5 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	69576	€ 6.204	€ 0,089	45817	11.437	0,250	€ 17.640,42
2015	51762	€ 4.891	€ 0,094	50148	10.870	0,217	€ 15.761,30
2016	59327	€ 4.719	€ 0,080	54958	11.517	0,210	€ 16.236,25
Media	60222	€ 5.271	€ 0,088	50308	11275	0,225	€ 16.545,99

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono assunti i valori riportati nella Tabella 7.6, ricavati nel seguente modo:

- Il costo unitario del gas naturale è stato calcolato a partire dai valori di costo forniti dalla Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per il servizio di maggior tutela per l'anno 2017, considerando i valori trimestrali di costo indicati per la Regione Liguria, riferiti ai “condomini uso domestico”.

Cu<sub>Q</sub> è stato ottenuto apportando una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela, in funzione del consumo annuo e della classe del contatore per i PDR in esame, ciò al fine di riportare tali valori a condizioni simili a quelle del mercato libero a cui aderisce la Pubblica Amministrazione.

- Analogamente il costo unitario per l'energia elettrica è stato calcolato a partire dai costi trimestrali forniti da ARERA per il servizio di maggior tutela, riferiti al 2017 per “clienti non domestici”.

Il costo unitario così ricavato, è stato confrontato con il costo unitario ricavato dalla fatturazione per l'anno 2016. Poiché quest'ultimo risulta minore del CU<sub>EE</sub> di ARERA, è stata applicata una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela in funzione della potenza disponibile e della potenza impegnata per i POD in esame.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo al 2017	Cu <sub>Q</sub> 0,085	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo al 2017	Cu <sub>EE</sub> 0,204	[€/kWh]

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

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

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

- L1-042-248: O&M>35kW

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 2.248 € + IVA.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione  $C_M$  è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione ( $C_{SIE3}$ ) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E1864. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria ( $C_{MO}$ ) e in una quota straordinaria ( $C_{MS}$ ) come segue:

$$C_{MS} = 0.1 \times C_M$$

$$C_{MO} = 0.9 \times C_M$$

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori riportati nella Tabella 7.7.

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

Definizione		Valore*	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$C_{MO}$ 2.468	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa agli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$C_{MS}$ 274	[€/anno]

Nota (\*): 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:

$$C_E = Q_{baseline} \times C_{uQ} + EE_{baseline} \times C_{uEE}$$

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

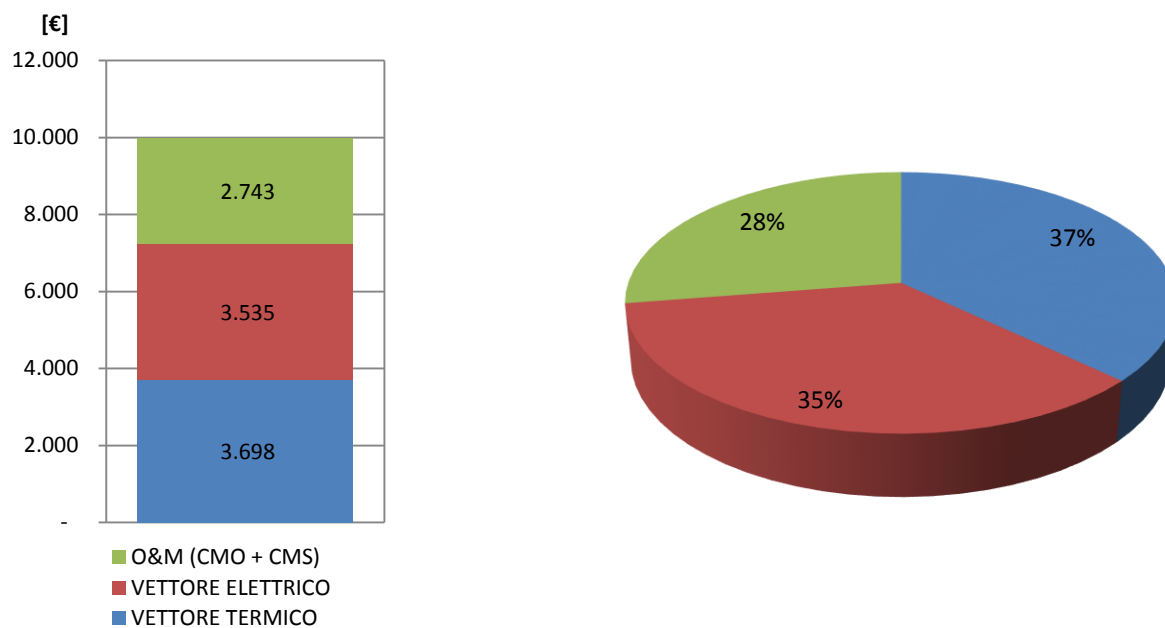
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a € 7.233 e un  $C_{baseline}$  pari a € 9.976.

Tabella 7.8 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline (IVA inclusa)

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )			TOTALE
Q <sub>baseline</sub>	C <sub>uQ</sub>	C <sub>Q</sub>	EE <sub>baseline</sub>	C <sub>UEE</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]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
43.339	0,085	3.698	17.290	0,204	3.535	2.743	2.468	274	9.976

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

### 8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

#### 8.1.1 Involucro edilizio

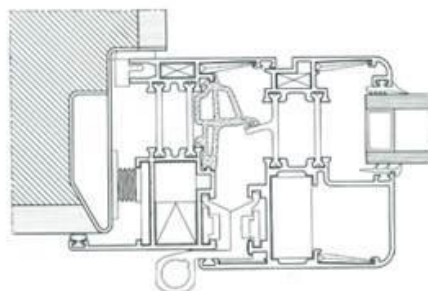
##### EEM1: Sostituzione infissi (e installazione valvole termostatiche)

###### Generalità

La misura prevede la sostituzione del telaio e della parte vetrata degli infissi presenti. Questo intervento ha l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, diminuendo le dispersioni termiche attraverso il componente, migliorare le condizioni di comfort interno e contenere i consumi energetici e le emissioni di CO<sub>2</sub> in ambiente.

I serramenti presenti sono prevalentemente in vetro singolo o doppio con telaio senza taglio termico in metallo probabilmente risalenti al periodo della costruzione. Le performance dei serramenti attuali sono insufficienti sia dal punto di vista energetico che manutentivo.

Figura 8.1 – Particolare infisso con taglio termico



###### Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, la sostituzione dei componenti vetrati della struttura mediante l'installazione di vetri con telaio in PVC con taglio termico e vetrocamera con gas inerte nell'intercapedine che conferisce caratteristiche basso emissive all'infisso.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, la sostituzione dei serramenti con caratteristiche tecniche tali da consentire il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico (per la zona termica D – 1,67 W/mqK).

Poiché il Conto Termico prevede l'accesso all'incentivo solo in caso di installazione congiunta di sistemi di termoregolazione, nella valutazione economica del presente intervento è stata considerata anche l'installazione delle valvole termostatiche, per la cui descrizione tecnica si rimanda all'intervento EEM3.

###### Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato e ditte certificate e che forniscono garanzia di risultato.

È importante verificare in sede di installazione la corretta posa degli infissi nonché la tenuta all'aria e all'acqua. Inoltre occorre verificare la migliore risoluzione del ponte termico perimetrale dell'infisso stesso in sede di progettazione. Una soluzione potrebbe essere offerta dall'installazione di un controtelaio coibentato e successivamente sigillato.

Il miglioramento offerto da questo intervento aumenta se realizzato in sinergia con gli interventi di coibentazione dell'involucro opaco. Ai fini di una migliore verifica della corretta installazione e tenuta dei nuovi serramenti è possibile realizzare un blowerdoor test sull'edificio e ulteriori indagini termografiche.

Successivamente all'installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione

###### Prestazioni raggiungibili

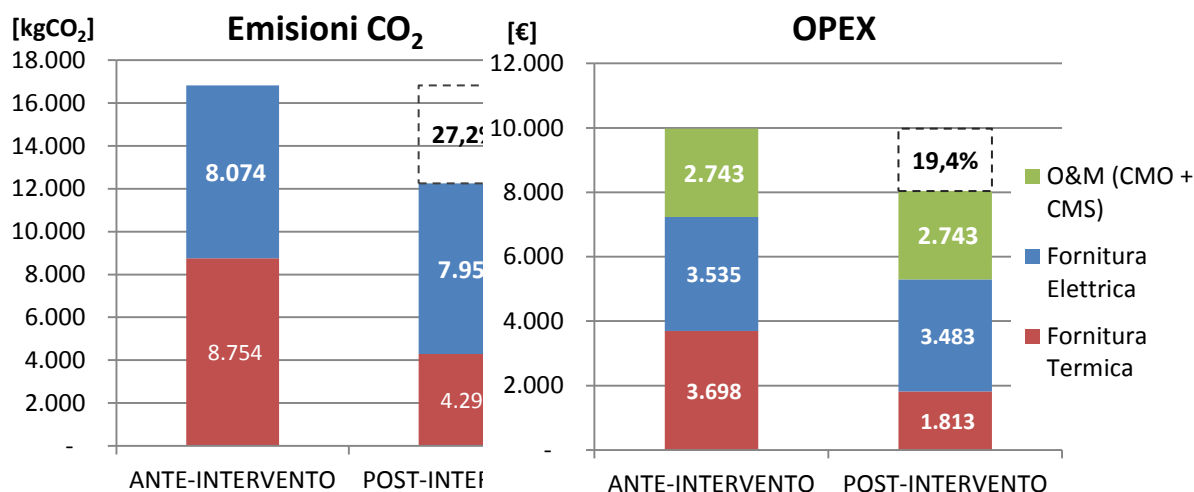
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione serramenti e installazione VT

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza media infissi]	[W/m²K]	4,52	1,45	<b>67,9%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	42.763	20.971	<b>51,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.291	17.037	<b>1,5%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	43.339	21.253	<b>51,0%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	17.290	17.036	<b>1,5%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.754	4.293	<b>51,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.074	7.956	<b>1,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>16.829</b>	<b>12.249</b>	<b>27,2%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	3.698	1.813	<b>51,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.535	3.483	<b>1,5%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.233</b>	<b>5.297</b>	<b>26,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.468	2.468	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	274	274	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.743</b>	<b>2.743</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>9.976</b>	<b>8.040</b>	<b>19,4%</b>
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classe

Nota (1) 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: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,204 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8.2 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

## EEM2: Cappotto interno piano terzo e pareti sottofinestra

### Generalità

La misura prevede la coibentazione del lato interno delle murature verticali, disperdenti verso l'esterno, al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali.

Questo intervento comporta una certa diminuzione dei consumi energetici a carico dell'impianto di riscaldamento invernale e conseguentemente una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> in ambiente. Poiché la scuola fa parte di un edificio più grande, si è scelto di proporre la coibentazione interna per rendere indipendente l'intervento dalle altre unità immobiliari.

Figura 8.3 – Particolare composizione cappotto interno



### Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede l'installazione di un isolamento interno alle pareti verticali dell'edificio con l'applicazione di uno strato isolante in lana di vetro inserito tra due lastre in cartongesso intonacata sul lato interno.

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con fibra di vetro, materiale leggero, prodotto in gran parte con vetro riciclato e con bassi valori di conducibilità termica.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico.

### Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato e ditte certificate e che forniscono garanzia di risultato.

E' indispensabile per tutti gli interventi dall'interno porre particolare attenzione alle verifiche termometriche e soprattutto alla condensa interstiziale.

La parete perimetrale infatti rimane fredda e quindi il rischio di condense negli strati freddi potrebbe aumentare, è indispensabile quindi verificare le condizioni termometriche e che il flusso di vapore che attraversa la parete venga smaltito. Si consiglia comunque una barriera al vapore verso l'interno sulla faccia calda dell'isolante o sulle lastre di rivestimento.

E' fondamentale la corretta stuccatura dei giunti sulle lastre esterne per evitare possibili crepe o segnature nei punti di giunzione dei pannelli.

Successivamente all'installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.4.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Cappotto interno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Trasmittanza parete]	[W/m <sup>2</sup> K]	0,94	0,22	<b>76,6%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	42.763	37.350	<b>12,7%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.291	17.236	<b>0,3%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	43.339	37.853	<b>12,7%</b>

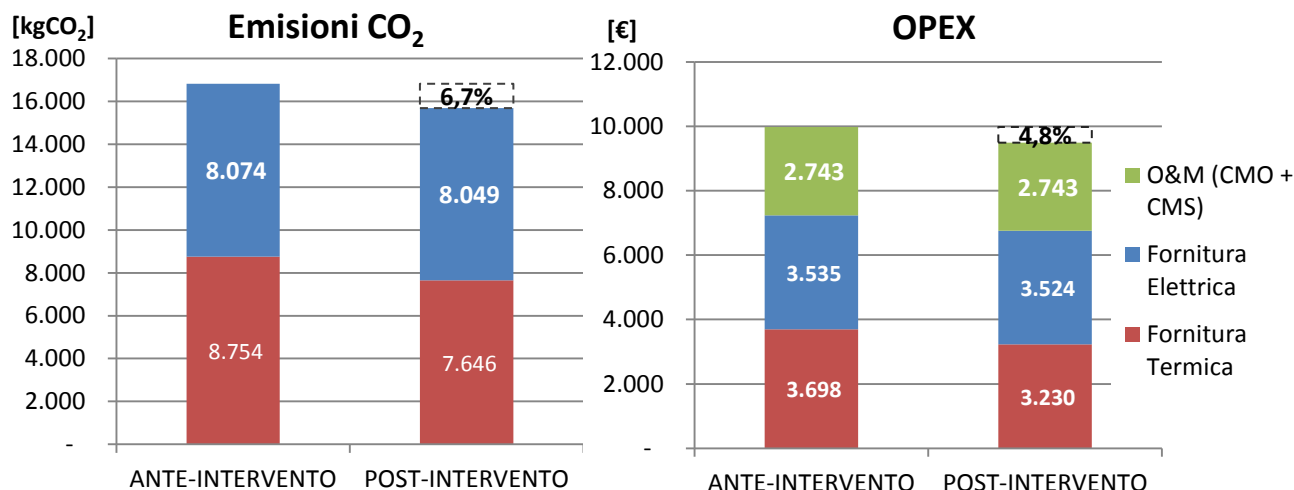


EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	17.290	17.235	<b>0,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.754	7.646	<b>12,7%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.074	8.049	<b>0,3%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>16.829</b>	<b>15.695</b>	<b>6,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	3.698	3.230	<b>12,7%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.535	3.524	<b>0,3%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.233</b>	<b>6.754</b>	<b>6,6%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.468	2.468	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	274	274	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.743</b>	<b>2.743</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>9.976</b>	<b>9.497</b>	<b>4,8%</b>
Classe energetica APE	[-]	E	D	+1 classe

Nota (1) 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: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,210 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8.4 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



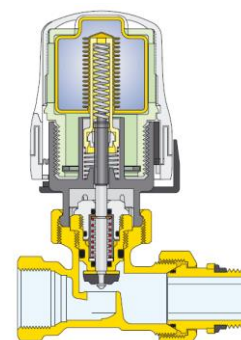
### 8.1.2 Impianto riscaldamento e ACS

#### EEM3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili per la scuola

##### Generalità

Le valvole termostatiche sono un semplice dispositivo capace di regolare il flusso di un fluido grazie alla loro sensibilità alle variazioni di temperatura. Negli impianti di riscaldamento vengono montate sui radiatori per regolare il flusso d'acqua in base alla temperatura richiesta dall'ambiente allo scopo di evitare sprechi e migliorare il comfort, stabilizzando la temperatura a livelli diversi nei locali a seconda delle necessità. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono significativi risparmi energetici.

Al fine di ottimizzare la rete di distribuzione dell'impianto di riscaldamento, l'installazione delle valvole termostatiche viene integrata con l'installazione di un'elettropompa di circolazione a giri



variabili. In questo modo, all'interno dell'impianto, al variare delle cadute di pressione determinate dal grado di apertura delle valvole termostatiche, fluisce una portata di acqua calda il più vicino possibile al valore di progetto.

### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

Nel presente intervento si prevede l'installazione di una tecnologia di gestione e controllo automatico dell'impianto termico (sistema di *building automation*). Il sistema è infatti composto da

- valvole termostatiche programmabili singolarmente su due livelli di set-point di temperatura giornalieri, con controllo PID e regolazione variabile con intervalli da 0,5°C
- centralina di controllo che gestisce le valvole ad essa connesse attraverso una comunicazione senza fili e consente la regolazione del riscaldamento nei singoli locali da un unico punto di controllo, anche attraverso una applicazione per dispositivi mobili
- relè di caldaia per l'accensione e lo spegnimento del generatore di calore in funzione della richiesta termica dell'edificio



a cui si aggiunge l'elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili da installare in centrale termica in sostituzione di quella già presente a velocità di rotazione fissa.

Con tale sistema è possibile eseguire una regolazione sufficientemente fine (regolazione per locale) anche su sistemi costituiti da un singolo circuito di distribuzione che serve zone termiche e locali con necessità di temperatura e di occupazione diverse, senza intervenire pesantemente sull'impianto idraulico, raggiungendo ottimi risultati sia nel comfort che nel risparmio energetico.



### **Descrizione dei lavori**

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato. Essendo le valvole termostatiche installate sui radiatori esposte a manomissione si consiglia di schermare i dispositivi con opportune protezioni. Occorre verificare preliminarmente i luoghi più adatti per l'installazione delle centraline di controllo, le quali devono essere programmate e gestite solo da personale autorizzato. Il sistema deve essere programmato il più vicino possibile alle reali esigenze di richiesta termica dei locali in cui vengono installate le valvole. Inoltre devono essere periodicamente controllate, al fine di valutarne il corretto funzionamento, la corretta programmazione o l'eventuale sostituzione delle batterie di alimentazione.

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.5.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche e circolatore giri variabili

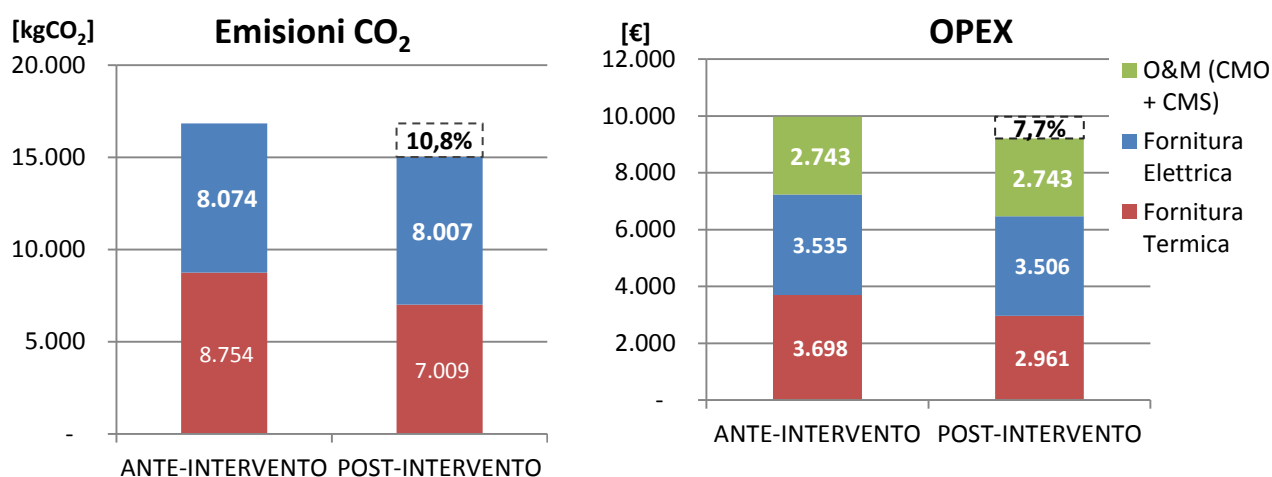
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Rendimento di regolazione]	[%]	85	99	<b>16,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	42.763	34.237	<b>19,9%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.291	17.147	<b>0,8%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	43.339	34.698	<b>19,9%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	17.290	17.146	<b>0,8%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.754	7.009	<b>19,9%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.074	8.007	<b>0,8%</b>

Emiss. CO2 TOT	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.829	15.016	10,8%
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	3.698	2.961	19,9%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.535	3.506	0,8%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.233</b>	<b>6.466</b>	<b>10,6%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.468	2.468	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	274	274	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	2.743	2.743	0,0%
OPEX	[€]	9.976	9.209	7,7%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (1) 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: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,204 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8.5 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



#### EEM4: Installazione caldaia a condensazione con produzione combinata di ACS

##### Generalità

Attualmente sono installati due differenti generatori di tipo tradizionale, ciascuno dedicato al solo riscaldamento e alla sola produzione di ACS. Dal bilancio energetico emerge che le potenze attuali sono sovradimensionate in rapporto al fabbisogno della scuola, si propone pertanto la sostituzione dei generatori esistenti con uno solo a condensazione per il riscaldamento e la produzione integrata di ACS.

L'installazione di una caldaia a condensazione modulante permetterà un migliore adattamento della potenza in funzione del carico richiesto, e consentirà anche di servire i circuiti a bassa temperatura ottimizzando la temperatura di mandata dell'acqua in funzione delle condizioni climatiche esterne e del carico effettivo.

L'intervento, per garantire l'accesso al Conto Termico, e per un miglior rendimento complessivo del sistema termico, comprende anche l'installazione delle valvole termostatiche sui corpi scaldanti e di una pompa di circolazione a giri variabili (per la descrizione tecnica si veda l'intervento EEM3).



Il risparmio energetico deriva sia dalla migliore efficienza di combustione del nuovo generatore di calore, sia dalla migliore regolazione della temperatura ambiente e della distribuzione; con maggiore sicurezza ed affidabilità del sistema, con minori emissioni inquinanti in ambiente.

### **Caratteristiche funzionali e tecniche**

Dalla modellazione energetica eseguita sulla struttura è emerso che il generatore presente è molto sovradimensionato rispetto ai reali fabbisogni dell’edificio, pertanto si procede consigliando l’installazione di un generatore di taglia inferiore (stimati pari a 65 kW).

L’intervento in oggetto si propone di ristrutturare l’impianto termico agendo sui seguenti aspetti principali:

- Sostituzione della caldaia esistente di tipo tradizionale con un generatore a condensazione di ultima generazione, correttamente dimensionato in funzione delle effettive dispersioni termiche ed esigenze dell’edificio;
- realizzazione di sistema fumario in acciaio inox per lo scarico dei fumi e della condensa;
- collegamento del generatore al sistema di produzione di ACS esistente;
- sostituzione della pompa di alimentazione del circuito del riscaldamento (ES01) con una adeguata pompa gemellare a giri variabili;
- installazione delle valvole termostatiche sui terminali di emissione del calore.

Occorre inoltre verificare che il rendimento del nuovo generatore di calore a condensazione rispetti i requisiti minimi per l’accesso all’incentivo da Conto Termico.

### **Descrizione dei lavori**

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato, occorre verificare le caratteristiche degli spazi di installazione in relazione agli ingombri delle nuove caldaie; verificare l'idoneità del condotto di evacuazione fumi; verificare la necessità di garantire una continuità di servizio all'edificio in fase di sostituzione. Verificare, in funzione della potenza installata, la necessità di installare un neutralizzatore di condensa (norma UNI 11071/2003).

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.6

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione caldaia a condensazione

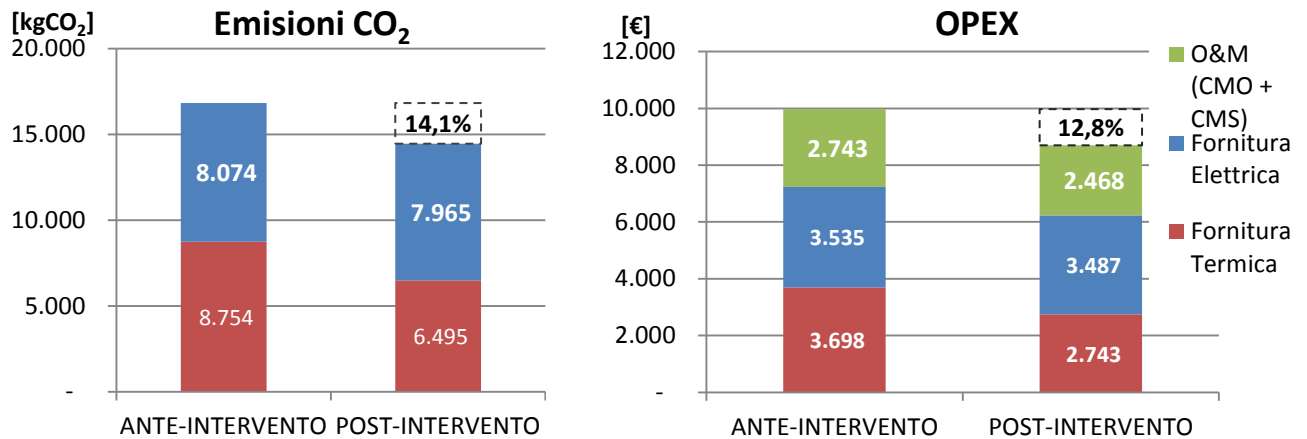
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 [Rendimento di generazione]	[%]	92	97	<b>5,4%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	42.763	31.725	<b>25,8%</b>
E <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.291	17.056	<b>1,4%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	43.339	32.152	<b>25,8%</b>
E <sub>Baseline</sub>	[kWh]	17.290	17.055	<b>1,4%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.754	6.495	<b>25,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.074	7.965	<b>1,4%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>16.829</b>	<b>14.459</b>	<b>14,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	3.698	2.743	<b>25,8%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.535	3.487	<b>1,4%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.233</b>	<b>6.231</b>	<b>13,9%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.468	2.221	<b>10,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	274	247	<b>9,9%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.743</b>	<b>2.468</b>	<b>10,0%</b>
OPEX	[€]	<b>9.976</b>	<b>8.699</b>	<b>12,8%</b>

Classe energetica [-] E D +1 classe

Nota: 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: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,204 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nella valutazione economica dell'intervento è stata valutata una riduzione delle spese di manutenzione della centrale termica, in via cautelativa del 10%, in quanto l'intervento prevede l'eliminazione di un generatore dimezzando così la manutenzione ordinaria.

Figura 8.6 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM5: Sostituzione lampade con apparecchi LED

##### Generalità

Il presente intervento propone di sostituire le lampade fluorescenti installate sui corpi illuminanti all'interno dei locali con lampade a tecnologia LED di nuova generazione ad alta efficienza.

Dal punto di vista energetico, l'impiego di tubi LED può produrre una notevole riduzione dei consumi energetici in bolletta (dal 30% all'80%), dovuto ad una maggiore efficienza luminosa che permette di installare apparecchi con potenza dimezzata.

Altra caratteristica è la durabilità: una lampada LED può durare fino a 50.000 ore, contro le 10.000 ore di una lampada a neon, tagliando così i costi di sostituzione e senza costi di manutenzione ed allungando la vita utile.

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

I **tubi a neon** (o fluorescenti) sono costituiti da un tubo di vetro sigillato che contiene all'interno un gas nobile, il quale viene sollecitato grazie a due elettrodi posti alle due estremità, producendo radiazione luminosa. Per ottenere ciò è necessario uno starter e un reattore che fornisca la sovratensione. È per questo motivo che i comuni neon non si accendono immediatamente e producono il loro caratteristico sfarfallio prima dell'accensione completa.

Le **lampade tubolari LED** sono tubi perlopiù in plastica, non contengono né gas nobile da ionizzare né mercurio e si accendono istantaneamente senza bisogno di starter e reattore. Non producono calore, non emettono né contengono sostanze nocive e non hanno bisogno di manutenzione.

La maggiore efficienza dei tubi a LED consiste inoltre in una maggiore resa luminosa. I neon infatti emettono luce a 360° per cui parte di essa viene dispersa. Al contrario, i tubi a LED irradiano luce nel ventaglio dei 120° sottesi all'elemento luminoso lineare, cosicché il 100% della luce prodotta viene sfruttata e diretta verso la superficie da illuminare, senza dispersioni e senza dover ricorrere ad altri elementi riflettenti. Questo, scheda tecnica alla mano, si traduce in una maggiore efficienza a parità di flusso luminoso rispetto ai comuni tubi al neon.

##### Descrizione dei lavori

La sostituzione delle lampade è semplice e bastano pochissimi accorgimenti in base al tipo di trasformatore presente.

Se si utilizza un trasformatore convenzionale, occorrerà sostituire lo starter tradizionale con un apposito starter per LED; nel caso in cui sia presente un reattore elettronico, si dovrà provvedere all'eliminazione dello starter e del reattore ed inserire solo il nuovo LED.

Occorre quindi verificare la compatibilità delle nuove lampade con la tipologia di plafoniere esistenti, sia a livello di flusso luminoso che di resa cromatica, oltre che le caratteristiche dimensionali delle sorgenti luminose ed il tipo di reattore installato.

Attualmente all'interno dell'edificio sono installate lampade fluorescenti di vecchia generazione tipo neon T8 di diversa potenza.

I corpi illuminanti presenti sono di poche tipologie principali che nel progetto di efficientamento dei corpi illuminanti hanno trovato le corrispondenze riportate nella seguente tabella.

Figura 8.7 – Esempio comparativo lampade neon e LED





STATO DI FATTO					PROGETTO					
DESCRIZIONE	NUMERO PLAFONIERE	NR LAMPADE/PLAFONIERA	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA	DESCRIZIONE	NUMERO PLAFONIERE	NR LAMPADE/PLAFONIERA	NUMERO LAMPADE TOT	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]					[W]	[W]
Faretti alogeni	6	1	150	900	Faretti LED	6	1	6	47	282
T8 Fluorescenti 1X18	13	1	18	234	LED 1x10W	13	1	13	10	130
T8 Fluorescenti 1X36	9	1	36	324	LED 1x16W	9	1	9	16	144
T8 Fluorescenti 2X58	21	2	58	2436	LED 2x10W	21	2	42	24	1008
T8 Fluorescenti 2X36	19	2	36	1368	LED 2x16W	19	2	38	16	608
T8 Fluorescenti 4X18	6	4	18	432	PANEL LED	6	-	-	32	192
<b>totale</b>	<b>74</b>			<b>5694</b>	<b>totale</b>	<b>74</b>				<b>2364</b>

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.6 e nella Figura 8.8.

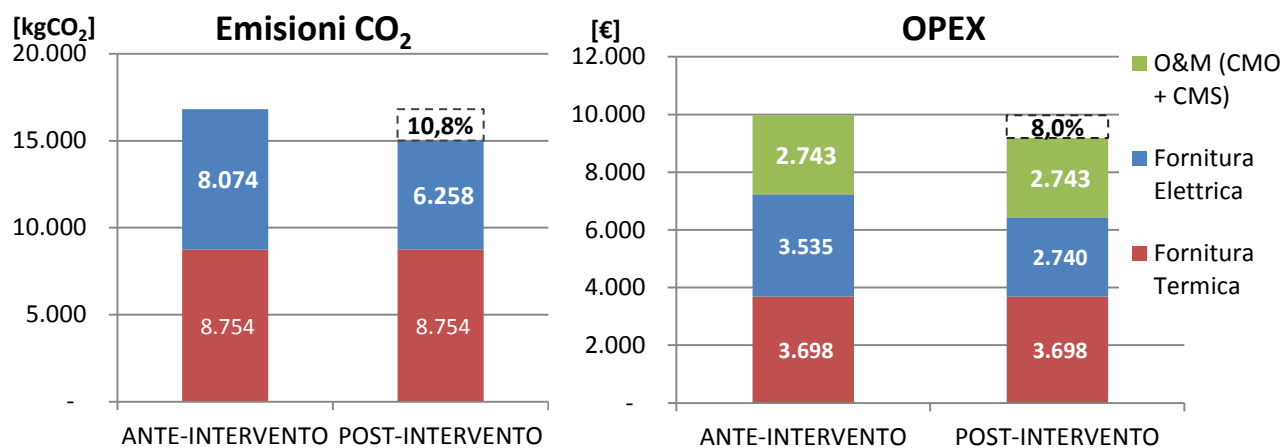
Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM5 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 [Potenza tot lampade]	[kW]	5,7	2,4	<b>57,9%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	42.763	42.763	<b>0,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.291	13.402	<b>22,5%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	43.339	43.339	<b>0,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	17.290	13.401	<b>22,5%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.754	8.754	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.074	6.258	<b>22,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>16.829</b>	<b>15.013</b>	<b>10,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	3.698	3.698	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.535	2.740	<b>22,5%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.233</b>	<b>6.438</b>	<b>11,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.468	2.468	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	274	274	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.743</b>	<b>2.743</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>9.976</b>	<b>9.181</b>	<b>8,0%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (1) 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: 0,085 [€/kWh] per il vettore termico e 0,204 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8.8 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### **EEM1: Sostituzione infissi esistenti**

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione degli infissi esistenti, con altri ad alte prestazioni termiche. Per la valutazione economica è stato ipotizzato un telaio in PVC e una vetrocamera 4-15-4 con gas Argon nell'intercapedine. Tali caratteristiche permettono il raggiungimento della trasmittanza termica necessaria per l'accesso al conto termico pari a 1,67 W/mqK. Inoltre, per garantire l'accesso all'incentivo, è stata considerata anche l'installazione delle valvole termostatiche sui corpi scaldanti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe dunque l'ottenimento degli incentivi previsti dal Conto Termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

“Sostituzione di chiusure trasparenti, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche...” (art.4, c.1, lett.b)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 450 €/mq o 100.000 €

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione infissi

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	TOTALE	TOTALE	TOTALE	
				UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]	
25.A05.H01.100	Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m <sup>2</sup> )	Prezziario Regione Liguria	141	m2	€ 36	€ 5.027	22%	€ 6.132
PR.A23.A30.010	Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m <sup>2</sup> K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m <sup>2</sup> 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	141	m2	€ 296	€ 41.737	22%	€ 50.920
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	47	m	€ 7	€ 324	22%	€ 396
20.A80.A30.010	Sola posa in opera di finestra o portafinestra, in alluminio, PVC, legno, acciaio esclusa la fornitura e posa dicontrotelaio	Prezziario Regione Liguria	141	m2	€ 39	€ 5.533	22%	€ 6.750
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria	23	cad	€ 32	€ 733	22%	€ 894
PR.C47.H10.085	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione singola con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevBlenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 60 m <sup>3</sup> /h	Prezziario Regione Liguria	1	cad	€ 2.064	€ 2.064	22%	€ 2.518
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi	Prezziario Regione Liguria	1	cad	€ 45	€ 45	22%	€ 55

del diametro nominale di: maggiore di  
40 mm fino a 65 mm

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	€ 20	€ 20	22%	€ 25
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	24	h	€ 29	€ 689	22%	€ 840
	Costi per la sicurezza		3%	%		€ 1.685	22%	€ 2.056
	Costi progettazione (in % su importo lavori)		7%	%		€ 3.932	22%	€ 4.797
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 61.790</b>	<b>22%</b>	<b>€ 75.383</b>
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico]</b>						<b>€ 30.153,29</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 6.030,66</b>

### EEM2: Isolamento pareti con cappotto interno

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'isolamento delle pareti perimetrali disperdenti sul lato interno, per mezzo di strato isolante in lana di vetro e cartongesso di chiusura.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Isolamento pareti verticali dall'interno (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 62,30 €/mq

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Cappotto interno

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/m <sup>2</sup> cm]	[€]	[%]	[€]
05.P68.A60.005	Distacco dall'impianto di tutti i tipi di corpi scaldanti, di qualsiasi dimensione, compresi i materiali di consumo per sostituzione o demolizione Di qualsiasi dimensione	Prezzario Regione Piemonte	23	cad	€ 10	€ 240	22 %	€ 293
1C.06.550.0310.f	Controparete termoisolante e fonoassorbente realizzata con lastre in gesso rivestito a bordi assottigliati, spessore 12,50 mm, incollate a pannelli di lana di vetro idrorepellente prodotta con almeno l'80% di vetro riciclato e con un esclusivo legante brevettato di origine naturale che garantisce la massima qualità dell'aria, con barriera al vapore costituita da un foglio di alluminio interposto tra il pannello in lana di vetro e la lastra di gesso rivestito. Conducibilità termica dichiarata $\lambda_D$ spessori 20 ÷ 50 mm 0,031 W/m.K (lana di vetro); Conducibilità termica dichiarata $\lambda_D$ spessori 60 ÷ 80 mm 0,034 W/m.K (lana di vetro); Conducibilità termica dichiarata $\lambda_D$ 0,025 W/m.K (lastra di gesso rivestito). Classe di reazione al fuoco spessori 20 ÷ 50 mm A2-s1,d0 Resistenza alla diffusione del vapore acqueo $\mu$ lastra in gesso rivestito: 10 (campo secco), 4 (campo umido).	Prezzario Milano	208	mq	€ 37	€ 7.772	22 %	€ 9.481

Applicate direttamente alla parete con incollaggi in gesso, compresa la rasatura dei giunti, i piani di lavoro interni e l'assistenza muraria, negli spessori mm: - spessore 12,50 + 80 mm di lana di vetro

05.P68 .B20.0 05	Riattacco agli impianti di tutti i tipi di corpi scaldanti, di qualsiasi dimensione, compresi i materiali di consumo Di qualsiasi dimensione	Prezzario Regione Piemonte	23	cad	€ 14	€ 331	22 %	€ 404
20.A90 .B20.0 10	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	208	m2	€ 6	€ 1.314	22 %	€ 1.603
<b>TOTALE PARZIALE LAVORI</b>						<b>€ 9.657</b>	<b>22 %</b>	<b>€ 11.782</b>
Costi per la sicurezza		-	3%	%	€ 290	22 %	€ 353	
Costi progettazione (in % su importo lavori)		-	7%	%	€ 676	22 %	€ 825	
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2)</b>						<b>€ 10.623</b>	<b>22 %</b>	<b>€ 12.960</b>
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico]</b>					€ 5.184	
<b>Durata incentivi</b>							€ 5	
<b>Incentivo annuo</b>							€ 1.037	

### EEM3: Installazione valvole termostatiche

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori dell'edificio accoppiata ad un'elettropompa con tecnologia inverter per un uso più efficiente.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Installazione di tecnologie di Building Automation (art.4, c.1, lett.g)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 25 €/mq oppure 50.000€
- Costo unitario valutato per l'intervento: 8 €/mq

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Regolazione impianto termico con valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]

PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: $\varnothing$ 15 mm	Prezzario Regione Liguria	23	cad	€ 32	€ 733	22%	€ 894
PR.C47.H10.085	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione singola con attacchi flangiati, $\varnothing$ 80, PN6, prevBlenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 60 m <sup>3</sup> /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.064	€ 2.064	22%	€ 2.518
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 45	€ 45	22%	€ 55
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	€ 20	€ 20	22%	€ 25
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	24	h	€ 29	€ 689	22%	€ 840
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 107	22%	€ 130
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 249	22%	€ 303
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 3.906</b>	<b>22%</b>	<b>€ 4.766</b>
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico]</b>				<b>€ 1.906</b>		
<b>Durata incentivi</b>						<b>5</b>		
<b>Incentivo annuo</b>						<b>€ 381</b>		

#### **EEM4: Sostituzione impianto di generazione riscaldamento e ACS**

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di un generatore a condensazione alimentato a gas metano per la produzione combinata di riscaldamento e ACS, compresa l'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori della scuola per ottenere l'accesso agli incentivi.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Installazione di generatore di calore a condensazione con  $P_{n\text{ int}} > 35$  kW (art.4, c.1, lett.c)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 130 €/mq oppure 40.000€
- Costo unitario incentivato: 97 €/mq

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione impianto di generazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Rimozione generatore esistente $P_n > 35$ e $P_n \leq 70$	CCIAA RE	2	cad	€ 901	€ 1.803	22%	€ 2.199

PR.C84.C05 .490	Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 80 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 121	€ 121	22%	€ 147
05.A01.A03 .010	Fornitura in opera di caldaia murale a condensazione per installazione in gruppo modulare con potenza al focolare > di 34,9 kW, di qualunque tipo, forma e dimensione completa di tutti gli accessori per garantire il corretto funzionamento, con accensione elettronica, controllo della fiamma a ionizzazione, pannello di comando della caldaia integrato, rendimento 4 stelle, classe NOx 5, con esclusione del solo raccordo fumario. Compresa la verifica circolazione idraulica, impostazione parametri di funzionamento, analisi della combustione, compilazione di libretto di centrale. F.O. di caldaia murale a condensazione, potenza al focolare 65 kW.	Prezzario Regione Piemonte	1	cad	€ 3.739	€ 3.739	22%	€ 4.561
PR.C76.A30 .020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 19	€ 19	22%	€ 23
PR.C76.A30 .015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 26	€ 26	22%	€ 31
40.A10.B20 .030	Fornitura e posa di tubo di acciaio mannessman EN10255 serie media, pretrattato con resine epossidiche. Compreso la staffatura, i fondelli, il trattamento protettivo delle giunte e delle saldature. Per costruzione di collettori di distribuzione, fino a 3 attacchi, in arrivo o partenza. Del diametro di 80 mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 561	€ 1.121	22%	€ 1.368
PR.C17.A15 .010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	23	cad	€ 32	€ 733	22%	€ 894
PR.C47.H10 .085	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione singola con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevBlenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 60 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.064	€ 2.064	22%	€ 2.518
40.E10.A10. 020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 45	€ 45	22%	€ 55
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	€ 20	€ 20	22%	€ 25
RU.M01.A0 1.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 31	€ 465	22%	€ 567
RU.M01.E0 1.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 29	€ 1.148	22%	€ 1.400
20.A15.B10 .015	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo	Prezzario Regione Liguria	100	m³km	€ 4	€ 425	22%	€ 518



mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.

Costi per la sicurezza	-	3%	%	€ 352	22%	€ 429
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€ 821	22%	€ 1.002
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>				<b>€ 12.900</b>	<b>22%</b>	<b>€ 15.738</b>
<b>Incentivi</b>			<b>[Conto termico]</b>			<b>€ 6.295</b>
<b>Durata incentivi</b>						€ 5
<b>Incentivo annuo</b>						€ 1.259

**EEM5: Sostituzione lampade con apparecchi LED**

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione delle lampade fluorescenti attualmente installate con lampade LED.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Installazione lampade LED (art.4, c.1, lett.f)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq oppure 70.000 €;
- Costo unitario valutato per l'intervento: 15 €/mq

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Retrofit illuminazione

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U. M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
					[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]	
1E.06.06 0.0210.a	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - Lunghezza 600 mm - flusso luminoso 825 lm potenza 10 w	Prezzari o Milano	13	cad	€ 21	€ 276	22%	€ 337	
1E.06.06 0.0210.c	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - Lunghezza 1200 mm - flusso luminoso 1600 lm potenza 16 w	Prezzari o Milano	47	cad	€ 31	€ 1.467	22%	€ 1.790	
1E.06.06 0.0040.a	Proiettore orientabile da esterno / interno idoneo per impianti sportivi. Prodotto in conformità alle norme EN 60598 CEI 34-21, grado di protezione in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e telaio in alluminio pressofuso con sistemi alettati di raffreddamento, diffusore in vetro temperato spessore 5 mm resistente agli shock termici ed agli urti, verniciatura a polvere poliestere resistente alla corrosione e alle nebbie saline, completo di staffa in acciaio inox con scala goniometrica orientabile zincata e verniciata - ottica ad alto rendimento con recuperatori di flusso: grado di protezione IP65- IK08 - equipaggiato con lampade led 4000K 6400 Lm potenza 47 w	Prezzari o Milano	6	cad	€ 257	€ 1.541	22%	€ 1.880	
1E.06.06 0.0210.d	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - Lunghezza 1600 mm - flusso luminoso 2065 lm potenza 24 w	Prezzari o Milano	42	cad	€ 41	€ 1.713	22%	€ 2.090	
1E.06.06 0.0120.b	Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione. Prodotto in conformità alle norme EN 60598-1 CEI 34-21, classe di isolamento I e grado di protezione IP40 - IK06 in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e cornice stampato in policarbonato bianco infrangibile ed autoestinguente, diffusore estruso in tecnopolimero opale ad alta trasmittanza, completa di sistema dimmer; equipaggiata con lampada led 4000K 3700 lm potenza 31 w, modulo da: 600 x 600 mm	Prezzari o Milano	6	cad	€ 222	€ 1.332	22%	€ 1.625	
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 190	22%	€ 232	
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 443	22%	€ 541	
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 6.962</b>	<b>22%</b>	<b>€ 8.494</b>	
<b>Incentivi</b>		<b>Conto termico</b>					<b>€ 3.398</b>		
<b>Durata incentivi</b>							<b>5</b>		
<b>Incentivo annuo</b>							<b>€ 680</b>		

Nota (1) I costi delle lampade sono comprensivi di montaggio e smontaggio dell'esistente, compreso lo smaltimento

## 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: Sostituzione infissi**

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– Sostituzione infissi

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	75.383
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	6.031
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	33,8	19,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	53,0	32,9
Valore attuale netto	VAN	- 33.693	- 6.846
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,9%	2,8%
Indice di profitto	IP	-0,45	-0,09

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

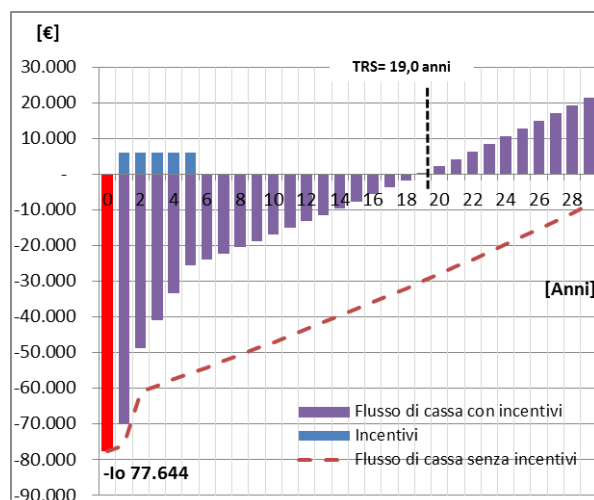
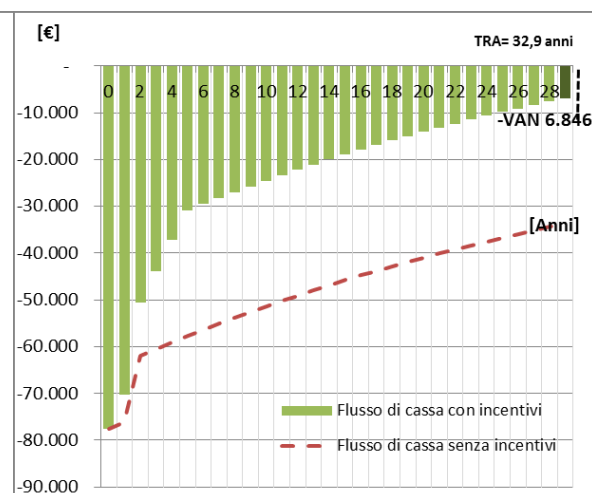


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un ritorno economico molto lungo nel tempo, che rientra nella vita utile del componente solo considerando gli incentivi del conto termico senza attualizzazione dei flussi di cassa. Tuttavia l'intervento si presenta altamente consigliato dal punto di vista dello scarso stato di conservazione degli infissi esistenti.

### **EEM2: Isolamento pareti con cappotto interno**

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Coibentazione interna pareti verticali

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	12.960
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	1.037
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	24,1	13,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	40,3	22,9
Valore attuale netto	VAN	- 3.419	1.196
Tasso interno di rendimento	TIR	1,4%	5,1%
Indice di profitto	IP	-0,26	0,09

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

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

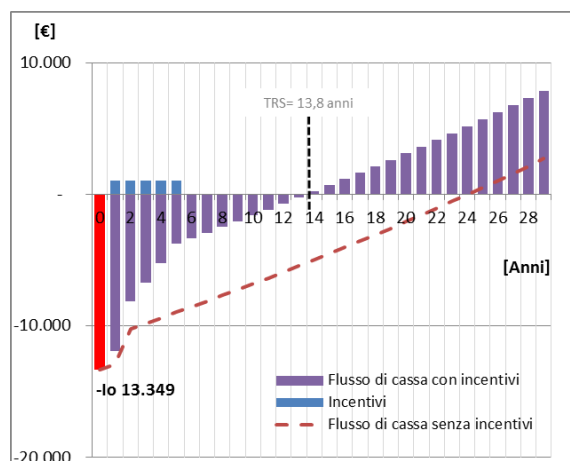
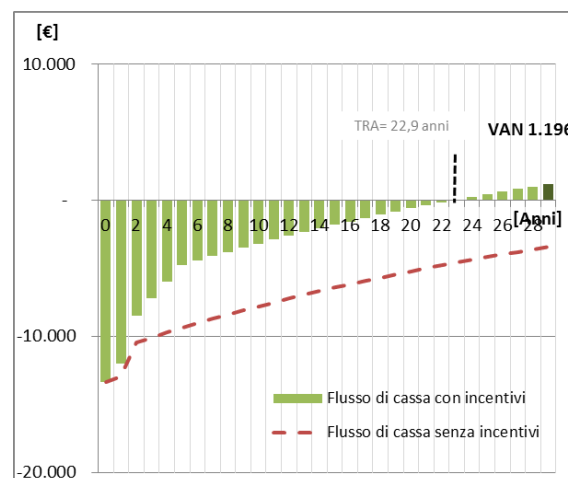


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un tempo di ritorno economico, sia semplice che attualizzato, conveniente rispetto alla sua vita utile solo se accompagnato dagli incentivi.

### **EEM3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili**

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Installazione VT

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	4.766
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	381
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	6,3	3,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,5	4,6
Valore attuale netto	VAN	3.101	4.798
Tasso interno di rendimento	TIR	13,0%	19,4%
Indice di profitto	IP	0,65	1,01

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

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

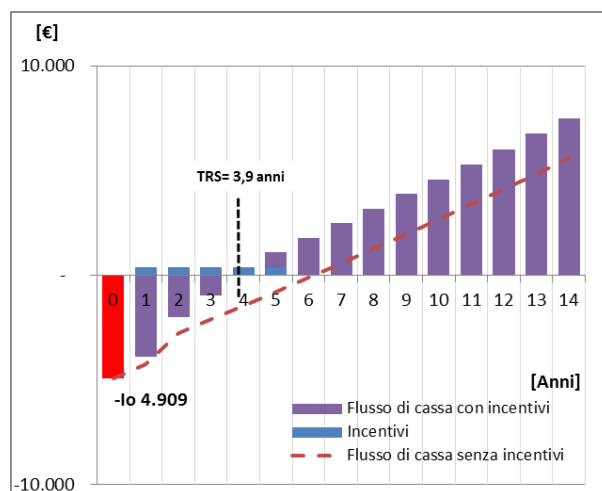
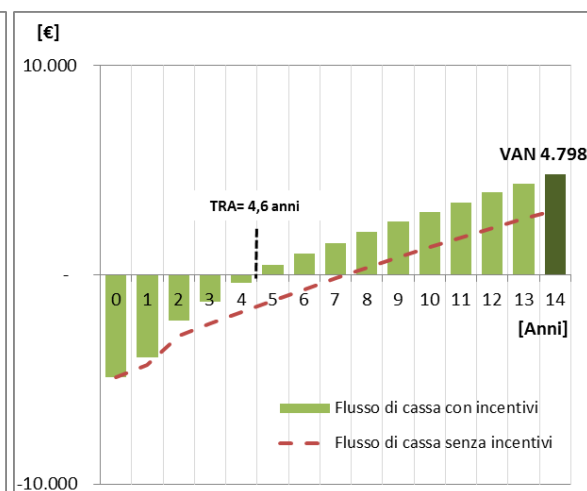


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un ritorno economico conveniente rispetto alla sua vita utile con e senza incentivi.

#### **EEM4: Sostituzione generatori di calore**

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

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– Impianto termico

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€ 15.738
Oneri Finanziari %Io	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n <sub>IVA</sub>	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno 1.259
Durata incentivo	n <sub>B</sub>	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	11,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	16,7
Valore attuale netto	VAN	- 1.690
Tasso interno di rendimento	TIR	2,2%
Indice di profitto	IP	-0,11
		VALORE CON INCENTIVI
		6,8
		8,9
		3.915
		8,7%
		0,25

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



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

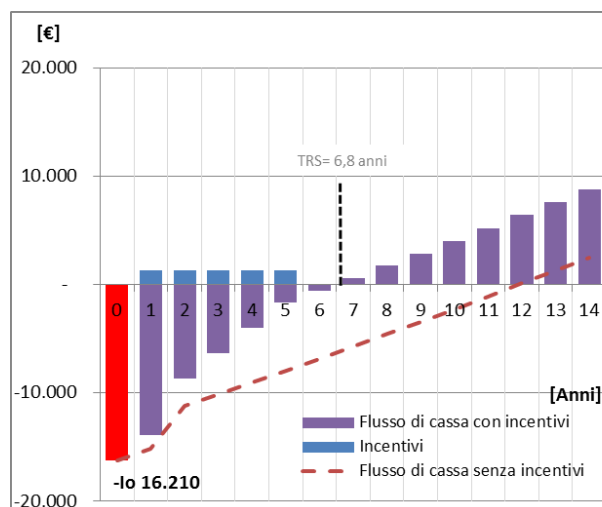
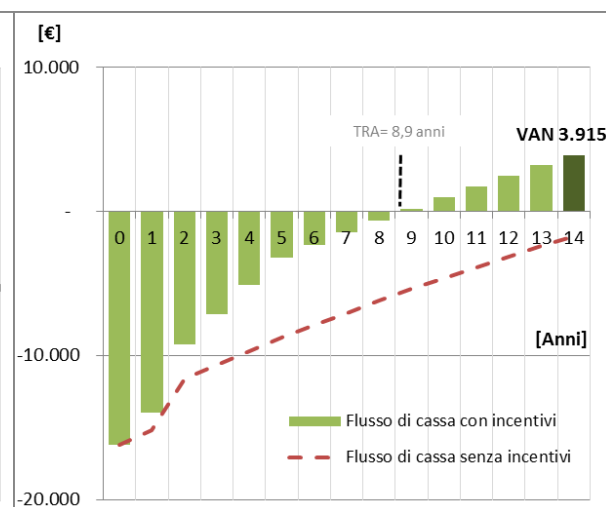


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento, se incentivato dal conto termico, ha un buon ritorno economico rispetto alla vita utile delle apparecchiature.

### **EEM5: Sostituzione lampade con apparecchi LED**

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5– Luci a LED

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	8.494
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	680
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	10,4	5,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	13,8	7,7
Valore attuale netto	VAN	150	3.175
Tasso interno di rendimento	TIR	4,3%	10,7%
Indice di profitto	IP	0,02	0,37

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

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

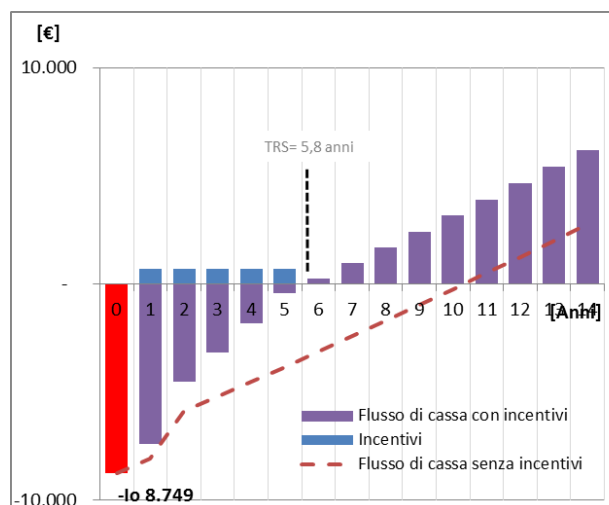
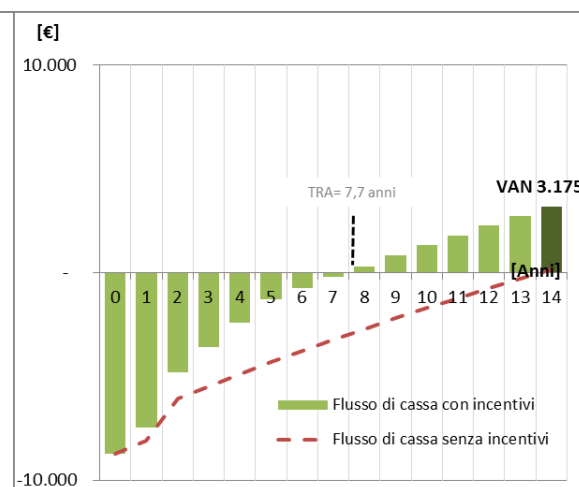


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un buon ritorno economico semplice rispetto alla vita utile delle apparecchiature installate, sia senza che con incentivo.

Si noti che è stata adottata una vita utile delle lampade pari a 15 anni, derivante dal rapporto tra la durata in ore delle lampade LED (almeno 30.000 ore) e la stima di accensione annua delle luci nella scuola (circa 2.000 ore).

## 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: Infissi	36,8%	27,2%	1936	0	0	75383	33,8	53,0	30	-33693	-0,9%	-0,45
EEM 2: Cappotto	9,1%	6,7%	479	0	0	12960	24,1	40,3	30	-3419	1,4%	-0,26
EEM 3: Valvole termostatiche	14,5%	10,8%	767	0	0	4766	6,3	7,5	15	3101	13,0%	0,65
EEM 4: Caldaia	18,8%	14,1%	1003	247	27	15738	11,9	16,7	15	-1690	2,2%	-0,11
EEM 5: Corpi illuminanti	6,4%	10,8%	795	0	0	8494	10,4	13,8	15	150	4,3%	0,02

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;

- $\Delta_{CMS}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che l'intervento sull'involucro ha tempi di ritorno più lunghi rispetto agli interventi impiantistici, ma comunque convenienti dal punto di vista costi-benefici.

Gli interventi sugli impianti hanno un ottimo rapporto costi-benefici, anche senza incentivi.

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: Infissi	36,8%	27,2%	1936	0	0	75383	19,0	32,9	30	-6846	2,8%	-0,09
EEM 2: Cappotto	9,1%	6,7%	479	0	0	12960	13,8	22,9	30	1196	5,1%	0,09
EEM 3: Valvole termostatiche	14,5%	10,8%	767	0	0	4766	3,9	4,6	15	4798	19,4%	1,01
EEM 4: Caldaia	18,8%	14,1%	1003	247	27	15738	6,8	8,9	15	3915	8,7%	0,25
EEM 5: Corpi illuminanti	6,4%	10,8%	795	0	0	8494	5,8	7,7	15	3175	10,7%	0,37

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi sull'involucro hanno tempi di ritorno economici abbastanza lunghi se pur inferiori alla loro vita utile. Pertanto questi potrebbero essere presi in considerazione in caso di manutenzione straordinaria sul componente o insieme ad altri interventi in uno scenario unico di miglioramento energetico delle prestazioni dell'edificio. Gli interventi impiantistici risultano essere invece molto efficaci grazie agli incentivi, con tempi di ritorno attualizzati brevi rispetto alla loro vita utile.

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

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

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

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

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

Il secondo 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 primo 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 tn-esimo.

2) Loan Life Cover Ratio (LLCR):

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

Dove:

- $s$  è il periodo di valutazione dell'indicatore;
- $s+m$  è l'ultimo periodo di rimborso del debito;
- $FCO_n$  è il flusso di cassa per il servizio del debito;
- $D$  è il debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo;

- $i$  è il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa;
- $R$  è l'eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*).

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

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) 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: TRS<15 ANNI:** tale scenario consiste nell'efficientamento dell'impianto di illuminazione attraverso la sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con altri ad altissima efficienza e dell'impianto termico attraverso la sostituzione dei generatori esistenti con uno a condensazione, l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e la sostituzione del circolatore esistente con uno a giri variabili con tecnologia a inverter.
- **Scenario 2: TRS<25 ANNI:** tale scenario consiste in un insieme di interventi sia sull'impianto che sull'involucro edilizio, scelti in funzione del maggiore rapporto costi-benefici ottenibile. In particolare è stato valutato l'isolamento interno delle pareti; l'isolamento viene proposto per mezzo di un cappotto interno, dato che all'esterno l'intervento riguarderebbe l'intero immobile non oggetto della presente diagnosi. Gli altri interventi considerati sugli impianti sono la sostituzione del generatore di calore, la regolazione del riscaldamento tramite l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti, l'installazione di una pompa di circolazione a giri variabili e la sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.

### 9.3.1 Scenario 1: TRS < 15 ANNI

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

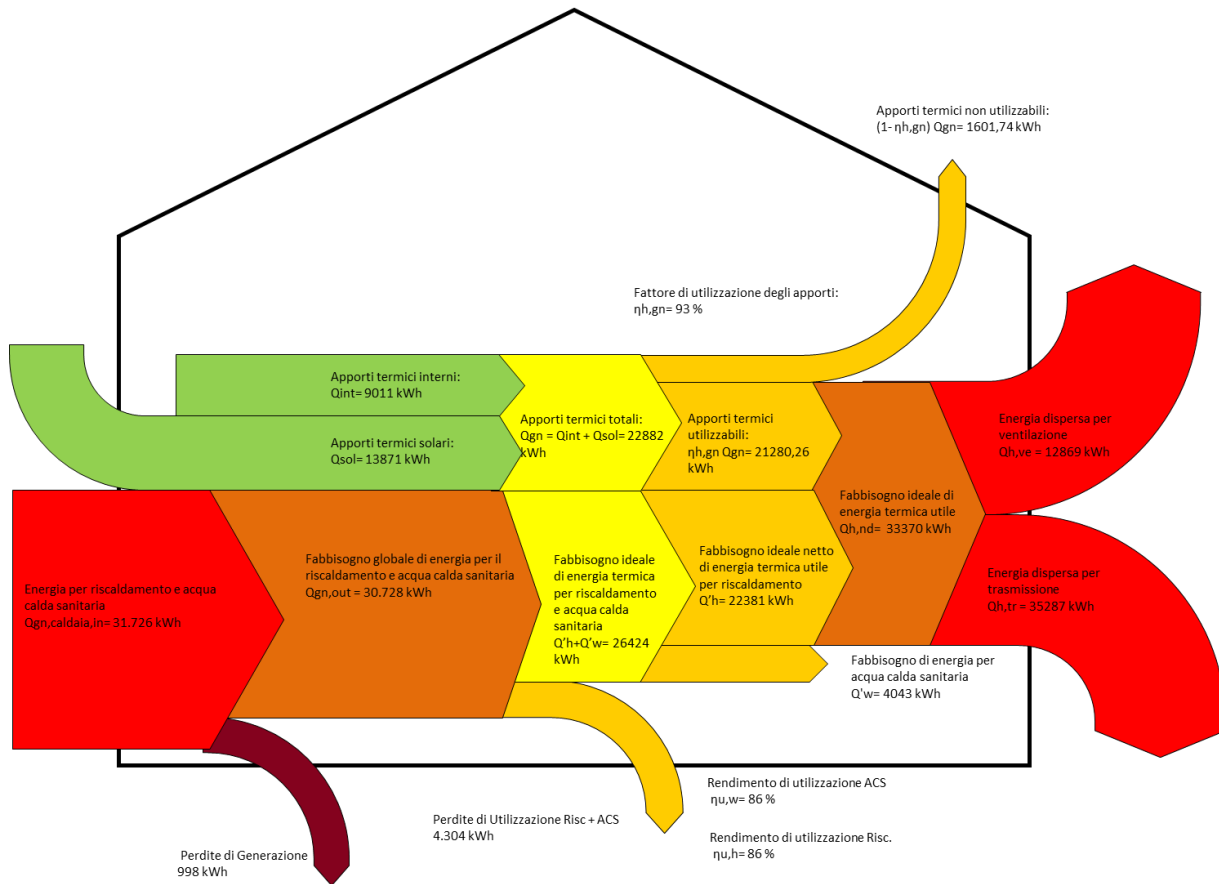
Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4: Sostituzione generatore + VT	11727	2580	14307
EEM5 FPO lampade LED	6330	1392	7722
Costi per la sicurezza	542	119	661
Costi per la progettazione	1264	278	1542
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>19863</b>	<b>4370</b>	<b>24232</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4 O&M	2221	247	2468
EEM5 O&M	0	0	0
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2221</b>	<b>247</b>	<b>2468</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	TOTALE (IVA ESCLUSA)
		[€]	[€]
Incentivi	[Conto termico]	9693	7945
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		1939	

L’incentivo complessivo è stato valutato secondo quanto riportato nell’Allegato I del Conto Termico 2.0. E’ stata considerata una riduzione della quota di manutenzione annuale pari al 10%, in quanto l’intervento prevede la riduzione da due a un solo generatore.

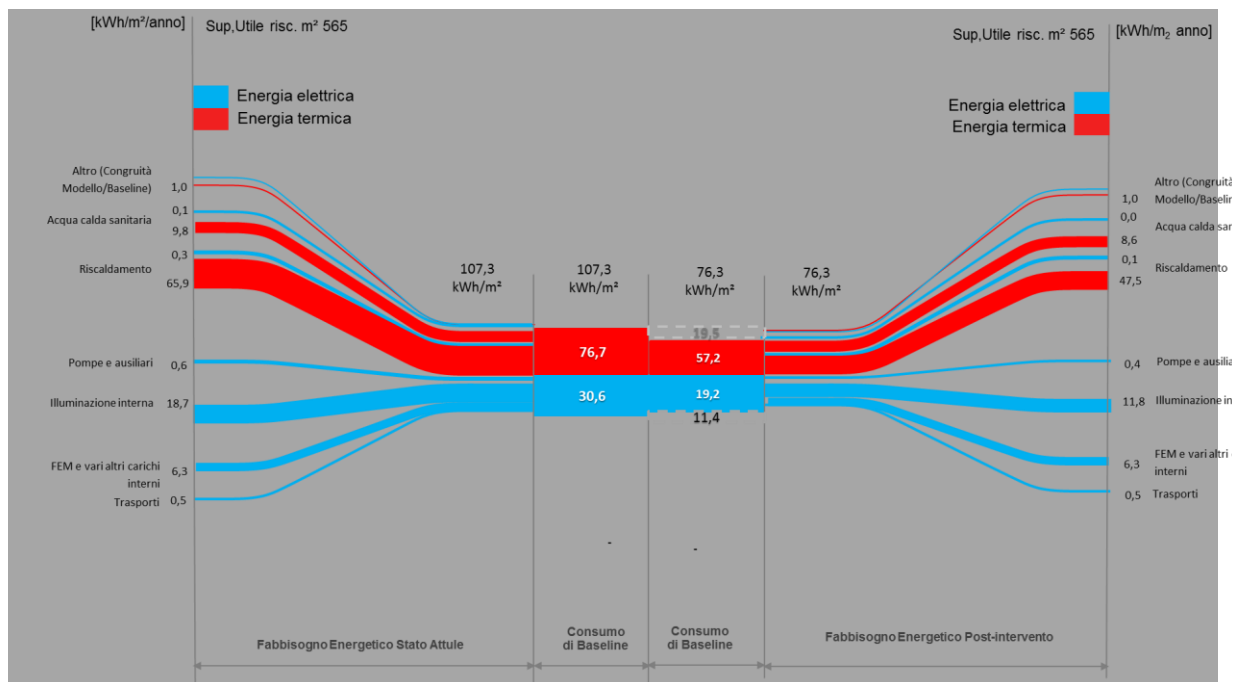
A seguito della modellazione dello scenario ottimale è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che si ha una diminuzione delle perdite di utilizzazione del riscaldamento grazie al nuovo generatore e alla regolazione dell’impianto.

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

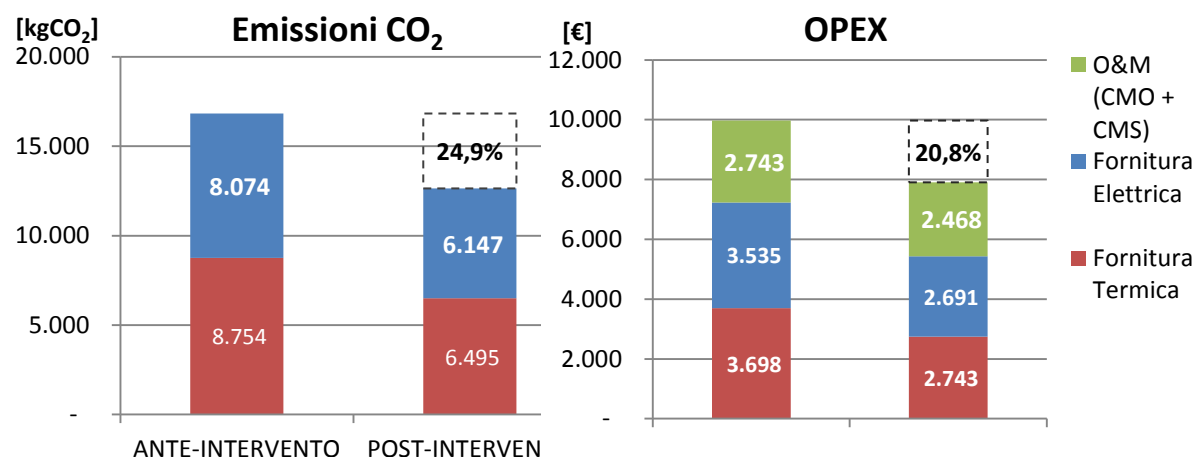
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 [Rendimento di generazione]	[%]	92	97	16,5%
EM5 [Potenza tot lampade]	[kW]	5,7	2,4	57,9%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	42.763	31.725	<b>25,8%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.291	13.163	<b>23,9%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	43.339	32.152	<b>25,8%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	17.290	13.162	<b>23,9%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.754	6.495	<b>25,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.074	6.147	<b>23,9%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>16.829</b>	<b>12.642</b>	<b>24,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	3.698	2.743	<b>25,8%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.535	2.691	<b>23,9%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>€</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.233</b>	<b>5.435</b>	<b>24,9%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.468	2.221	<b>10,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	274	247	<b>9,9%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.743</b>	<b>2.468</b>	<b>10,0%</b>
OPEX	[€]	<b>9.976</b>	<b>7.903</b>	<b>20,8%</b>
Classe energetica (APE)	[-]	E	D	+1 classe

Figura 9.13.

Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – TRS <15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 [Rendimento di generazione]	[%]	92	97	16,5%
EM5 [Potenza tot lampade]	[kW]	5,7	2,4	57,9%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	42.763	31.725	<b>25,8%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.291	13.163	<b>23,9%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	43.339	32.152	<b>25,8%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	17.290	13.162	<b>23,9%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.754	6.495	<b>25,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.074	6.147	<b>23,9%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>16.829</b>	<b>12.642</b>	<b>24,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	3.698	2.743	<b>25,8%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.535	2.691	<b>23,9%</b>

Fornitura Energia, C <sub>e</sub>	[€]	7.233	5.435	24,9%
C <sub>MO</sub>	[€]	2.468	2.221	10,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	274	247	9,9%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	2.743	2.468	10,0%
OPEX	[€]	9.976	7.903	20,8%
Classe energetica (APE)	[-]	E	D	+1 classe

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE	Conviene		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		8,69
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		13,50
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	676
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		4,62%
Indice di Profitto			IP
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE	Conviene		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,86
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		3,35
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	573
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		16,40%
Debit Service Cover Ratio			DSCR < 1,3
Loan Life Cover Ratio			LLLCR < 1
Indice di Profitto Azionista			IP

e nelle successive figure.

Nell'elaborazione del PEF non è stato possibile prevedere un margine di riduzione della spesa per la PA durante la gestione dell'investimento, l'investimento resta comunque conveniente alla fine del periodo.

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell’analisi di redditività dello SCN1– TRS&lt;15 ANNI

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	$n_I$		1
Anni Gestione Servizio	$n_S$		14
Anni Concessione	$n$		15
Anno inizio Concessione	$n_0$		2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$		10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$		2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC		4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$		4,00%
Inflazione ISTAT	$f$		0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$		0,70%
%, interessi debito	$k_D$		3,82%
%, interessi equity	$k_E$		9,00%
Aliquota IRES	IRES		24,0%
Aliquota IRAP	IRAP		3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$		27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$		10
Anni Equity	$n_E$		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€	24.232
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	727
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	24.959
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	$I_D$	€	19.967
Equity	$I_E$	€	4.992
Fattore di annualità Debito	$FA_D$		8,30
Rata annua debito	$q_D$	€	2.405
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	24.052
Costi per interessi debito, $INT_D$	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	4.084

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	5.929
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	2.248
<b>Spesa PA pre-intervento (Baseline)</b>	$C_{Baseline}$	€	<b>8.177</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	€	-	
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$		24,9%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$		% $\Delta C_M$
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$		% $C_{Baseline}$
<b>Risparmio annuo PA garantito</b>			<b>14,7%</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	€	-	
Risparmio PA durante la concessione	8%	€	12.144
Risparmio annuo PA al termine della concessione	€	2.035	
N° di Canoni annuali			anni
Utile lordo della ESCO			%CAPEX

Costo Contrattuale ESCO (EBT) €/anno IVA escl.	<b>C<sub>ESCO</sub></b>	€	130
Costi FTT €/anno IVA escl.			<b>C<sub>FTT</sub></b>
Costi CAPEX €/anno IVA escl.			<b>C<sub>CAPEX</sub></b>
Canone O&M €/anno			<b>C<sub>nM</sub></b>
Canone Energia €/anno			<b>C<sub>nE</sub></b>
<b>Canone Servizi €/anno IVA escl.</b>			<b>C<sub>nS</sub></b>
<b>Canone Disponibilità €/anno IVA escl.</b>	<b>C<sub>nD</sub></b>	€	1.200
<b>Canone Totale €/anno IVA escl.</b>			<b>C<sub>n</sub></b>
Aliquota IVA %			
Rimborso erariale IVA			<b>R<sub>IVA</sub></b>
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	€	9.693
Durata Incentivi, anni			<b>n<sub>B</sub></b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE	Convieni	
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>8,69</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>13,50</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>€ 676</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	<b>4,62%</b>
Indice di Profitto		<b>IP</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE	Convieni	
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>2,86</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>3,35</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	<b>€ 573</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>16,40%</b>
Debit Service Cover Ratio		<b>DSCR &lt; 1,3</b>
Loan Life Cover Ratio		<b>LLCCR &lt; 1</b>
Indice di Profitto Azionista		<b>IP</b>

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

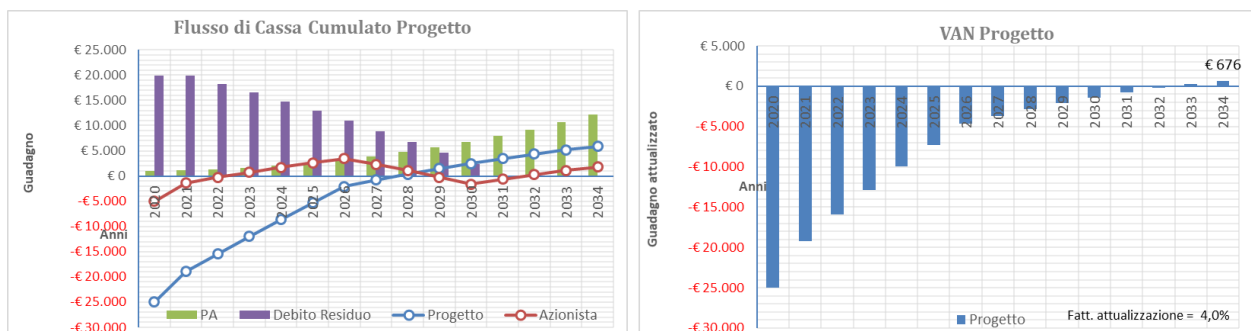
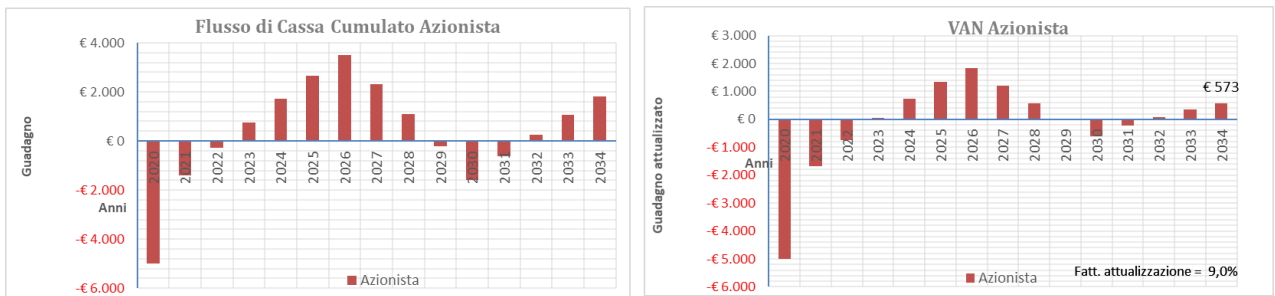


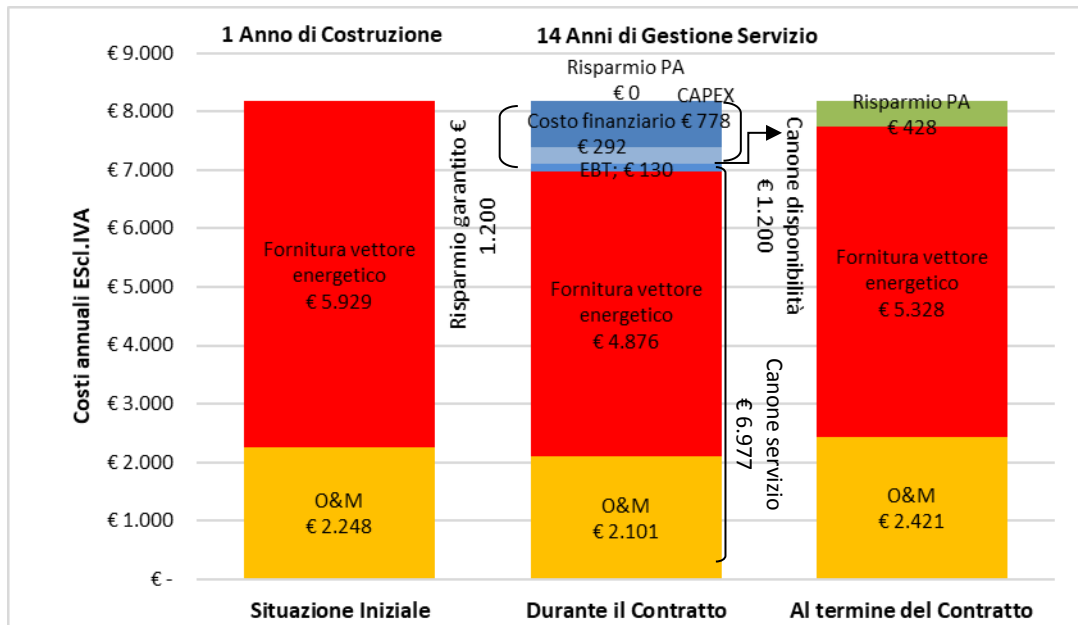
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che con le condizioni economico-finanziarie ipotizzate, gli interventi dello scenario hanno un DSCR maggiore di 1 e un tempo di ritorno semplice inferiore a 15 anni.

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

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: TRS < 25 ANNI

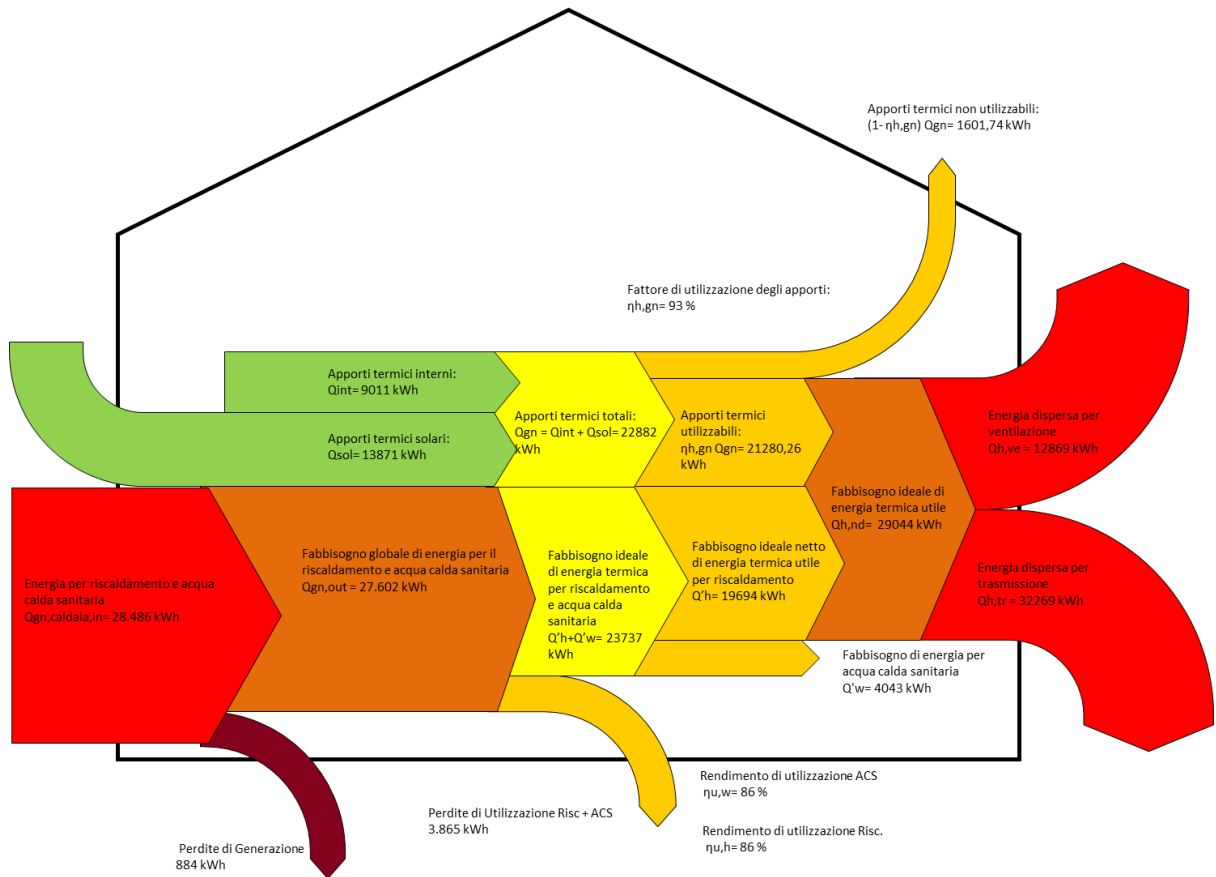
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Cappotto interno	9657	2125	11782
EEM4 Caldaia+VT	11727	2580	14307
EEM5 FPO lampade LED	6330	1392	7722
Costi per la sicurezza	831	183	1014
Costi per la progettazione	1940	427	2367
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>30486</b>	<b>6707</b>	<b>37193</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>Mo</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>Ms</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	2221	247	2468
EEM5 O&M	0	0	0
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>2221</b>	<b>247</b>	<b>2468</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	TOTALE (IVA ESCLUSA)
		[€]	[€]
Incentivi	[Conto termico]	20456	16767
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		4091	

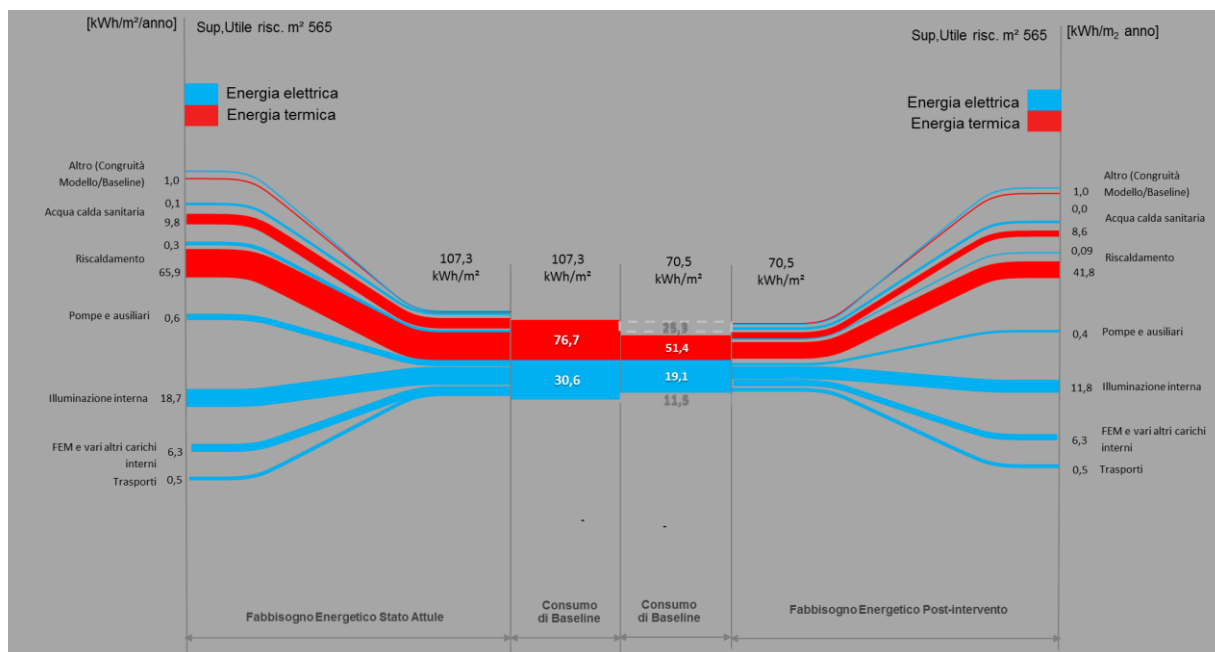
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che si ha una certa diminuzione delle perdite di calore attraverso l’involucro grazie all’isolamento delle pareti perimetrali, di conseguenza una diminuzione del fabbisogno di energia termica per l’impianto, inoltre sono diminuite sostanzialmente le perdite di generazione e di utilizzazione grazie all’intervento sulla centrale termica e sulla regolazione.

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



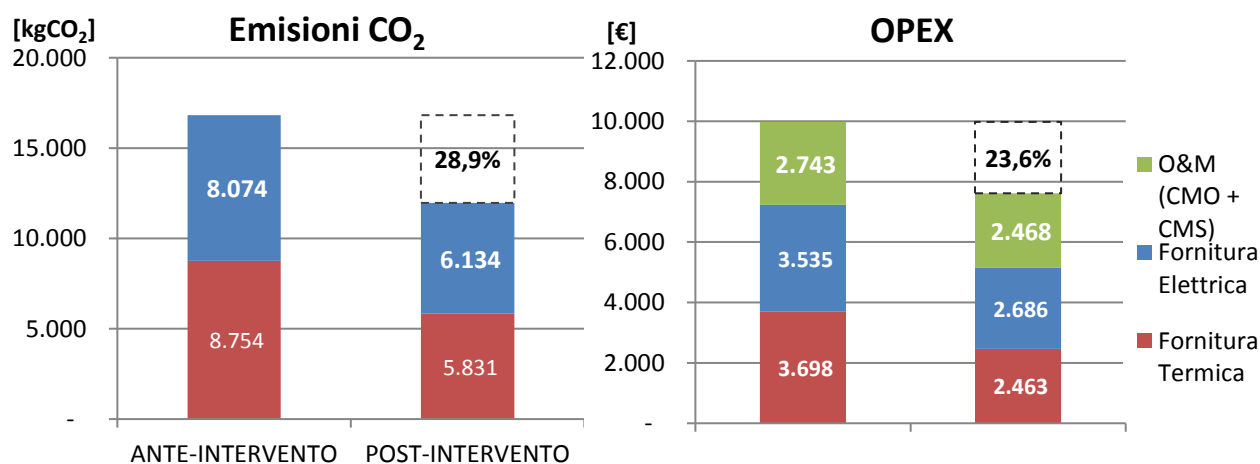


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.19

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – TRS <25 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Trasmittanza parete]	[W/m²K]	0,94	0,22	<b>76,6%</b>
EM4 [Rendimento di generazione]	[%]	92	97	<b>16,5%</b>
EM5 [Potenza tot lampade]	[kW]	5,7	2,4	<b>57,9%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	42.763	28.485	<b>33,4%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	17.291	13.135	<b>24,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	43.339	28.869	<b>33,4%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	17.290	13.134	<b>24,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.754	5.831	<b>33,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	8.074	6.134	<b>24,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>16.829</b>	<b>11.965</b>	<b>28,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	3.698	2.463	<b>33,4%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	3.535	2.686	<b>24,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>7.233</b>	<b>5.149</b>	<b>28,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	2.468	2.221	<b>10,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	274	247	<b>9,9%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.743</b>	<b>2.468</b>	<b>10,0%</b>
OPEX	[€]	<b>9.976</b>	<b>7.617</b>	<b>23,6%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Figura 9.19 – 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 SCN2– TRS&lt;25 ANNI

PARAMETRI FINANZIARI	$n_i$	1	
Anni Costruzione	$n_s$		24
Anni Gestione Servizio	$n$		25
Anni Concessione	$n_0$		2020
Anno inizio Concessione	$n_A$		10
Anni dell'ammortamento	$k_{CdP}$		2,00%
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	WACC		4,00%
Costo Capitale Azienda	$k_{pogetto}$		4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$f$		0,50%
Inflazione ISTAT	$f'$		0,70%
deriva dell'inflazione	$k_D$		3,82%
%, interessi debito	$k_E$		9,00%
%, interessi equity	IRES		24,0%
Aliquota IRES	IRAP		3,9%
Aliquota IRAP	$\tau$		27,90%
Aliquota fiscale	$n_D$		10
Anni debito (finanziamento)	$n_E$		24
Anni Equity	$l_0$	€	37.193
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	%Of		3,00%
Oneri Finanziari (costi indiretti)	Of	€	1.116
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	CAPEX	€	38.309
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	D		80,0%
%CAPEX a Debito	E		20,00%
%CAPEX a Equity	$l_D$	€	30.647
Debito	$l_E$	€	7.662
Equity	$FA_D$		8,30
Fattore di annualità Debito	$q_D$	€	3.692
Rata annua debito	$q_D * n_D$	€	36.916
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	6.269
Costi per interessi debito, $INT_D$	$n_i$		1

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	5.929
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	2.248
<b>Spesa PA pre-intervento (Baseline)</b>	$C_{Baseline}$	€	<b>8.177</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	% $\Delta C_E$		28,8%
Riduzione% costi O&M	% $\Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	% $C_{Baseline}$		0,0%
<b>Risparmio annuo PA garantito</b>	<b>13,5%</b>	€	<b>1.103</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	12%	€	34.148
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	2.606
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		23,65%
Costo Contrattuale ESCO (EBT) €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	378

Costi FTT €/anno IVA escl.	<b>C<sub>FTT</sub></b>	€	261
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	<b>C<sub>CAPEX</sub></b>	€	464
Canone O&M €/anno	<b>C<sub>nM</sub></b>	€	2.155
Canone Energia €/anno	<b>C<sub>nE</sub></b>	€	4.919
<b>Canone Servizi €/anno IVA escl.</b>	<b>C<sub>nS</sub></b>	€	7.074
<b>Canone Disponibilità €/anno IVA escl.</b>	<b>C<sub>nD</sub></b>	€	1.103
<b>Canone Totale €/anno IVA escl.</b>	<b>C<sub>n</sub></b>	€	<b>8.177</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	<b>R<sub>IVA</sub></b>	€	6.707
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	<b>R<sub>B</sub></b>	€	20.456
Durata Incentivi, anni	<b>n<sub>B</sub></b>		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

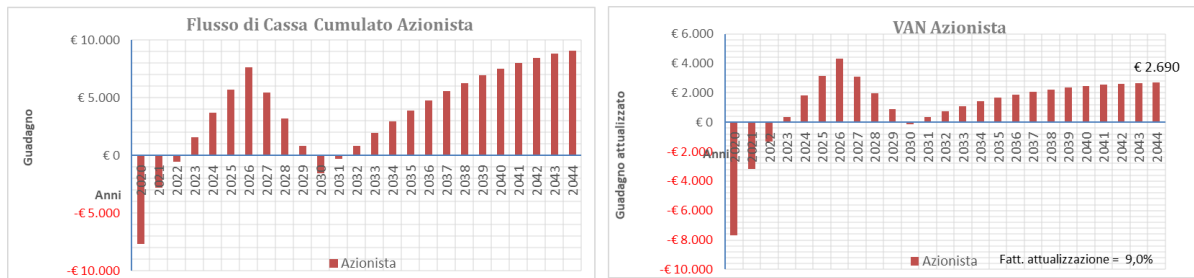
Tabella 9.22 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>7,57</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>12,72</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ <b>4.428</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>	<b>6,26%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>	<b>11,91%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>3,19</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>3,77</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ <b>2.690</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>23,09%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>1,101</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	<b>1,105</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>7,23%</b>

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



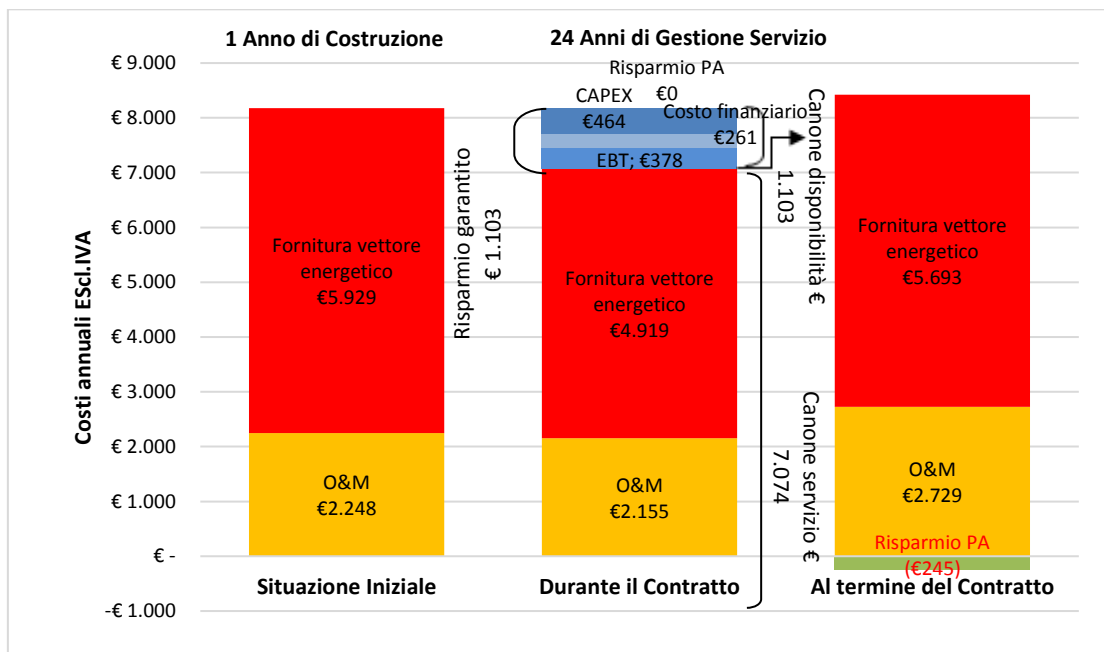
Figura 9.21 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che con le condizioni economico-finanziarie ipotizzate, gli interventi dello scenario risultano convenienti come investimento, sia per la PA che per un’eventuale società ESCO.

Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.22.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract

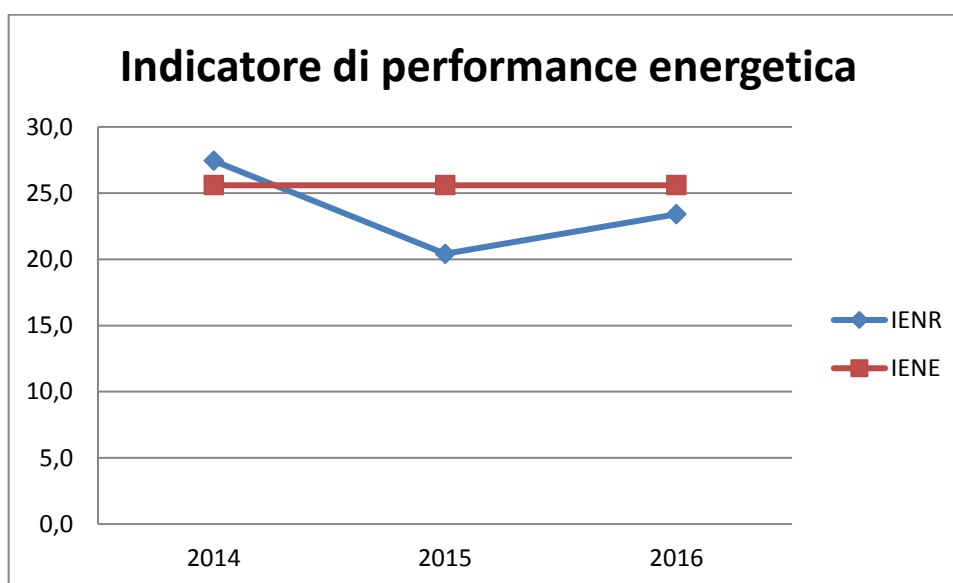


## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Nel presente documento sono stati individuate diverse tipologie di indici di performance energetica, tra cui IEN e ed IEN r, ricavati dal documento ENEA-FIRE “Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole” e gli indici calcolati secondo DM 26/06/2015.

Figura 10.1- Indicatori di performance energetica IEN



In riferimento al modello realizzato in funzionamento standard, così come richiesto per la redazione degli attestati di prestazione energetica, l’edificio oggetto di diagnosi risulta in classe energetica E, se confrontato con il relativo edificio di riferimento.

Nella seguente tabella sono riportati gli indicatori di prestazione energetica riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria non rinnovabile relativi allo stato di fatto e calcolati in condizioni standard.

Tabella 10.1 – Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – Stato di fatto

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	176,59	162,93
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	92,57	92,15
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	16,61	16,46
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	10,00	8,06
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	56,16	45,25
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	1,25	1,01
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	35	35

Nelle Tabella 10.2 e Tabella 10.3 sono invece riportati gli indici di prestazione energetica ricavati a seguito della valutazione dei 2 scenari di intervento descritti sopra.

Tabella 10.2– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN1

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	122,96	113,64
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	66,65	66,51
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	9,72	9,59
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	10,00	8,06
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	35,34	28,47
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	1,25	1,01
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	24	24

Tabella 10.3– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN2

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	113,31	104,01
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	57,01	56,89
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	9,72	9,59
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	10,00	8,06
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	35,34	28,47
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	1,25	1,01
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	22	22

Nelle tabelle precedenti si possono vedere in dettaglio i risultati sugli indicatori di prestazione energetica calcolati in modalità di funzionamento standard, che determinano il miglioramento delle classi energetiche a seconda che venga attuato rispettivamente lo scenario 1 o lo scenario 2 e che sono riassunte di seguito.

Tabella 10.4- Comparazione Classi energetiche dello SdF e degli Scenari calcolati in modalità standard (APE)

Descrizione	Cat. DPR 412	Sup. netta risc [mq]	Volume lordo risc [mc]	E <sub>pgl,nren</sub>	U.M.	Classe energetica	Miglioramento
Stato di Fatto	E.7	565	1908	162,9	kWh/m <sup>2</sup> anno	E	-
Scenario 1 TRS<15anni				113,64	kWh/m <sup>2</sup> anno	D	+1 classe
Scenario 2 TRS<25anni				104,01	kWh/m <sup>2</sup> anno	D	+1 classe

Come si può notare, nonostante un miglioramento degli indici di prestazione energetica grazie alla realizzazione degli scenari di riqualificazione energetica, non è comunque possibile registrare un salto di due classi energetiche come richiesto dal fondo Kyoto. Ciò è dovuto ad un cambio dell’edificio di riferimento nei nuovi scenari rispetto allo stato di fatto, in quanto tale edificio viene calcolato in base agli stessi consumi per illuminazione dell’edificio analizzato. Poiché è stato valutato un intervento di relamping con LED, i consumi dovuti ai fabbisogni elettrici diminuiscono, portando ad una nuova ridistribuzione delle classi dell’edificio.

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

A seguito dell'individuazione dei possibili interventi di efficientamento energetico, sono state proposte due soluzioni progettuali, SCN1 ed SCN2 con tempi di ritorno semplice rispettivamente minore di 15 e 25 anni, comprendenti i seguenti interventi:

- **Scenario 1: SCN1** – tale scenario consiste nell'efficientamento dell'impianto di illuminazione attraverso la sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con altri ad altissima efficienza e dell'impianto termico attraverso la sostituzione dei generatori esistenti con uno a condensazione, l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e la sostituzione del circolatore esistente con uno a giri variabili con tecnologia a inverter.
- **Scenario 2: SCN2** – tale scenario consiste in un insieme di interventi sia sull'impianto che sull'involucro edilizio, scelti in funzione del maggiore rapporto costi-benefici ottenibile. In particolare è stato valutato l'isolamento interno delle pareti; l'isolamento viene proposto per mezzo di un cappotto interno, dato che all'esterno l'intervento riguarderebbe l'intero immobile non oggetto della presente diagnosi. Gli altri interventi considerati sugli impianti sono la sostituzione del generatore di calore, la regolazione del riscaldamento tramite l'installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti, l'installazione di una pompa di circolazione a giri variabili e la sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.

Di seguito si riportano la riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> nelle due ipotesi adottate.

Figura 10.2 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

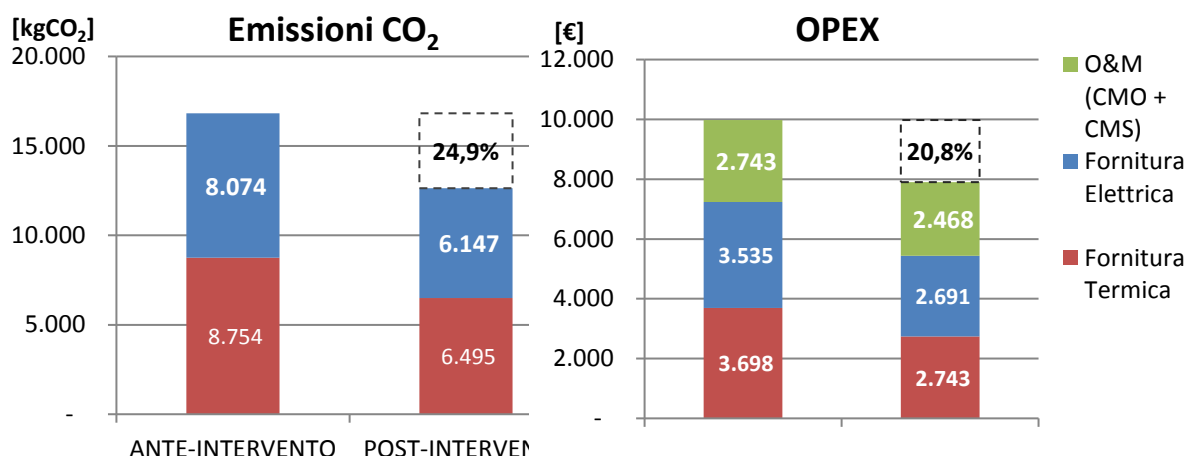
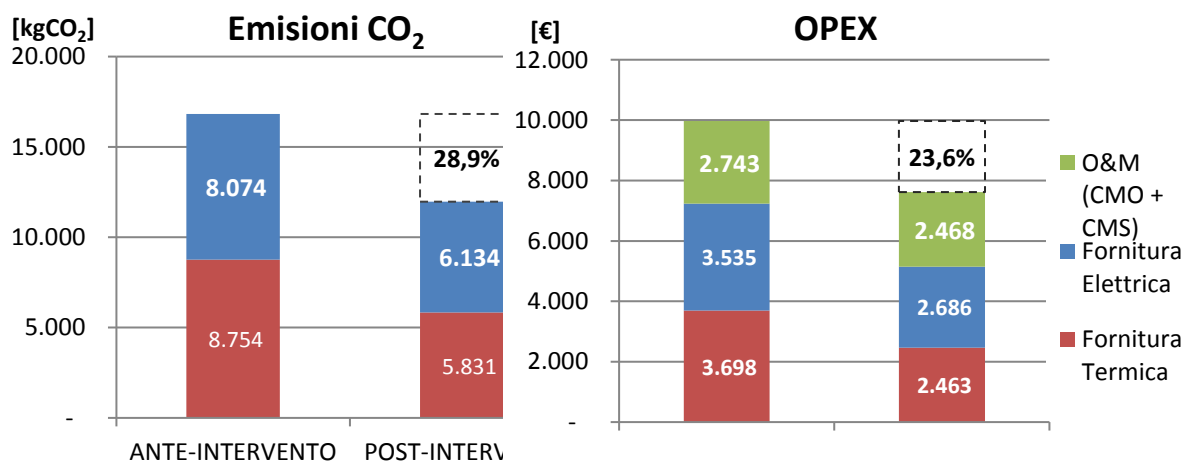


Figura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline





Come è possibile notare sono maggiori i risparmi in costi operativi e in emissioni nello scenario a 25 anni (SCN2), infatti sono più numerosi e più incisivi gli interventi effettuati sull’edificio. In entrambi gli scenari si raggiungono comunque buoni risultati sia in termini di riduzione delle emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l’energia.

L’edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere un buon margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sull’impianto termico ed il relamping dell’impianto elettrico.

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi relativi alle coibentazioni degli involucri edilizi con l’intervento di generazione e regolazione dell’impianto termico.

Le proposte presentate possono essere realizzate con un unico cantiere nel periodo di chiusura estiva della scuola, al fine di non creare interferenze o disturbi alle normali lezioni. Gli interventi sull’impianto termico devono avvenire fuori dal periodo di riscaldamento, poiché i lavori richiedono una momentanea interruzione del funzionamento dell’impianto stesso.

Al fine di misurare in modo efficace i risparmi energetici a valle delle azioni di efficientamento intraprese, si dovrebbe dotare l’edificio di un semplice sistema di monitoraggio dell’energia elettrica e termica. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, si potrebbe prevedere l’installazione di una apparecchiatura di misura a trasformatori amperometrici sul quadro elettrico generale; in questo modo si riuscirebbero a tenere sotto controllo i consumi globali della struttura e confrontarli con ciò che arriva dalla misura del distributore in fattura. Tuttavia l’installazione di diversi punti di misura per le diverse utenze (illuminazione, FEM, estrattore, etc), consentirebbe di valutare più accuratamente altri possibili margini di risparmio dell’energia, principalmente per quanto riguarda il comportamento delle persone che usufruiscono della struttura. Essendo i consumi termici più rilevanti dovuti alla sola climatizzazione invernale, sarebbe sufficiente l’installazione di un sistema di contabilizzazione del calore composto da un misuratore di portata e da una coppia di sonde di temperatura. In questo modo sarebbe possibile confrontare il consumo di gas naturale derivante dalle letture al contatore con la produzione di energia termica generata in centrale. Per entrambe le soluzioni di misura dei fabbisogni energetici esistono applicazioni ICT, ormai molto diffuse, in grado di monitorare quasi in tempo reale i consumi di energia.

### 10.3 RACCOMANDAZIONI

Di seguito sono riportate le raccomandazioni e le buone pratiche per il miglioramento dell’efficienza energetica, a completamento del lavoro di diagnosi energetica eseguito, che comprendono vari aspetti relativi l’edificio: dall’utilizzo della struttura fatta dagli utenti, alle modalità di utilizzo delle apparecchiature elettriche, all’illuminazione, agli aspetti gestionali e di formazione.

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
<b>Acquisti</b>	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in classe A o superiore.  Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.
<b>Apparecchiature elettriche</b>	Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei	Per non avere sprechi nelle ore di chiusura dell’edificio è possibile spegnere manualmente le apparecchiature elettriche prima dell’uscita del personale o programmare adeguatamente il

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>periodi di chiusura della struttura.</p>	<p>temporizzatore già inserito a bordo macchina dei modelli più recenti.</p> <p>Predisporre prese comandate per togliere l'alimentazione dai pc, dalle stampanti multifunzione e dalle apparecchiature informatiche in generale, in quanto il consumo in stand-by dei dispositivi elettrici / informatici può essere notevole quando questi sono molto numerosi all'interno dell'edificio (si stima che un pc spento consumi circa 7-8 Wh).</p> <p>Terminato l'uso, spegnere le macchinette portatili del caffè, in quanto il consumo di energia elettrica derivante da queste è significativo. Si stima che una macchinetta da caffè espresso consumi fino a 50 kWh all'anno dovuti al suo consumo in modalità stand-by.</p>
<p><b>Climatizzazione</b></p>	<p>Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.</p> <p>Corretta regolazione delle centraline climatiche</p> <p>Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.</p> <p>Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.</p>	<p>Evitare di modificare i valori di temperatura imposti dalla legge pari a 20°C agendo con una modifica su valvola termostatica (una volta installata) o termostato, si stima un consumo medio maggiore del 7-8 % per ogni grado che si discosta dalla temperatura di set-point invernale.</p> <p>Si consiglia di verificare con il manutentore i settaggi delle centraline climatiche. Le centraline climatiche dovrebbero essere una per ogni zona termica, in modo tale da poter personalizzare gli orari di funzionamento e la temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.</p> <p>Non usare stufette elettriche che, oltre che creare ulteriori consumi, spesso comportano rischi per la sicurezza e discomfort nell'ambiente di lavoro (sovratemperatura indesiderata, secchezza dell'aria, pericoli di folgorazione e di incendio). Si stima che il risparmio annuale dovuto alla mancata accensione di una stufa elettrica sia pari a 300 kWh.</p> <p>In caso di mancato utilizzo di un locale, per un solo giorno o per un periodo di tempo più prolungato, prevedere, se possibile, l'eventuale spegnimento del terminale di emissione. Il beneficio dovuto a questo accorgimento può fare risparmiare dall'1% al 3% di energia primaria all'anno.</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.</p> <p>Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.</p> <p>Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.</p>	<p>L'apertura delle finestre deve essere limitata ad una durata di pochi minuti, specie con temperature esterne estreme, in quanto le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici. Tuttavia se ben utilizzata la ventilazione naturale garantisce un'adeguata qualità dell'aria degli ambienti. Le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici e per limitare questi effetti è importante che il ricambio d'aria venga realizzato quanto possibile negli orari corretti, ovvero la mattina presto in estate e nelle ore di piena insolazione in inverno. Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.</p> <p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell'ambiente e riduce l'efficienza dell'impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l'edificio mantiene una propria inerzia termica, è pertanto consigliabile spegnere l'impianto termico 30-60 minuti prima dell'uscita, ottenendo anche un adattamento alle condizioni esterne. Si può prevedere un ulteriore risparmio fino al 4%.</p>
<p><b>Formazione del personale</b></p>	<p>Eeguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.</p>	<p>Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all'interno dell'edificio.</p> <p>Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico.</p> <p>Distribuzione di materiale informativo sull'efficienza energetica negli edifici.</p>
<p><b>Illuminazione</b></p>	<p>Prediligere l'utilizzo della luce naturale durante il giorno.</p> <p>Evitare gli sprechi.</p>	<p>Non tenere la tapparella abbassata con l'illuminazione accesa.</p> <p>Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
		Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.

#### 10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in sufficienti condizioni manutentive, almeno per quanto riguarda le aree utilizzate della struttura. Tuttavia, dal punto di vista energetico ci sono buoni margini di miglioramento sia sulle parti di involucro opaco e trasparente, sia sull'impianto termico per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria.

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari con tempi di ritorno a 15 e 25 anni. E' stato possibile individuare un certo numero di interventi volti a ridurre il fabbisogno di energia che siano fattibili da un punto di vista costi-benefici..

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco fatture vettori energetici	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoA-Elenco fatture
Consumi edificio	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoA-KyotoBaseline
Elenco documenti forniti dalla Committenza	03/08/2018	DE_Lotto.1_E1864_revB-AllegatoA-Elenco doc committenza

**ALLEGATO B – ELABORATI**

Titolo	Data	Nome file
Planimetrie ubicazione impianti	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoB-Posizione impianti
Dettaglio calcoli e grafici DE	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoB-Grafici_Template
Dati catastali	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoB-Visura catastale
Schema a blocchi impianto termico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoB-Schema a blocchi termico
Schema a blocchi impianto elettrico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoB-Schema a blocchi elettrico
Elaborazione fatture Energia Elettrica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoB-Analisi fatt EE
Elaborazione fatture Gas Metano	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoB-Analisi fatt GAS



## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Relazione analisi termografica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoC-Report termografico





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

	Titolo	Data	Nome file
1	Report indagini strumentali	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revA-AllegatoD-Report strumentali.docx



## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo modellazione	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoE-Relazione di dettaglio dei calcoli
Modello elettrico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoE-Modello elettrico



## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificazione CTI Edilclima	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoF-Certificato CTI Edilclima



## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE SDF	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoG-APE Sdf



## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE Scenario 15 anni	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoH-APE_SCN1
Bozza APE Scenario 25 anni	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoH-APE_SCN2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici reali - stazione meteo Castellaccio	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoI-GG Castellaccio
	03/08/2018	



## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede Audit Livello II AICARR	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoJ-Schede Audit



**ALLEGATO K – SCHEDE ORE**

Titolo	Data	Nome file
A2.5 - Chiusure verticali opache-coibentazione dall'interno con pannelli	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoK-A2.5_Cappotto interno
A1.2 – Chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoK-A1.2_sostituzione serramenti
H15 - Installazione di pompe a portata variabile	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoK-H15_Pompe inverter
H16 - Installazione valvole termostatiche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoK-H16_valvole termostatiche
L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoK-L1_Illuminazione
H2 - Sostituzione sistemi di generazione obsoleti con caldaie a condensazione	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoK-H2_caldaie a condensazione

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario due scenari	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revB-AllegatoL-AnalisiPEF

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	Report di benchmark	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1864_revA-AllegatoM-Benchmark.docx

## **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.]*