

# SCUOLA ELEMENTARE BRIGNOLE SALE - SCUOLA D'INFANZIA ALBARO

E195

VIA MONTE ZOVETTO, 7 A - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio 2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

ATI:



(mandataria)



(mandante)

**SCUOLA ELEMENTARE BRIGNOLE SALE-  
SCUOLA D'INFANZIA ALBARO  
E195  
VIA MONTE ZOVETTO, 7 A - GENOVA**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3  
Luglio 2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

Energynet s.r.l.  
Viale Muratori 201 – 41124 – Modena  
Tel 059 211085 – [info@energynet.it](mailto:info@energynet.it)

More Energy s.r.l.  
Via Ragazzi del '99 39 – 42124 - Reggio Emilia  
Tel. 0522 516610 – [info@more-energy.it](mailto:info@more-energy.it)

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	30/05/2018	Ornella Restani Michela Guerra Simone Venturelli	Irene Paradisi Luigi Guerra	Saverio Magni	Prima Pubblicazione
B	25/07/2018	Ornella Restani Michela Guerra Simone Venturelli	Irene Paradisi Luigi Guerra	Saverio Magni	Aggiornamento sulla base delle indicazioni fornite dalla PA

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>CARATTERISTICHE DELL’EDIFICIO OGGETTO DELLA DE .....</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>7</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO .....	8
<b>TABELLA 2.1 - SUDDIVISIONE IN PIANI DELL’EDIFICIO .....</b>	<b>8</b>
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>12</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
<b>I GG COSÌ CALCOLATI DEFINISCONO I GGRIF AI FINI DEL PROCESSO DI NORMALIZZAZIONE DI CUI AL</b>	
<b>CAPITOLO 5.1.1.....</b>	<b>12</b>
<b>TABELLA 3.2 – PROFILI MENSILI DEI GGRIF.....</b>	<b>12</b>
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	13
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>15</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	15
<b>TABELLA 4.1 – TRASMITTANZE TERMICHE DEI COMPONENTI DELL’INVOLUCRO OPACO.....</b>	<b>16</b>
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> .....	21
<b>IL RENDIMENTO COMPLESSIVO DEL SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE È STATO ASSUNTO NELLA DE PARI AL</b>	
<b>93.8 % CALCOLATO SECONDO UNI TS 11300. ....</b>	<b>22</b>
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE.....	23
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	25

<b>5</b>	<b>CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>26</b>
5.1	CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1	<i>Energia termica.....</i>	26
5.1.2	<i>Energia elettrica.....</i>	29
	<b>I PROFILI DI PRELIEVO MENSILI NEL TRIENNIO DI RIFERIMENTO PRESENTANO ANDAMENTI SIMILI: SI ASSISTE AD UN MASSIMO TRA APRILE E NOVEMBRE E UN FORTE CALO NEI PERIODI ESTIVI DI CHIUSURA DELLA SCUOLA.....</b>	<b>31</b>
	<b>I CONSUMI NEI PERIODI ESTIVI SONO DOVUTI AD ALCUNE UTENZE CHE RIMANGONO ATTIVE ANCHE DURANTE LA CHIUSURA DELLA STRUTTURA ( STAMPANTI, FRIGORIFERI, SERVER, ILLUMINAZIONE D’EMERGENZA ED ILLUMINAZIONE ESTERNA).....</b>	<b>31</b>
5.2	INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	32
<b>6</b>	<b>MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>36</b>
6.1	METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	36
6.1.1	<i>Validazione del modello termico .....</i>	38
6.1.2	<i>Validazione del modello elettrico .....</i>	39
6.2	FABBISOGNI ENERGETICI.....	39
6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	40
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO .....</b>	<b>42</b>
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	42
7.1.1	<i>Vettore termico.....</i>	42
7.1.2	<i>Vettore elettrico.....</i>	43
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	46
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	47
	$C_M = C_{SIE3} - C_Q;$ .....	47
	$C_{MS} = 0.21 \times C_M$ .....	47
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	48
	<b>TABELLA 7.7 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE .....</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>49</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	49
8.1.1	<i>Involucro edilizio .....</i>	49
	<b>EEM1: ISOLAMENTO PARETI VERTICALI CON CAPPOTTO ESTERNO .....</b>	<b>49</b>
	<b>DESCRIZIONE DEI LAVORI.....</b>	<b>49</b>
	<b>PRESTAZIONI RAGGIUNGIBILI .....</b>	<b>49</b>
	<b>EEM2: ISOLAMENTO COPERTURA PIANA DALL’ESTERNO CON PANNELLI.....</b>	<b>50</b>
	<b>DESCRIZIONE DEI LAVORI.....</b>	<b>51</b>
	<b>PRESTAZIONI RAGGIUNGIBILI .....</b>	<b>51</b>
	8.1.2 <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	52
	<b>DESCRIZIONE DEI LAVORI.....</b>	<b>52</b>
	<b>PRESTAZIONI RAGGIUNGIBILI .....</b>	<b>52</b>
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>54</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	54
	<b>EEM1: ISOLAMENTO PARETI VERTICALI CON CAPPOTTO ESTERNO .....</b>	<b>54</b>
	<b>EEM2: ISOLAMENTO COPERTURA PIANA DALL’ESTERNO CON PANNELLI.....</b>	<b>55</b>
	<b>EEM3: INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>56</b>



9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI .....	57
<b>EEM1: ISOLAMENTO PARETI VERTICALI CON CAPPOTTO ESTERNO .....</b>		<b>58</b>
<b>I FLUSSI DI CASSA RAPPRESENTATIVI DELL’ANALISI SONO RIPORTATI NELLE FIGURA 9.1 E FIGURA 9.2. ....</b>		<b>59</b>
<b>DALL’ANALISI EFFETTUATA È EMERSO CHE L’INTERVENTO RISULTA CONVENIENTE IN TERMINI DI SOLO TEMPO DI RITORNO SEMPLICE IN PRESENZA DI INCENTIVI. ....</b>		<b>59</b>
<b>EEM2: ISOLAMENTO COPERTURA PIANA DALL’ESTERNO CON PANNELLI.....</b>		<b>59</b>
<b>I FLUSSI DI CASSA RAPPRESENTATIVI DELL’ANALISI SONO RIPORTATI NELLE FIGURA 9.3 E FIGURA 9.4. ....</b>		<b>60</b>
<b>EEM3: INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....</b>		<b>60</b>
<b>I FLUSSI DI CASSA RAPPRESENTATIVI DELL’ANALISI SONO RIPORTATI NELLE FIGURA 9.5 E FIGURA 9.6. ....</b>		<b>61</b>
<b>SINTESI .....</b>		<b>61</b>
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO .....	62
9.3.1	<i>Scenario 2: Isolamento pareti verticali, copertura piana e installazione impianto fotovoltaico ....</i>	<i>64</i>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>70</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	70
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	70
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	70
<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		1959
Anno di ristrutturazione		
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Att. Scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2690,22
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	4570,09
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	13380,98
Rapporto S/V	[1/m]	0,9
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2718,99
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	495,10
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3525,35
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	747,2
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	59,934
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>tt</sub> /anno]	191865
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	19185
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	45347
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	9296

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

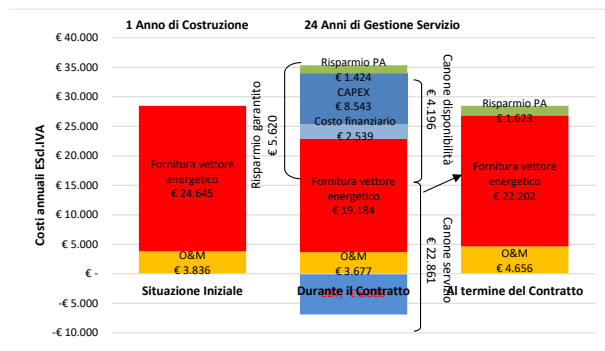
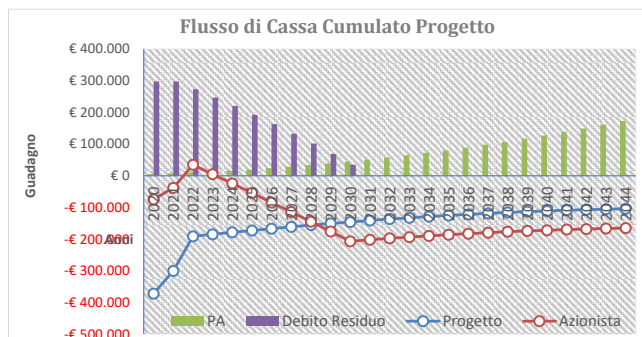
- EEM 1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno
- EEM 2: Isolamento copertura piana dall'esterno con pannelli
- EEM 3: Installazione impianto fotovoltaico
- SCN 1: Non individuato, non esiste un insieme tale da avere tempo di ritorno < 15 anni e salto di 2 classi energetiche
- SCN 2: interventi EEM 1, EEM 2, EEM 3

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

CON INCENTIVI														
	% $\Delta E$	% $\Delta CO_2$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	19,95 %	0,191	4640,13	1515,5913	402,8787	220.841	24,50	36,50	40,26	1,30%	0,18	EEM 1	19,95 %	0,191
EEM 2	6,49 %	0,057	1382,85	1515,5913	402,8787	74.467	20,80	33,30	7.573,00	2,40%	0,10	EEM 2	6,49 %	0,057
EEM 3	4,43 %	0,037	961,25	1515,5913	402,8787	66.208,91	39,10	51,00	41.470,00	-7,30%	0,63	EEM 3	4,43 %	0,037
SCN 1	[n/a]	[n/a]	[n/a]	[n/a]	[n/a]	[n/a]	[n/a]	[n/a]	[n/a]	[n/a]	[n/a]	[n/a]	[n/a]	[n/a]
SCN 2	33,2	32,9	8189	303	81	361517	110	326	20	144296	-5,61	-30	0,601	0,408

Figura 0.1 – Scenario 1: ND

Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Non è stato possibile identificare un intervento o un insieme di interventi tali da avere contemporaneamente un tempo di ritorno dell’investimento attualizzato inferiore ai 15 anni e un salto di due classi energetiche.

Relativamente al secondo scenario, questo prevede il salto di due classi energetiche ma non un tempo di ritorno dell’investimento attualizzato inferiore ai 25 anni.



## 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 i 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 da More Energy s.r.l., parte di ATI costituita da Energynet s.r.l. e More Energy s.r.l.. Il responsabile per il processo di audit dell’ATI è l’ing. Saverio Magni, soggetto certificato Esperto in Gestione dell’Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata [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
Ornella Restani		Sopralluogo in sito
Simone Venturelli		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Simone Venturelli		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ornella Restani		Validazione modello energetico e stesura relazioni
Michela Guerra		Preparazione elaborati grafici
Irene Paradisi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luigi Guerra	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Saverio Magni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

## 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F.60 Mapp. 762 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Albaro.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola Elementare Brignole Sale e Scuola d’Infanzia Albaro

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		1959
Anno di ristrutturazione		
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Att. Scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2690,22
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	4570,09
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	13380,98
Rapporto S/V	[1/m]	0,9
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2718,99
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	495,10
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	3525,35
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	747,2

Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	59,934
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>tit</sub> /anno]	191865
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	19185
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	45347
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	9296

Nota (1): Valori di Baseline

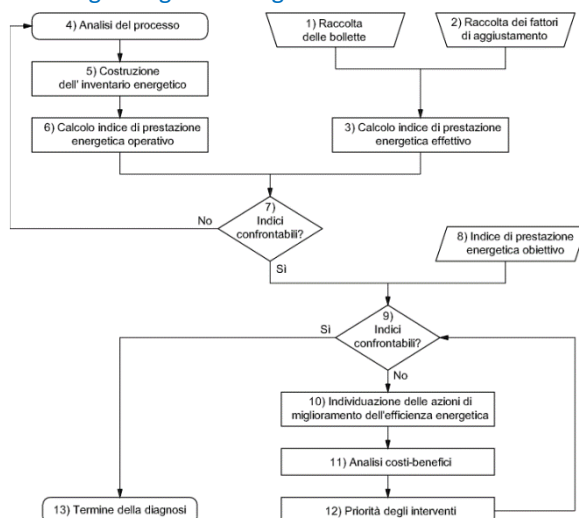
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all’Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull’immobile interessato dall’intervento;
- c) 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;
- d) Visita alla centrale termica, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all’appendice A delle LGEE - Linee Guida per l’Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 versione 8.17.49 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all’Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) 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;
- h) 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 ARPAL e riportati all’Allegato I – Dati climatici;
- i) 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>);
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.

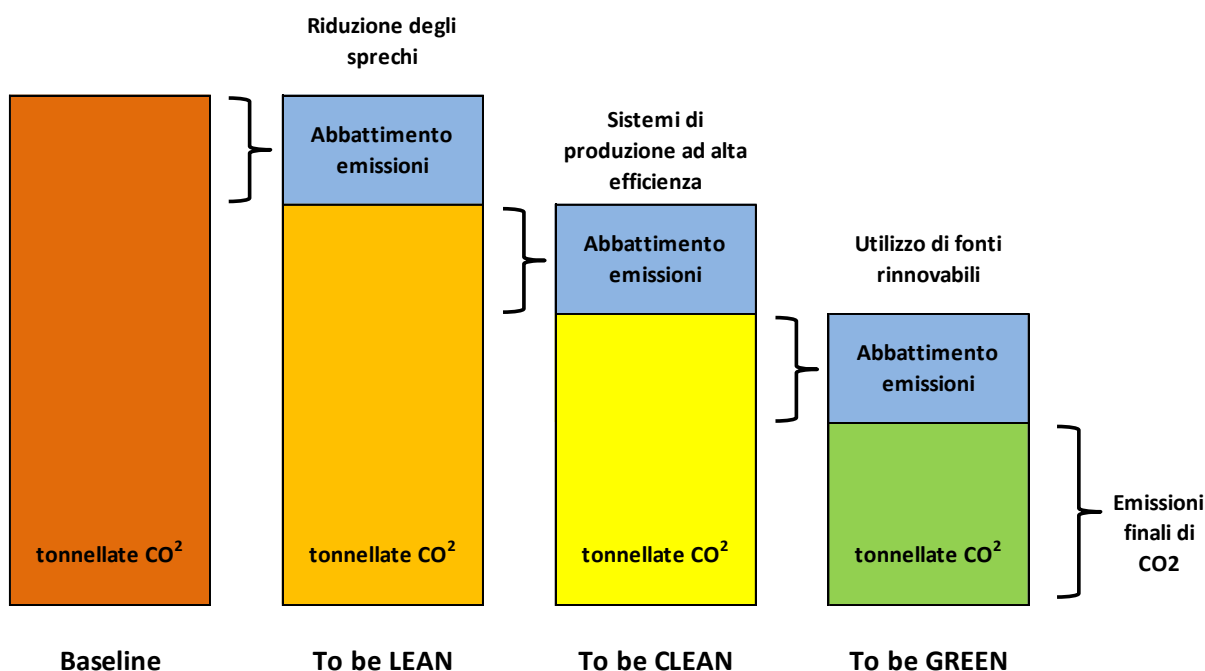
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno 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 riqualificazione degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall’installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

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

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

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

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

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

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

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

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

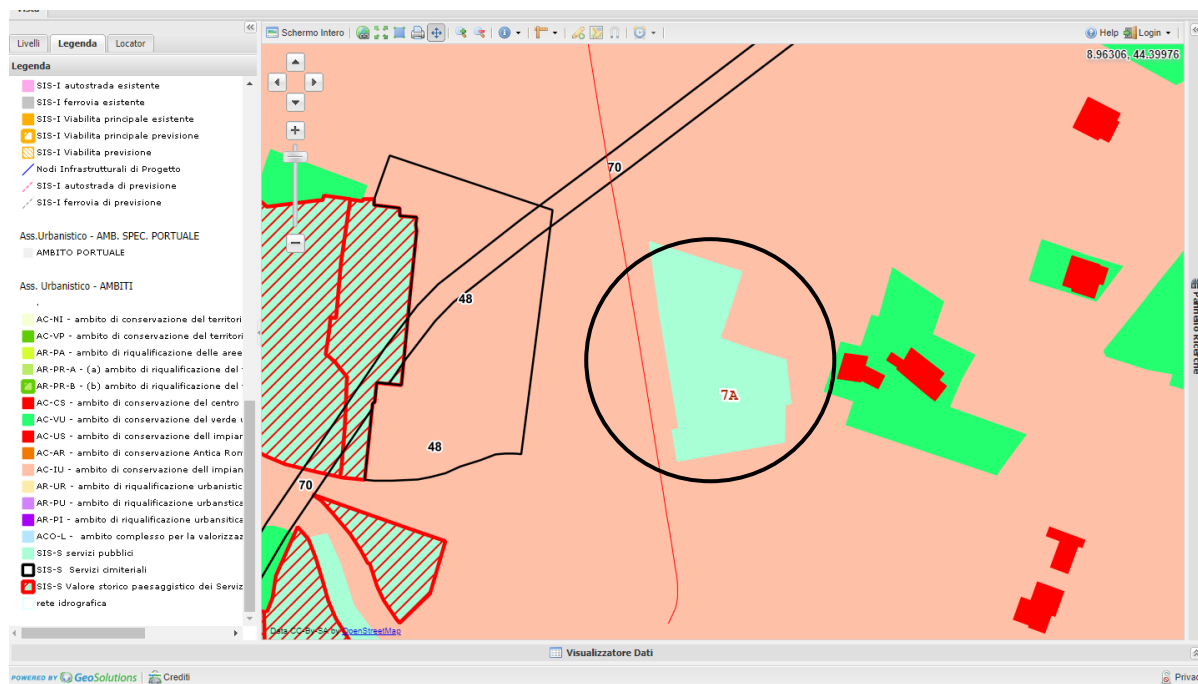
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell’edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

## 2 DATI DELL’EDIFICIO

### 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l’edificio oggetto della DE in zona urbanizzata SIS-S destinata ai servizi pubblici.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale





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

L’edificio ove è ubicato il complesso scolastico costituito dalla Scuola Elementare Brignole Sale e dalla Scuola d’Infanzia Albaro risale all’incirca al 1959; ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d’uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche

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

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da sei piani fuori terra: ad eccezione del piano primo adibito a Scuola d’Infanzia, gli altri piani sono destinati ad ospitare la scuola elementare e i relativi servizi.

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

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

Figura 2.2 - Vista satellitare dell’edificio (Fonte: Google Earth)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Terra	Scuola elementare: Ingresso, palestra, spogliatoi, teatro	[m <sup>2</sup> ]	559,32	559,32	-
Primo	Scuola d’infanzia: aule, cucina, mensa, servizi	[m <sup>2</sup> ]	426,18	426,18	-
Secondo	Scuola elementare: aule e servizi	[m <sup>2</sup> ]	426,18	426,18	-
Terzo	Scuola elementare: aule e servizi	[m <sup>2</sup> ]	426,18	426,18	-
Quarto	Scuola elementare: aule e servizi	[m <sup>2</sup> ]	426,18	426,18	-
Quinto	Scuola elementare: aule e servizi	[m <sup>2</sup> ]	426,18	426,18	-
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>2690,22</b>	<b>2690,22</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

Il complesso scolastico oggetto di diagnosi non risulta vincolato sulla base del PUC vigente, come visibile dalla figura che segue.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

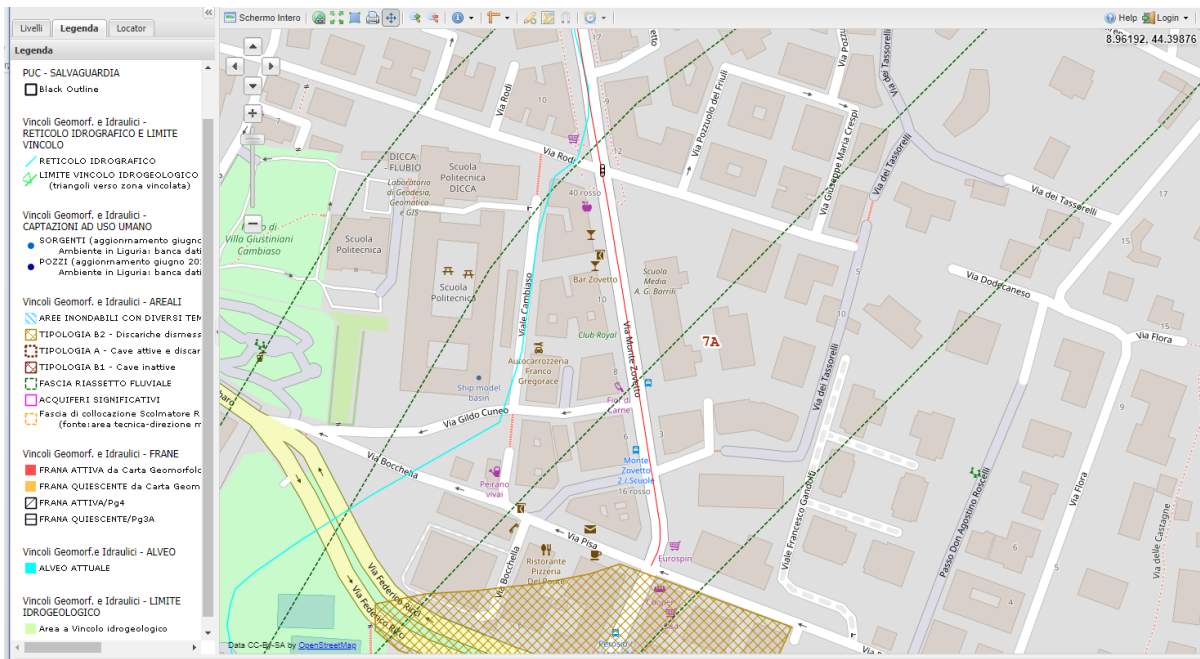
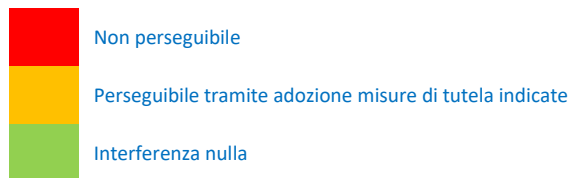


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno	-		-
EEM 2: Isolamento copertura piana dall'esterno con pannelli	-		-
EEM 3: Installazione impianto fotovoltaico	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



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.

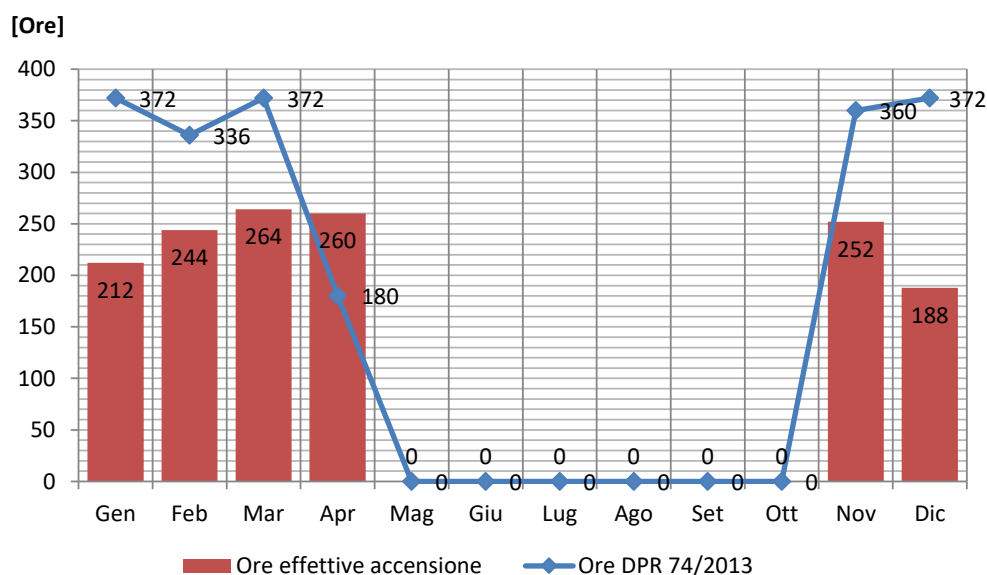
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati intervista al personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal manuntentore.

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

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

ZONA	PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Scuola elementare	Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.30	6.00-18.00
Scuola elementare	Dal 16 Aprile al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.30	-
Scuola elementare	Dal 1 Settembre al 31 Ottobre	dal lunedì al venerdì	7.30 – 18.30	-
Scuola infanzia	Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.30	6.00-18.00
Scuola infanzia	Dal 16 Aprile al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.30	-
Scuola infanzia	Dal 1 Settembre al 31 Ottobre	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.30	-

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 non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura pertanto durante il periodo di riscaldamento anticipano di un paio di ore l’apertura della scuola.

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

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

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

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 929 GG calcolati su 112 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>Grif</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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

	Anno	T	H	GG	GGE	Risc	Raffr	ComGE	GG	g Util	g Risc	g Raffr	GG	INC	GGE
Mese	g/m	°C	°C	[-]	[-]	g/m	g/m	g/m	[-]	g/m	g/m	g/m	[-]	[%]	[-]
Gen	31	10,4	n/d	298	-	n/d	-	31	298	18	18	-	170	18%	-
Feb	28	10,5	n/d	266	-	n/d	-	28	266	20	20	-	193	21%	-
Mar	31	11,1	n/d	276	-	n/d	-	31	276	22	22	-	196	21%	-
Apr	30	15,3	n/d	141	-	n/d	-	15	71	22	15	-	73	8%	-
Mag	31	18,7	n/d	46	1	n/d	1	-	-	22	-	1	-	0%	1
Giu	30	22,4	n/d	-	88	n/d	22	-	-	22	-	20	-	0%	77
Lug	31	24,6	n/d	-	211	n/d	29	-	-	21	-	21	-	0%	147
Ago	31	23,6	n/d	-	174	n/d	31	-	-	-	-	-	-	0%	-
Set	30	22,2	n/d	-	58	n/d	16	-	-	22	-	16	-	0%	58
Ott	31	18,2	n/d	60	5	n/d	4	-	-	22	-	4	-	0%	5
Nov	30	13,3	n/d	201	-	n/d	-	30	201	21	21	-	141	15%	-
Dic	31	10,0	n/d	310	-	n/d	-	31	310	16	16	-	157	17%	-
Tot	365	16,7	n/d	1598	538	0	103	166	1421	227	112	63	929	100%	289

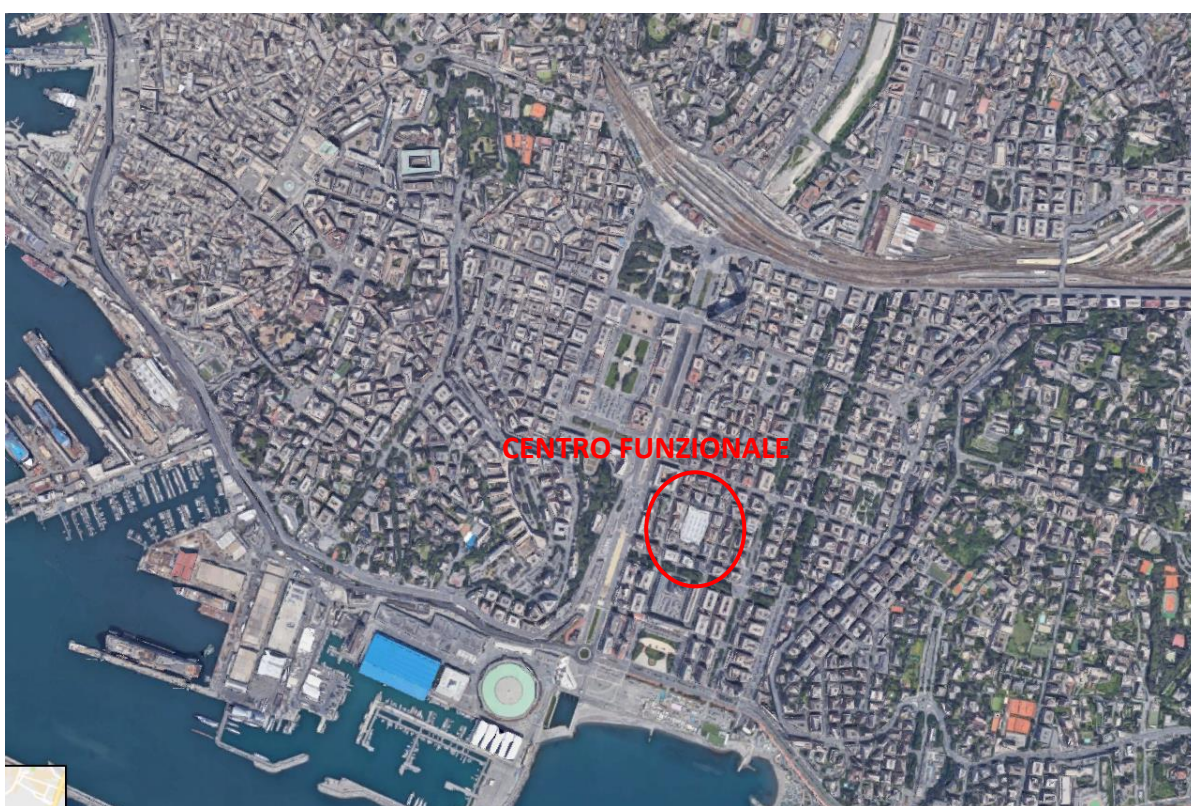
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica di ARPAL Genova – Centro funzionale, ubicata in viale delle Brigate Partigiane, 2 a Genova.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto le misure sono più affidabili rispetto a quelle ottenute dalla stazione universitaria e in quanto tale centralina è la più vicina agli edifici del Lotto 8 tra le stazioni ARPAL di Genova e si trova a un’altitudine più coerente rispetto all’edificio considerato.

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

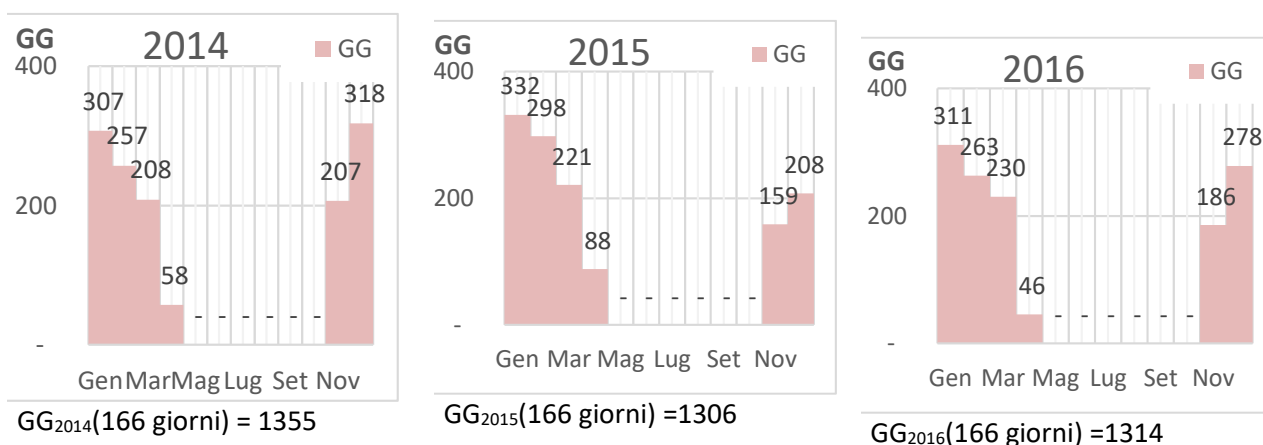


### 3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

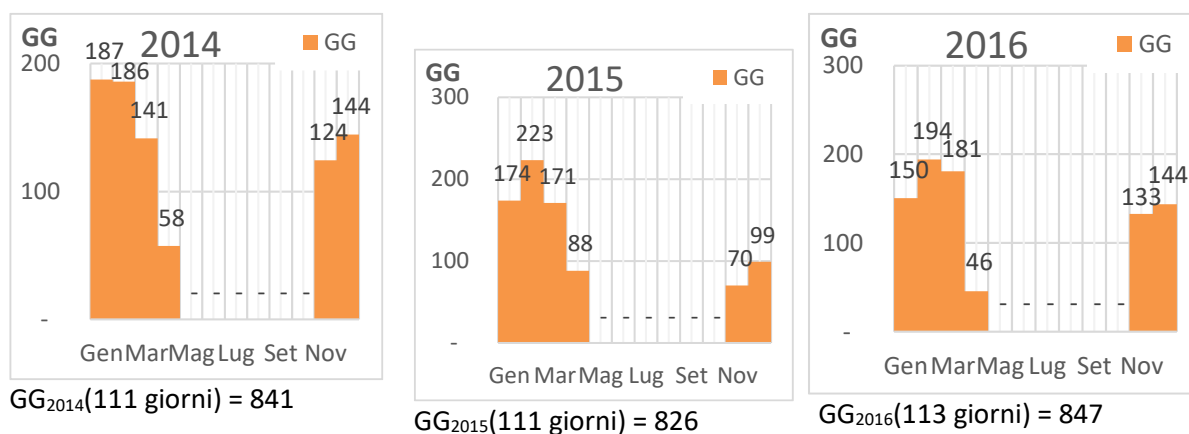


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 838 GG calcolati su 112 giorni effettivi di utilizzo dell’impianto di riscaldamento.

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l’andamento dei GG risulta pressoché costante nel triennio considerato; febbraio e marzo risultano i mesi più freddi dell’anno.

## 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 è realizzato con telaio in cemento armato e tamponamenti con mattoni semipieni, intonacati esternamente.

La copertura è piana e realizzata su due livelli: la copertura sopra il piano terra è stata rifatta 20 anni fa, a seguito di una ristrutturazione che ha visto anche la sostituzione dei serramenti della scuola; all’ultimo piano invece la copertura risulta ancora quella originaria non isolata termicamente.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro opaco – pareti verticali



La struttura, risalente alla fine degli Anni '50, presenta molte criticità dal punto di vista termico: le pareti perimetrali in particolare sono non isolate e caratterizzate da rassottigliamenti in corrispondenza dei radiatori (nicchie sottofinestra) che determinano un’ulteriore diminuzione delle prestazioni energetiche dell’edificio.

Figura 4.2 - Particolare del solaio



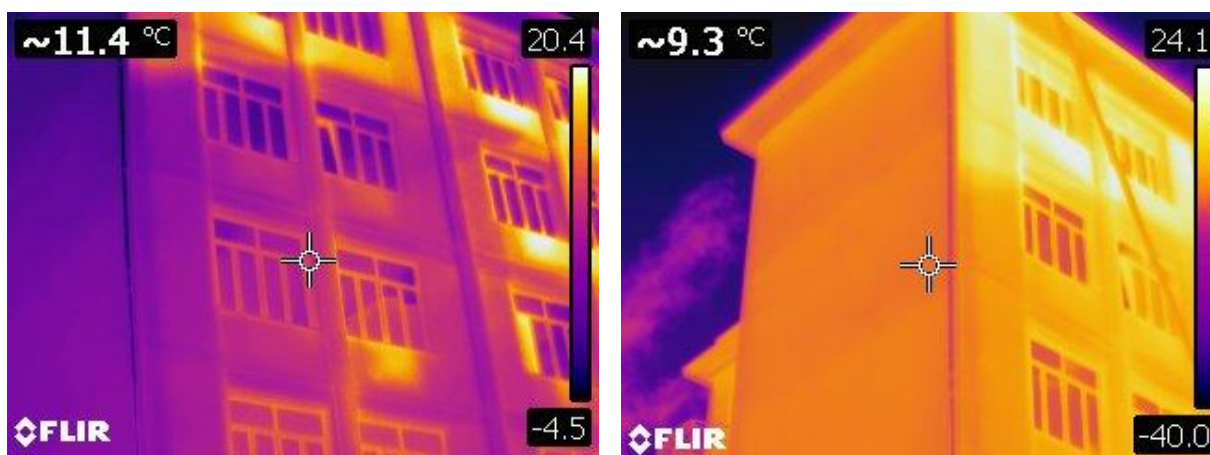
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di Termocamera FLIR 340 con lente 25’ secondo le seguenti modalità: la prova è stata effettuata il 05/12/2017 alle ore 15. Il cielo era sereno e lo scostamento di temperatura tra interno ed esterno era molto basso: la temperatura esterna rilevata era 14,5°C, mentre all’interno dei locali scolastici la temperatura era 22°C

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- in corrispondenza dei serramenti sono presenti rassottigliamenti delle pareti per l’alloggiamento dei radiatori che comportando una maggiore dispersione del calore e rappresentano un evidente ponte termico sulla facciata dell’edificio stesso;
- la struttura dell’edificio è realizzata con telaio in c.a. e tamponamenti in muratura.

Figura 4.3 – Rilievo termografico delle facciate esterne della scuola



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

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 [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	S3	31	Assente	1,52	Buono
Pavimento controterra	P1	30	Assente	0,47	Buono
Parete verticale	M1	40	Assente	1,26	Sufficiente
Copertura palestra	S1	35	Presente	0,57	Buono

L’elenco completo dei componenti dell’involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nell’Allegato J – Schede di audit di calcolo.

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto principalmente da serramenti con telaio in PVC e vetri doppi, sostituiti nel 2000. Lo stato di conservazione degli stessi è abbastanza buono, poiché hanno meno di 10 anni.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti







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 Termocamera FLIR 340 con lente 25’ secondo le seguenti modalità: la prova è stata effettuata il 05/12/2017 alle ore 15. Il cielo era sereno e lo scostamento di temperatura tra interno ed esterno era molto basso: la temperatura esterna rilevata era 14,5°C, mentre all’interno dei locali scolastici la temperatura era 22°C

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alla conclusione che i serramenti hanno prestazioni termiche inferiori rispetto alle pareti verticali su cui insistono;

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

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 [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	2.2x2.2	PVC	Vetro doppio	2,53	Buono
Serramento continuo in facciata	F9	21x2.05	PVC	Vetro doppio	2,42	Buono
Portafinestra vetrata	PF1	2.25x3.15	PVC	Vetro singolo	3,73	Sufficiente

L’elenco completo dei componenti dell’involucro trasparente, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nell’ Allegato J – Schede di audit di calcolo.

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

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia a condensazione alimentata a gas metano per il solo riscaldamento della scuola. L’acqua calda è infatti prodotta separatamente con boiler elettrici e una caldaia a gas (a uso esclusivo cucina) con PDR dedicato.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito esclusivamente da radiatori principalmente a colonna disposti principalmente in nicchia sotto le finestre o su pareti interne.

Figura 4.5 - Particolare dei radiatori nella scuola

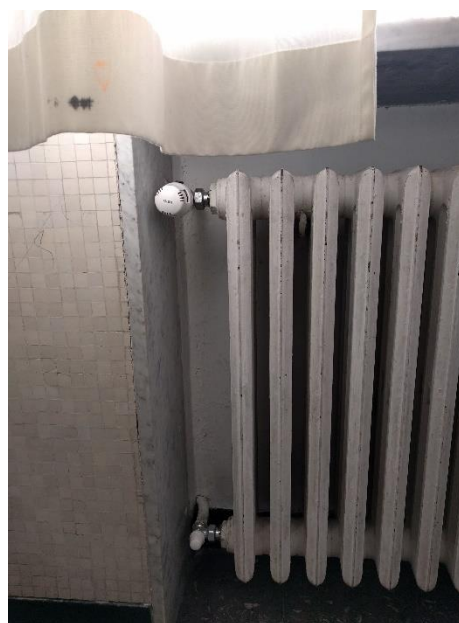


Figura 4.6 - Particolare dei radiatori in palestra



Il rendimento di emissione desunto dal modello di calcolo delle DE è pari al 91% calcolato secondo UNI TS 11300.

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola elementare Brignole	Radiatori	91%
Scuola d’infanzia Albaro	Radiatori	91%

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	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	in prevalenza nicchia sottofinestra	24	varia	varia	-	-
Primo	in nicchia sottofinestra	15	varia	varia	-	-
Secondo	in prevalenza nicchia sottofinestra	17	varia	varia	-	-
Terzo	in prevalenza nicchia sottofinestra	17	varia	varia	-	-
Quarto	in prevalenza nicchia sottofinestra	17	varia	varia	-	-
Quinto	in prevalenza nicchia sottofinestra	17	varia	varia	-	-
<b>TOTALE</b>		<b>107</b>	<b>varia</b>			

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell’impianto avviene attraverso l’impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point in centrale termica e attraverso la presenza di valvole termostatiche sui singoli corpi scaldanti.

Figura 4.7 - Particolare della centralina di controllo in centrale termica (telegestione)



Figura 4.8 – Valvole termostatiche sui radiatori



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

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per la zona termica 1- Scuola elementare Brignole Sale

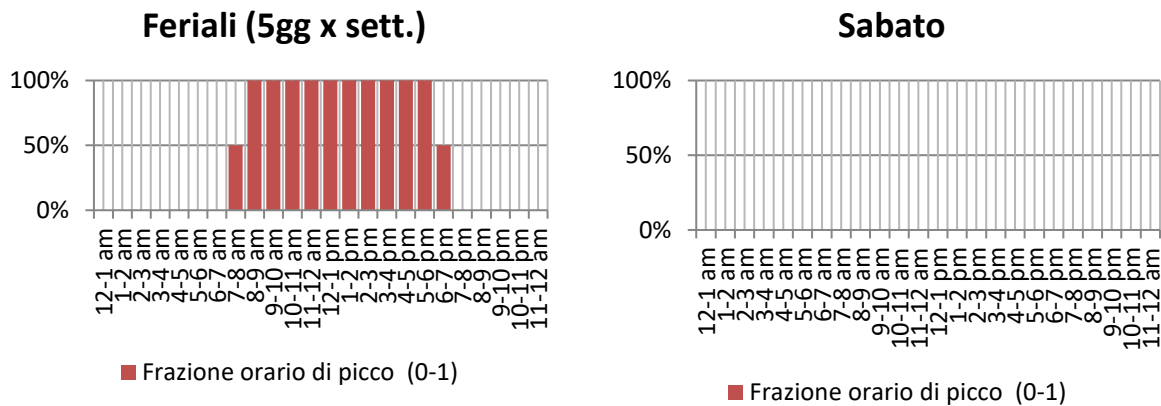
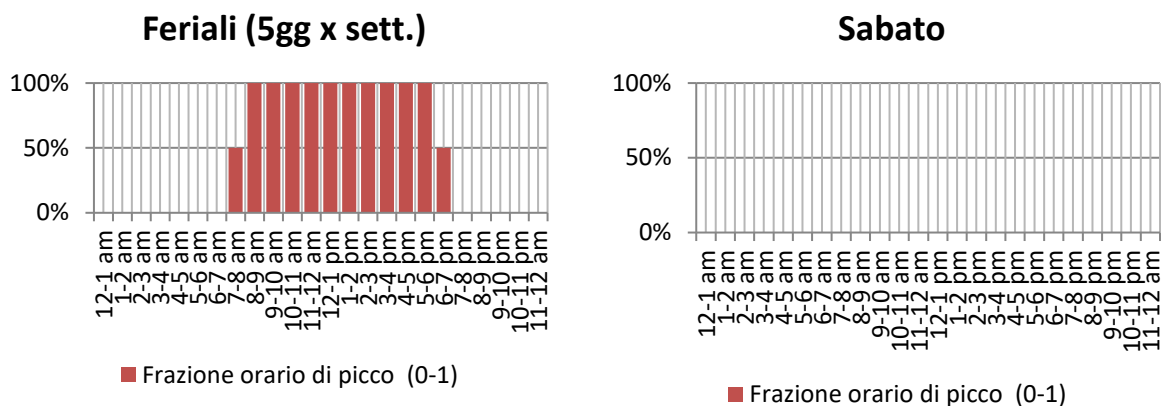


Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per la zona termica2 – Scuola d’Infanzia Albaro



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

Il rendimento di regolazione desunto dal modello di calcolo delle DE è riportato nella Tabella 4.5:

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola elementare Brignole	Climatica e ambiente	97%
Scuola d’infanzia Albaro	Climatica e ambiente	97%

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

A servizio del sottosistema di distribuzione è presente una pompa di circolazione gemellare installata in centrale termica per la mandata al circuito (unico) a servizio delle due scuole. La distribuzione è poi a colonne montanti.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito unico

NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(5)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(6)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(7)</sup> [kW]
Circuito unico	mandata acqua calda	ND	ND	0,7

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

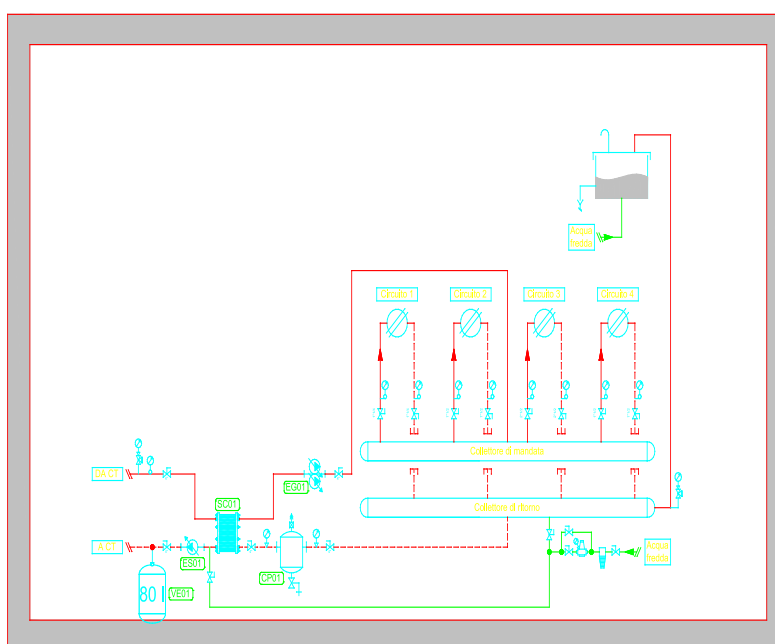
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(8)</sup>	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito unico	Mandata	Caldo	56	60
	Ritorno	Caldo	50	40

Nota (8): Valori rilevati il giorno 05/12/2017 alle ore 17.40, in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 13°C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuta notare una leggera differenza tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo, legati probabilmente alla stagionalità (la giornata di sopralluogo non era particolarmente rigida).

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola 143-P00-001-SOTTOCENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 93.8 % calcolato secondo 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 è costituito da una caldaia a condensazione installata in esterno nel 2011 alimentata a gas metano, di marca Unical modello Modulex EXT 770

Figura 4.12 - Particolare del generatore di calore a condensazione



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE <sup>(7)</sup>	POTENZA TERMICA UTILE <sup>(7)</sup>	RENDIMENTO <sup>(5)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA <sup>(5)</sup>
				[kW]	[kW]		[kW]
Gen 1 Riscaldamento	Unical	Modulex EXT 770	2011	756	743	97 %	1,1

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 97 %. Non si sono riscontrate sostanziali differenze rispetto al rendimento nominale di targa e il rendimento calcolato attraverso la prova fumi.

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

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

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite n°2 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici. A servizio della mensa della scuola d’Infanzia (piano primo) è poi presente una caldaia istantanea a gas metano, dotata di un proprio PDR (non oggetto di DE).

Figura 4.13 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100 %	93 %	-	-	75 %	35,6 %

Nota: Valori 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 RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Non presente

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

Non presente

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

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ascensori, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della scuola.



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

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Scuola elementare Brignole Sale	PC	2	0,2	0,4	200
Scuola elementare Brignole Sale	Fotocopiatrice	1	0,2	0,2	100
Scuola elementare Brignole Sale	Server	1	0,1	0,1	4380
Scuola elementare Brignole Sale	Frigorifero	1	0,3	0,3	2400
Scuola elementare Brignole Sale	LIM	11	0,2	2,2	300
Scuola d’infanzia Albaro	Cappa	1	0,8	0,8	100
Scuola d’infanzia Albaro	PC	4	0,2	0,4	200
Scuola d’infanzia Albaro	TV	2	0,2	0,4	100
Scuola d’infanzia Albaro	Stampante	1	0,2	0,2	100
Scuola d’infanzia Albaro	Frigorifero	1	0,3	0,3	2400
Scuola d’infanzia Albaro	Lavastoviglie	1	0,5	0,5	200
Scuola d’infanzia Albaro	Estrattore	1	0,8	0,8	100

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, principalmente fluorescenti tubolari

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade fluorescenti tubolari 2x36 W installate a soffitto;
- Lampade fluorescenti tubolari 1x58 W installate a soffitto
- Lampade fluorescenti tubolari 2x58 W installate a soffitto

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel corridoio e nella palestra





L’elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportati nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Scuola elementare Brignole Sale	Fluorescenti tubolari	88	72	6336
Scuola elementare Brignole Sale	Fluorescenti tubolari	18	72	1296
Scuola elementare Brignole Sale	Fluorescenti tubolari	101	58	5858
Scuola elementare Brignole Sale	Fluorescenti tubolari	5	36	180
Scuola d’infanzia Albaro	Fluorescenti tubolari	30	72	2160
Scuola d’infanzia Albaro	Fluorescenti tubolari	8	58	464
Esterno	Fluorescenti tubolari	2	36	72
Esterno	Faretti alogeni	2	200	400
Esterno	Fluorescenti tubolari	6	58	348

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.

L’impianto di illuminazione risulta abbastanza recente in quanto la maggior parte dei corpi illuminanti è stato sostituito nel 2000.

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti nelle aule



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

Non presente

## 5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano
- Energia elettrica

#### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [kWh/Sm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Nm <sup>3</sup> ]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Sm <sup>3</sup> ]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 (*)	0,85	n/a	n/a	10,09

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1;
- Caldaia istantanea per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica della scuola d’infanzia;
- Usi cottura

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm <sup>3</sup> ]	2015 [Sm <sup>3</sup> ]	2016 [Sm <sup>3</sup> ]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270049906144	Riscaldamento	17337	17850	19931	163315	168147	187750

Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento. Per questo complesso scolastico non

sono presenti consumi su base mensile, poiché è presente un contratto di gestione calore e i dati forniti sono solo su base annuale.

Si è provveduto pertanto a ripartire il consumo annuale noto su base mensile, utilizzando la stagionalità.

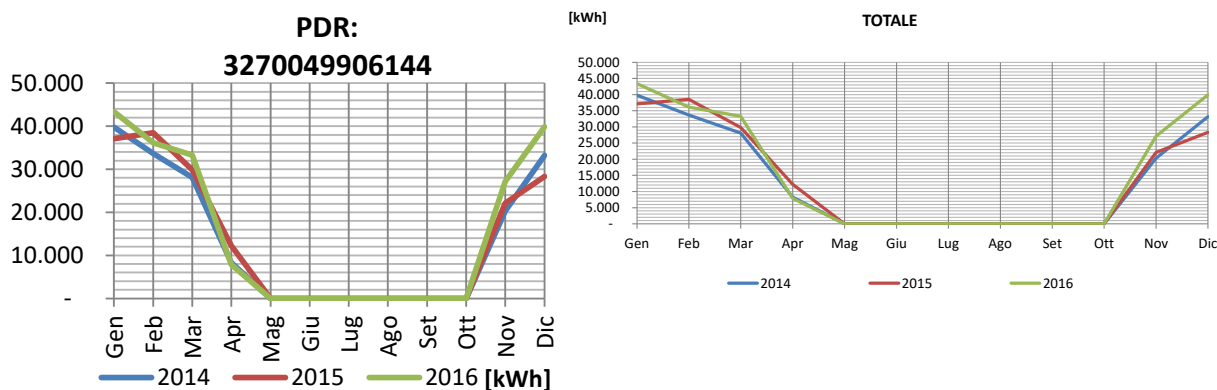
I consumi così ottenuti sono riportati nella Tabella 5.3.

Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento

Mese	PDR: 3270049906144			2014	2015	2016
	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	4.225	3.941	4.608	39.795	37.122	43.404
Feb	3.573	4.088	3.837	33.655	38.510	36.149
Mar	2.984	3.167	3.532	28.105	29.836	33.272
Apr	878	1.301	837	8.266	12.258	7.880
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	2.156	2.345	2.881	20.311	22.088	27.143
Dic	3.523	3.008	4.236	33.182	28.333	39.902
Totale	17.337	17.850	19.931	163.315	168.147	187.750

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 pari a 17337 m<sup>3</sup> e un valore di massimo prelievo 19931 m<sup>3</sup>. I consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione e risultano piuttosto costanti.

Confrontando l’andamento dei consumi con i GG<sub>real</sub> del triennio di riferimento si può notare che effettivamente i consumi risultano maggiori nella stagione termica più fredda, caratterizzata da un numero superiore di gradi giorno.

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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, prodotta con boiler elettrici, ed altri contributi dovuti agli usi di cottura della mensa, in quanto è presente un contatore dedicato.

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

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

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

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

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto non concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sup>REAL</sup> SU 111 GIORNI	GG <sup>RIF</sup> SU 166 GIORNI	CONSUMO REALE	CONSUMO REALE	$\alpha_{rif}$	CONSUMO	CONSUMO	CONSUMO
			RISC. [Smc]	RISC. [kWh]		NORMALIZZATO A 929 GG [kWh]	ACS [kWh]	ALTRO [kWh]
2014	841	929	17.337	163.315	194,2	180.403	-	-
2015	826	929	17.850	168.147	203,6	189.114	-	-
2016	847	929	19.931	187.750	221,7	205.927	-	-
<b>Media</b>	<b>838</b>	<b>929</b>	<b>18.373</b>	<b>173.071</b>	<b>206,53</b>	<b>191.864,6</b>	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi: tale riduzione non è dovuta alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto più alla diminuzione delle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

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]
$\bar{Q}_{ACS}$	-
$\bar{Q}_{ALTRO}$	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	191.865
$Q_{baseline}$	191.865

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un unico contatore a servizio sia della scuola elementare Brignole Sale che della scuola d’Infanzia Albaro.

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00098129	Scuola elementare Brignole Sale	42.255	44.826	48.960	45.347
	Scuola d’infanzia Albaro				
<b>TOTALE</b>		42.255	44.826	48.960	EEbaseline 45347

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-E195 e sono emerse le seguenti differenze:

SERVIZIO ELETTRICO, CONSUMI ANNUALI DA AKROPOLIS				
POD1	POD1 2014 Consumi, [kWh]	POD1 2015 Consumi, [kWh]	POD1 2016 Consumi, [kWh]	POD1 Consumo Medio, [kWh]
IT001E00098129	42.255	47.235	53.818	47.769

#### POD1 DA FATTURE

indirizzo e-distribuzione	2014	(FATTURE-BASELINE)/BASELINE	2015	(FATTURE-BASELINE)/BASELINE	2016	(FATTURE-BASELINE)/BASELINE	MEDIA	(FATTURE-BASELINE)/BASELINE
via monte zovetto 7	42.255	0%	44.826	-5%	48.960	-9%	45.347	-5%

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

Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 45.347 kWh/anno.

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

POD: IT001E00098129	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2014</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.684	720	1.207	4.611
Feb - 14	2.424	650	1.090	4.164
Mar - 14	2.479	735	1.264	4.478
Apr - 14	1.926	565	1.003	3.494
Mag - 14	2.323	499	814	3.636
Giu - 14	1.507	442	762	2.711
Lug - 14	556	377	645	1.578
Ago - 14	387	333	722	1.442
Set - 14	2.300	513	665	3.478
Ott - 14	2.879	600	771	4.250
Nov - 14	2.787	582	748	4.117
Dic - 14	2.790	585	921	4.296
<b>Totale</b>	<b>25.042</b>	<b>6.601</b>	<b>10.612</b>	<b>42.255</b>
POD: IT001E00098129	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2015</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	3.131	774	988	4.893
Feb - 15	2.954	735	828	4.517
Mar - 15	2.136	571	796	3.503
Apr - 15	2.456	560	1.070	4.086
Mag - 15	2.429	579	814	3.822
Giu - 15	1.649	513	766	2.928
Lug - 15	507	359	641	1.507
Ago - 15	378	334	730	1.442
Set - 15	2.204	527	955	3.686
Ott - 15	3.267	734	932	4.933
Nov - 15	3.342	813	990	5.145
Dic - 15	2.612	660	1.092	4.364
<b>Totale</b>	<b>27.065</b>	<b>7.159</b>	<b>10.602</b>	<b>44.826</b>
POD: IT001E00098129	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2016</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.933	672	1.077	4.682
Feb - 16	3.167	689	849	4.705
Mar - 16	2.829	727	987	4.543
Apr - 16	5.119	1.348	2.315	8.782
Mag - 16				-
Giu - 16	1.818	483	873	3.174
Lug - 16	582	404	775	1.761
Ago - 16	563	391	750	1.704
Set - 16	2.049	610	779	3.438
Ott - 16	2.775	805	1.117	4.697
Nov - 16	3.355	1.002	1.619	5.976
Dic - 16	2.738	1.011	1.749	5.498
<b>Totale</b>	<b>27.928</b>	<b>8.142</b>	<b>12.890</b>	<b>48.960</b>



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

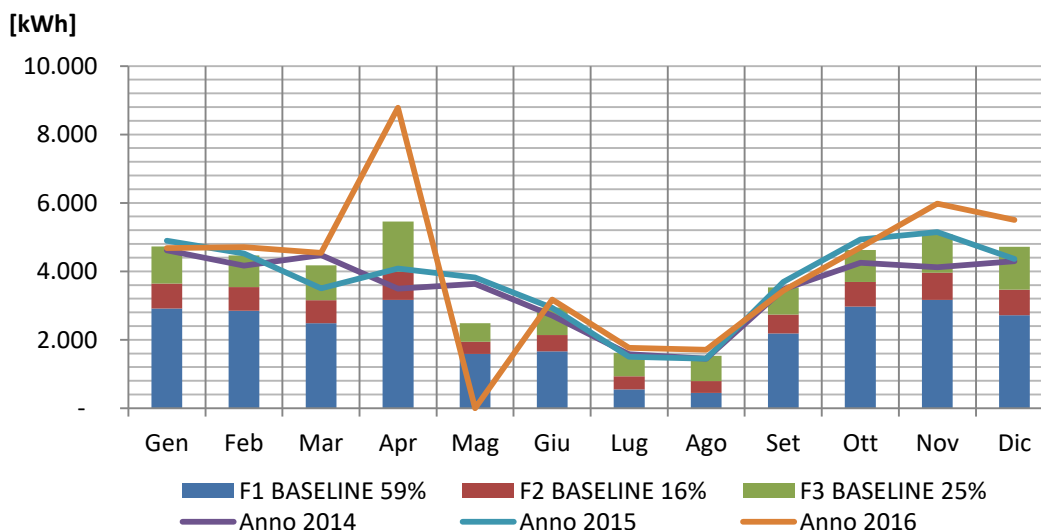
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	2.916	722	1.091	4.729
Feb	2.848	691	922	4.462
Mar	2.481	678	1.016	4.175
Apr	3.167	824	1.463	5.454
Mag	1.584	359	543	2.486
Giu	1.658	479	800	2.938
Lug	548	380	687	1.615
Ago	443	353	734	1.529
Set	2.184	550	800	3.534
Ott	2.974	713	940	4.627
Nov	3.161	799	1.119	5.079
Dic	2.713	752	1.254	4.719
Totale	26.678	7.301	11.368	45.347

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.2.

Figura 5.2 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti simili: si assiste ad un massimo tra aprile e novembre e un forte calo nei periodi estivi di chiusura della scuola.

I consumi nei periodi estivi sono dovuti ad alcune utenze che rimangono attive anche durante la chiusura della struttura ( stampanti, frigoriferi, server, illuminazione d’emergenza ed illuminazione esterna).

## 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 - 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

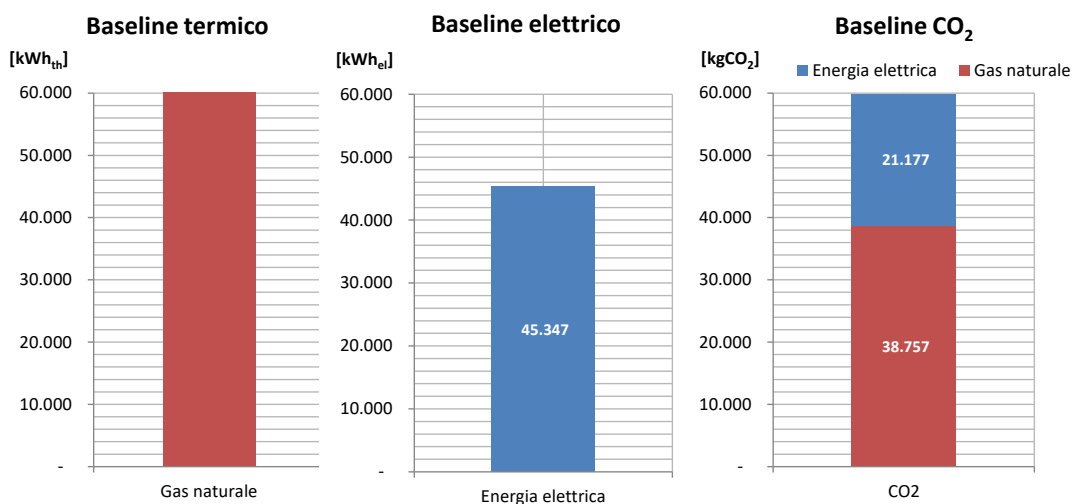
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

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>. e nella Figura 5.3.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO <sub>2</sub>
	[kWh]	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]	[kgCO <sub>2</sub> ]
Gas naturale	191.865	0,202	38.757
Energia elettrica	45.347	0,467	21.177
GPL	-	0,227	-
Gasolio	-	0,267	-
Teleriscaldamento	-	-	-
Altro Combustibile	-	-	-
<b>TOTALE</b>			<b>59.934</b>

Figura 5.3 – 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,nren</sub>	F <sub>P,ren</sub>	F <sub>P,tot</sub>
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 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	2.690	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.719	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	13.467	m <sup>3</sup>

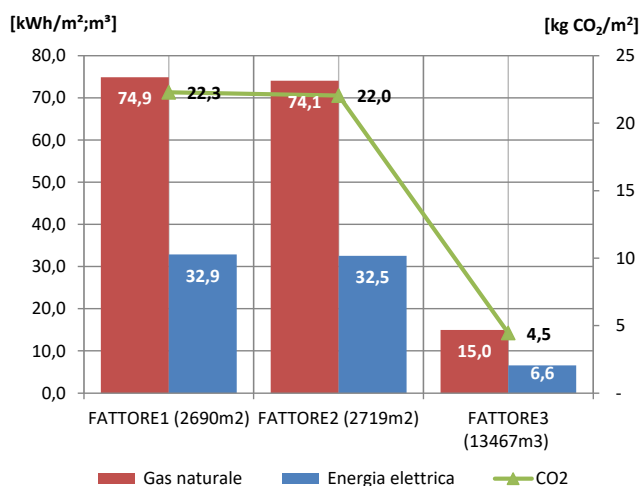
Nella Tabella 5.13 e Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

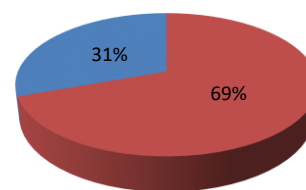
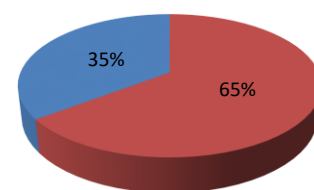
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 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	191865	1,05	201457,80	75	74,09	14,96	14	14,25	2,88
Energia elettrica	45347	2,42	109739,74	40,79	40,36	8,15	7,87	7,79	1,57
<b>TOTALE</b>			<b>311197,54</b>	<b>115,68</b>	<b>114,45</b>	<b>23,11</b>	<b>22,28</b>	<b>22,04</b>	<b>4,45</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.	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	191.865	1,05	201.458	74,9	74,1	15,0	14,41	14,25	2,88
Energia elettrica	45.347	1,95	88.427	32,9	32,5	6,6	7,87	7,79	1,57
<b>TOTALE</b>			<b>289.885</b>	<b>108</b>	<b>107</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>4</b>

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldata

 Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

Ripartizione % energia primaria


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


Trattandosi di edifici scolastici, in particolare, si sono determinati i due 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<sub>e</sub>);
- Ore di occupazione dell’edificio scolastico (fattore F<sub>h</sub>);
- Gradi Giorno convenzionali della località (1435 GG) così come definiti D.P.R. 412/93 - allegato A
- Volume riscaldato (V<sub>risc</sub>).

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<sub>p</sub>;
- Fattore F<sub>h</sub> 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	9,2	9,5	10,6	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	12549,97	13313,57	14541,39

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo una classe di merito buona per il riscaldamento e una classe di merito insufficiente per i consumi elettrici.

Nel dettaglio tutti gli indici di prestazione sono riportati nell’Allegato M – Report di Benchmark

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

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

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	152,1	kWh/mq anno	160,57	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	$EP_H$	115,89	kWh/mq anno	116,1	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	2,69	kWh/mq anno	2,87	kWh/mq anno
Ventilazione	$EP_v$	-	kWh/mq anno	-	kWh/mq anno
Raffrescamento	$EP_c$	-	kWh/mq anno	-	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	$EP_L$	33,52	kWh/mq anno	41,6	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	-	kWh/mq anno	-	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	$CO_{2eq}$	31,68	Kg/mq anno	31,68	kg/mq anno

NB. Negli indici di prestazione energetica non sono compresi i consumi associati alle attrezzature come PC, schermi, elettrodomestici, ...

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)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m <sup>3</sup> /anno] o [kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	30155	298.263,11
Energia Elettrica	48434	94.446,3

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

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

Dove:

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

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

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

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

Nota (\*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor facendo riferimento alle norme UNI TS 11300



### 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.

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		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	147,91	kWh/mq anno	155,74	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	$EP_H$	114,44	kWh/mq anno	114,66	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	2,69	kWh/mq anno	2,87	kWh/mq anno
Ventilazione	$EP_v$		kWh/mq anno		kWh/mq anno
Raffrescamento	$EP_c$		kWh/mq anno		kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	$EP_L$	29,51	kWh/mq anno	36,63	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	1,27	kWh/mq anno	1,58	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	30,75	Kg/mq anno	30,75	kg/mq anno

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m <sup>3</sup> /anno] o [kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	29.781	294.563,87
Energia Elettrica	45.970	87.108,45

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]	[%]
188.119	191.865	2,00

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
45.970	45.347	1,00

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

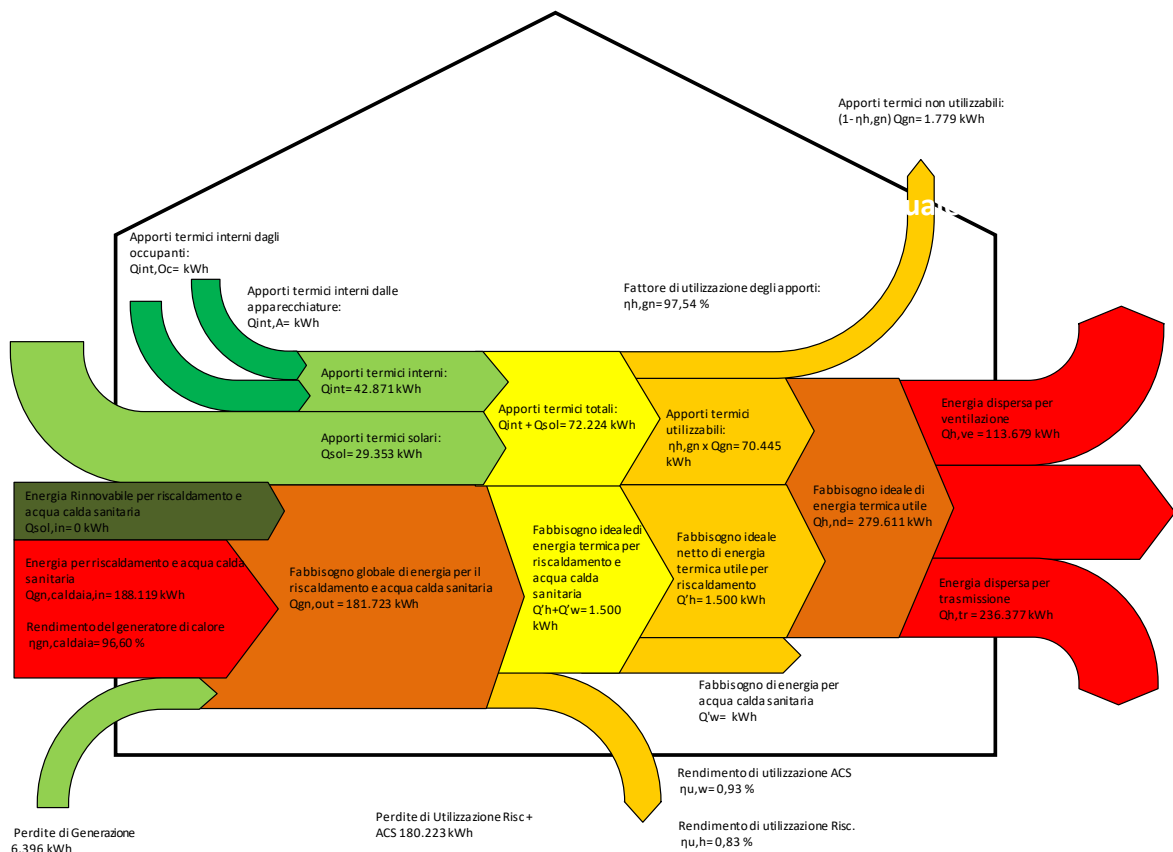
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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.

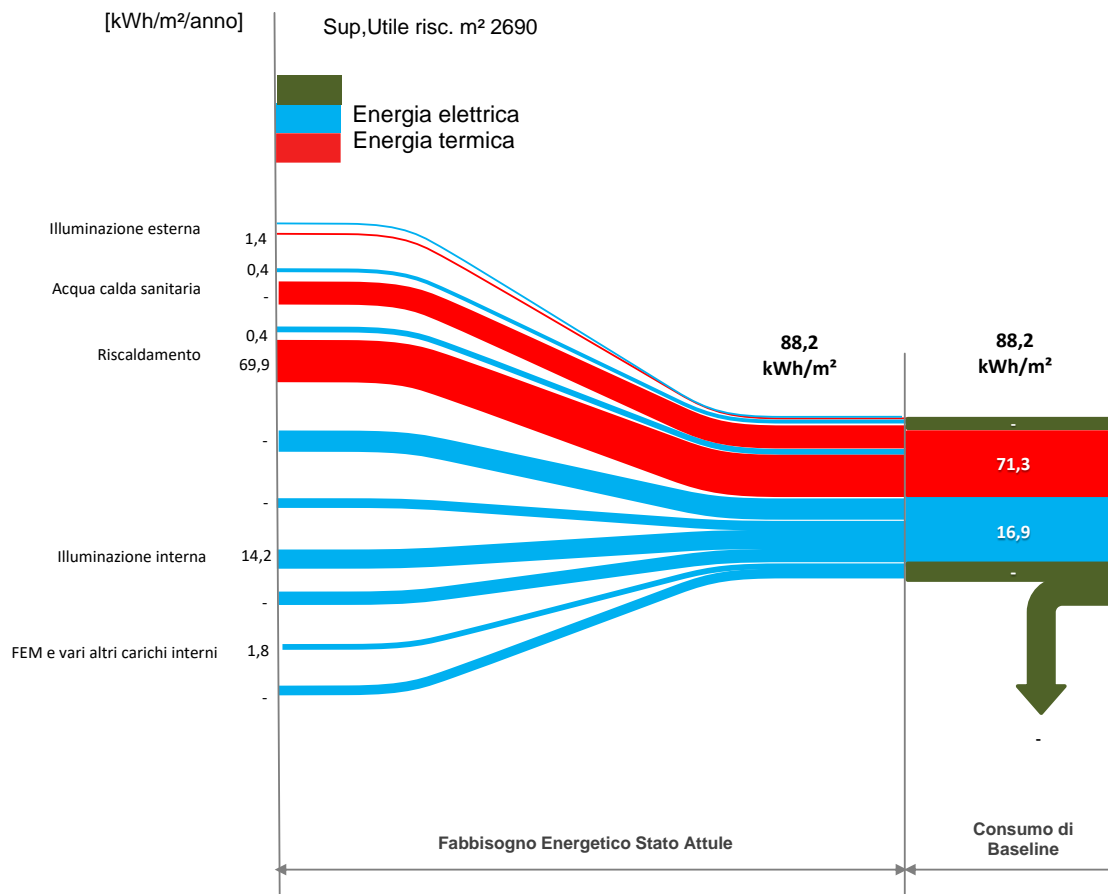
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

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



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

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

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

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

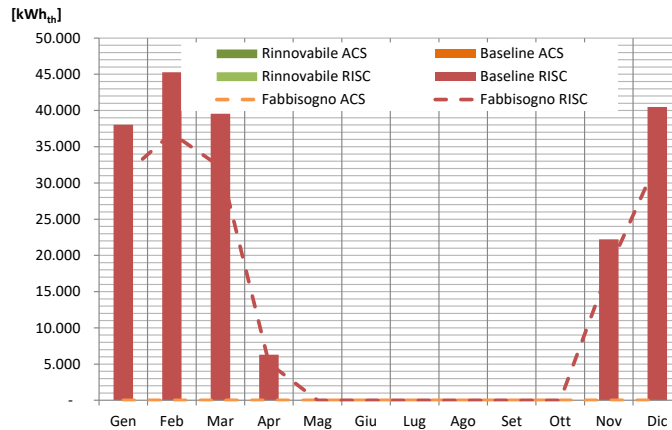
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che la maggior parte dei consumi è di tipo termico.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



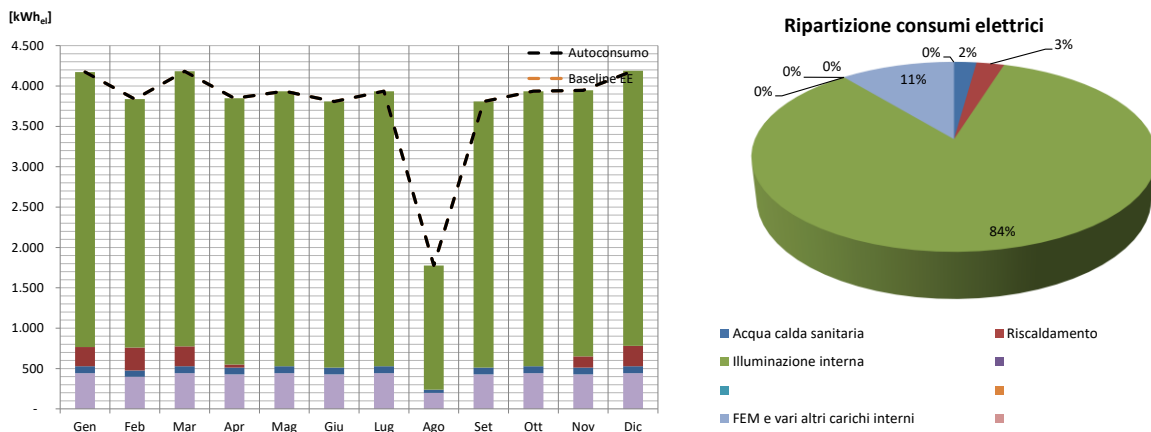
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all’utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti, concentrandosi sul miglioramento dell’involucro.

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’illuminazione interna, poiché non sono presenti altre utenze rilevanti dal punto di vista elettrico.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### 7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite il contratto di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270049906144: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un’analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA .

Nella Tabella 7.1 si riporta l’andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, sulla base della stagionalità mensile

Tabella 7.1 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento

PDR: 3270049906144	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
<b>ANNO 2014</b>	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 14	39.795	0,770
Feb - 14	33.655	0,770
Mar - 14	28.105	0,770
Apr - 14	8.266	0,770
Mag - 14	-	0,770
Giu - 14	-	0,770
Lug - 14	-	0,770
Ago - 14	-	0,770
Set - 14	-	0,770
Ott - 14	-	0,770
Nov - 14	20.311	0,770
Dic - 14	33.182	0,770
<b>Totale</b>	<b>163.315</b>	<b>0,770</b>
PDR: 3270049906144	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
<b>ANNO 2015</b>	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 15	37.122	0,770
Feb - 15	38.510	0,770
Mar - 15	29.836	0,770
Apr - 15	12.258	0,770
Mag - 15	-	0,770
Giu - 15	-	0,770
Lug - 15	-	0,770
Ago - 15	-	0,770
Set - 15	-	0,770
Ott - 15	-	0,770
Nov - 15	22.088	0,770
Dic - 15	28.333	0,770
<b>Totale</b>	<b>168.147</b>	<b>0,770</b>

PDR: 3270049906144	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 16	43.404	0,770
Feb - 16	36.149	0,770
Mar - 16	33.272	0,770
Apr - 16	7.880	0,770
Mag - 16	-	0,770
Giu - 16	-	0,770
Lug - 16	-	0,770
Ago - 16	-	0,770
Set - 16	-	0,770
Ott - 16	-	0,770
Nov - 16	27.143	0,770
Dic - 16	39.902	0,770
<b>Totale</b>	<b>187.750</b>	<b>0,770</b>

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

### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un unico contratto e un unico POD, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00098129: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00098129	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	GALA SPA	IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	
Potenza elettrica impegnata	28	28	28
Potenza elettrica disponibile	28	28	28
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	Contatore a fasce	BTA6	Allacciamento 380 V - BT
Prezzi fornitura dell’energia elettrica <sup>(2)</sup>	0,080	0,046	0,083

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

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

POD: IT001E00098129	VENDITA	DISPACCIAMENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	251	42	324	44	66	727	4.611	0,014
Feb - 14	315	54	403	52	82	907	4.164	0,020
Mar - 14	337	58	417	56	87	954	4.478	0,019
Apr - 14	262	61	350	44	72	789	3.494	0,021
Mag - 14	278	63	356	45	74	816	3.636	0,020
Giu - 14	203	47	261	34	54	598	2.711	0,020
Lug - 14	-	-	-	-	-	-	1.578	-
Ago - 14	249	56	335	44	68	752	1.442	0,047
Set - 14	-	-	-	-	-	-	3.478	-
Ott - 14	249	52	341	44	69	754	4.250	0,016
Nov - 14	243	52	341	44	6	686	4.117	0,001
Dic - 14						-	4.296	-
<b>Totale</b>	<b>2.387</b>	<b>483</b>	<b>3.127</b>	<b>407</b>	<b>579</b>	<b>6.984</b>	<b>42.255</b>	<b>0,165</b>
POD: IT001E00098129	VENDITA	DISPACCIAMENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	346	64	462	61	93	1.027	4.893	0,210
Feb - 15	306	60	434	56	86	942	4.517	0,208
Mar - 15	-	-	-	-	-	-	3.503	-
Apr - 15	146	-	261	31	44	482	4.086	0,118
Mag - 15	164	-	289	36	49	538	3.822	0,141
Giu - 15	293	-	555	68	47	962	2.928	0,329
Lug - 15	131	-	268	32	43	474	1.507	0,315
Ago - 15	140	-	288	35	46	509	1.442	0,353
Set - 15	141	-	297	36	48	522	3.686	0,142
Ott - 15	147	-	322	38	51	558	4.933	0,113
Nov - 15	144	-	334	40	52	570	5.145	0,111
Dic - 15	152	-	353	43	55	603	4.364	0,138
<b>Totale</b>	<b>2.109</b>	<b>123</b>	<b>3.864</b>	<b>476</b>	<b>613</b>	<b>7.186</b>	<b>44.826</b>	<b>0,160</b>



POD: IT001E00098129	VENDITA	DISPACCIAMENTO	RETE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	225	-	492	65	78	860	4.682	0,184
Feb - 16	181	-	392	53	63	688	4.705	0,146
Mar - 16	-	-	-	-	-	-	4.543	-
Apr - 16	218	114	299	53	68	751	8.782	0,086
Mag - 16	261	123	323	57	76	841	-	#DIV/0!
Giu - 16	188	107	228	40	56	619	3.174	0,195
Lug - 16	123	91	132	22	37	405	1.761	0,230
Ago - 16	108	90	128	21	35	383	1.704	0,224
Set - 16	-	-	-	-	-	-	3.438	-
Ott - 16	373	123	333	59	89	977	4.697	0,208
Nov - 16	513	136	414	75	114	1.252	5.976	0,210
Dic - 16	451	133	388	69	104	1.144	5.498	0,208
<b>Totale</b>	<b>2.641</b>	<b>917</b>	<b>3.128</b>	<b>513</b>	<b>720</b>	<b>7.919</b>	<b>48.960</b>	<b>0,162</b>

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

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

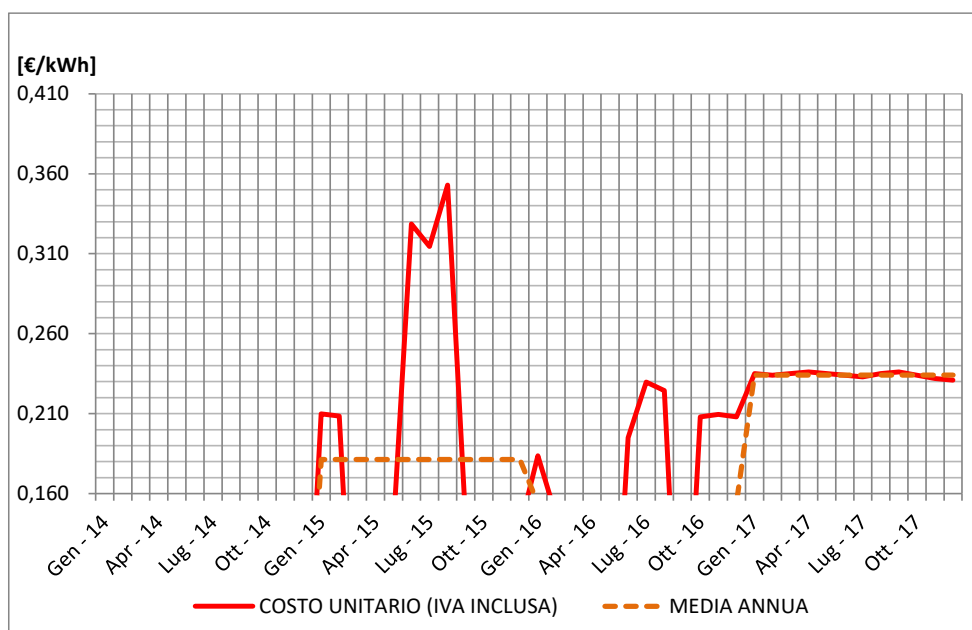
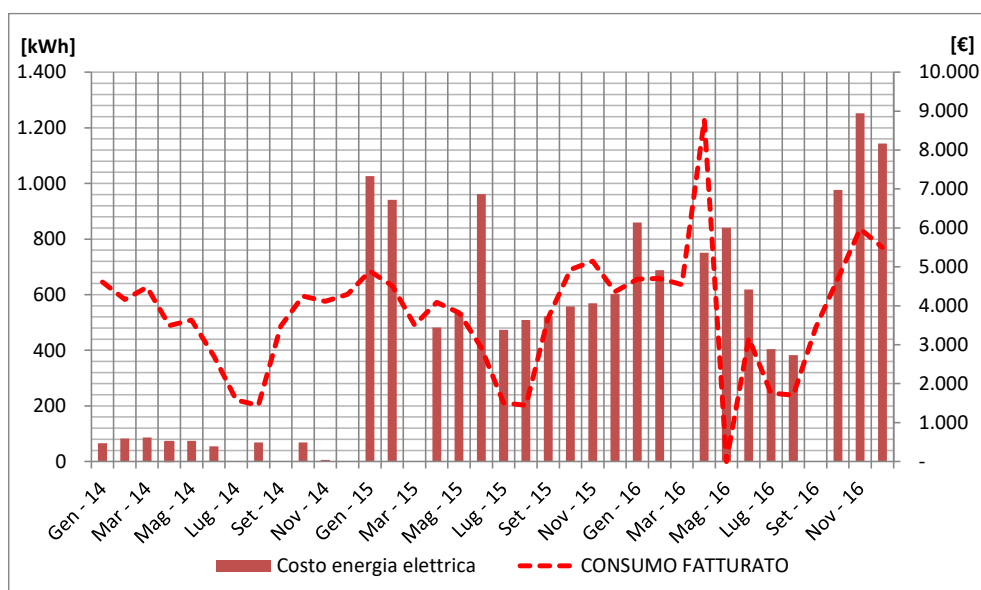


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi ha subito un aumento negli anni. Si segnala poi che alcune fatture risultano mancanti e altri dati sono relativi ad acconti e/o conguagli.

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

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

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

Tabella 7.4 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	GAS NATURALE			ENERGIA ELETTRICA			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	180.403	14.734,43	0,08	42.255	6.237,21	0,15	20.971,64
2015	189.114	15.445,92	0,08	44.826	6.616,71	0,15	22.062,62
2016	205.927	16.819,04	0,08	48.960	7.226,92	0,15	24.045,96
Media	191.815		0,08	45.347	6.693,61	0,15	22.360,08

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C <sub>uQ</sub> 0,08	[€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C <sub>uEE</sub> 0,205	[€/kWh]

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

Per il calcolo dei costi unitari si è fatto riferimento al file DE\_Lotto.8-E195\_revA-AllegatoB-Grafici\_Template.xlsx.

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

Il contratto di conduzione e manutenzione dell’impianto termico definisce per l’edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell’impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa all’impianto L1-042-143-servizio SIE3

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

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

Su questo impianto è attivo il Servizio A all’interno del vigente contratto SIE3, i costi di manutenzione  $C_M$  sono pertanto stimati come segue:

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

e sono ripartiti in una quota ordinaria ( $C_{M0}$ ) e in una quota straordinaria ( $C_{Ms}$ ) come segue:

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

$$C_{M0} = 0.79 \times C_M$$

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

Tabella 7.6 – Valori di costo 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	$C_{M0}$	3.030	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$C_{Ms}$	805	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

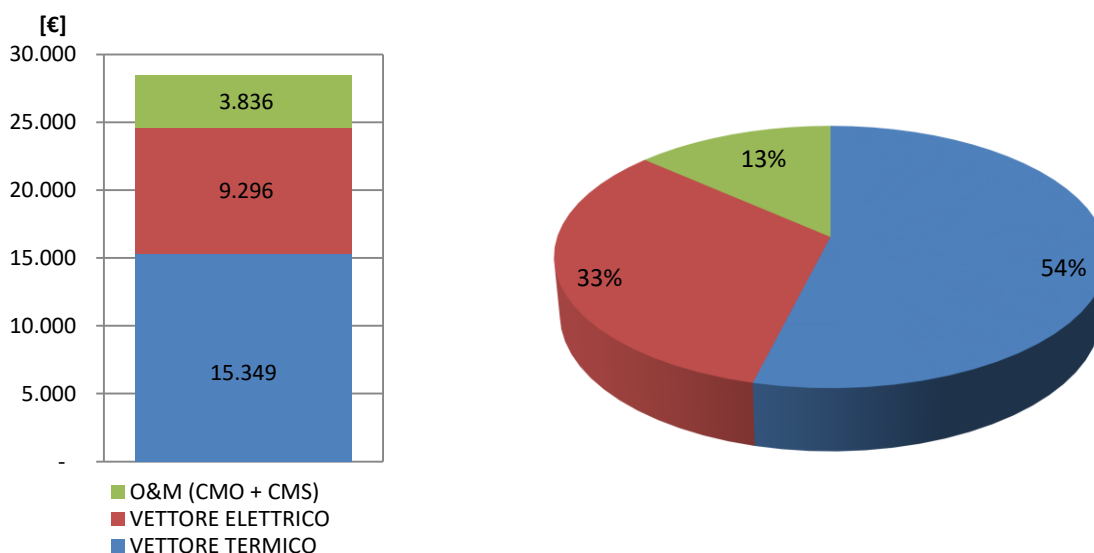
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a € 24.645,00 e un  $C_{baseline}$  pari a € 28.481,00.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )			TOTALE
$Q_{baseline}$	$Cu_Q$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$Cu_{EE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
191.865	0,080	15.349	45.347	0,205	9.296	3.836	3.030	805	28.481

Figura 7.3 – 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

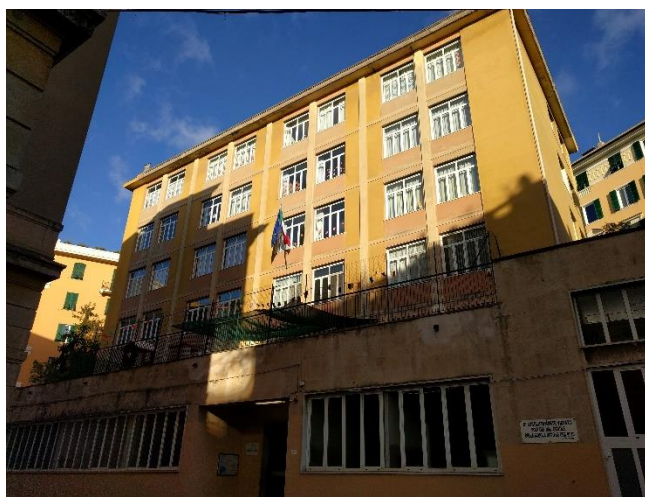
##### EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

###### Generalità

La misura prevede di realizzare un isolamento termico a cappotto delle pareti esterne della scuola, allo scopo di ridurre sensibilmente il consumo termico invernale legato alla trasmissione di calore.

L’inserimento di isolamento termico sulle facciate comporta una riduzione notevole dei consumi per il riscaldamento degli ambienti.

Figura 8.1 – Particolare della facciata esposta a ovest



###### Caratteristiche funzionali e tecniche

Non risultano presenti vincoli sull’edificio pertanto questo intervento risulta fattibile dal punto di vista urbanistico; dal punto di vista tecnico andranno curati i dettagli legati alle spalle delle finestre e ai davanzali nonché alla presenza di portoni di accesso.

###### Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

La manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale e devono essere seguite le procedure di pulizia indicate dai produttori.

###### 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 – Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

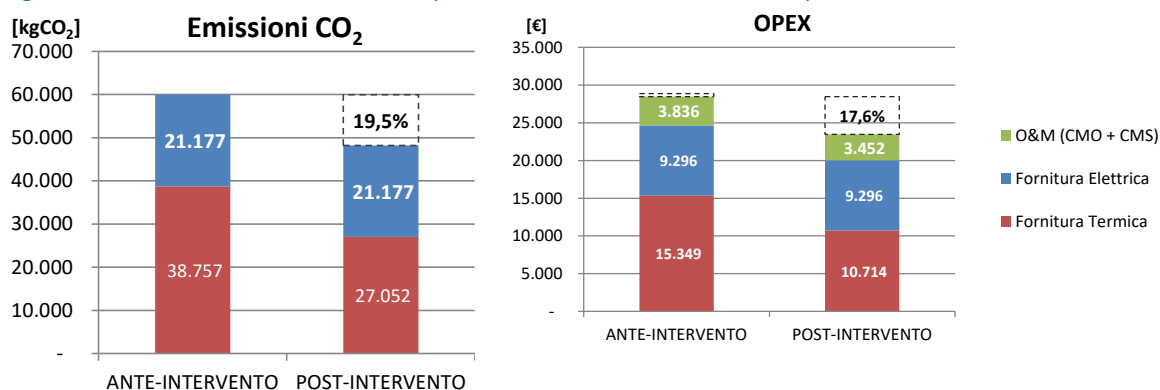
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza parete]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,26	0,255	<b>79,8%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	188.119	131.307	<b>30,2%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	45.970	45.970	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	191.865	133.922	<b>30,2%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	45.347	45.347	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	38.757	27.052	<b>30,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.177	21.177	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>59.934</b>	<b>48.229</b>	<b>19,5%</b>
Fornitura Termica, C <sub>q</sub>	[€]	15.349	10.714	<b>30,2%</b>

Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	9.296	9.296	0,0%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>24.645</b>	<b>20.010</b>	<b>18,8%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	3.030	2.727	10,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	805	725	10,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>3.836</b>	<b>3.452</b>	<b>10,0%</b>
OPEX	[€]	<b>28.481</b>	<b>23.462</b>	<b>17,6%</b>
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

Nota (x) 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: 0,08 €/kWh per il vettore termico e 0,205 €/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: Isolamento copertura piana dall'esterno con pannelli**

#### **Generalità**

La misura prevede di realizzare un isolamento della copertura piana della scuola, da realizzarsi all'esterno, allo scopo di ridurre il consumo termico invernale legato alla trasmissione di calore.

L'inserimento di isolamento termico in copertura risulta un intervento piuttosto semplice vista la planarità della copertura; l'ultimo piano ne godrà in termini di confort invernale e l'intero edificio subirà una riduzione dei consumi per il riscaldamento degli ambienti. L'isolamento verrà fatto unicamente sulla parte superiore della copertura; infatti, la copertura del piano primo è già stata rifatta negli anni 2000.

Figura 8.3 – Particolare della facciata esposta a nord da cui si evince la planarità della copertura



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

Non risultano presenti vincoli sull'edificio pertanto questo intervento risulta fattibile dal punto di vista urbanistico; dal punto di vista tecnico andranno curati l'impermeabilizzazione e la calpestabilità.

### Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

La manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale e devono essere seguite le procedure di pulizia indicate dai produttori.

### Prestazioni raggiungibili

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

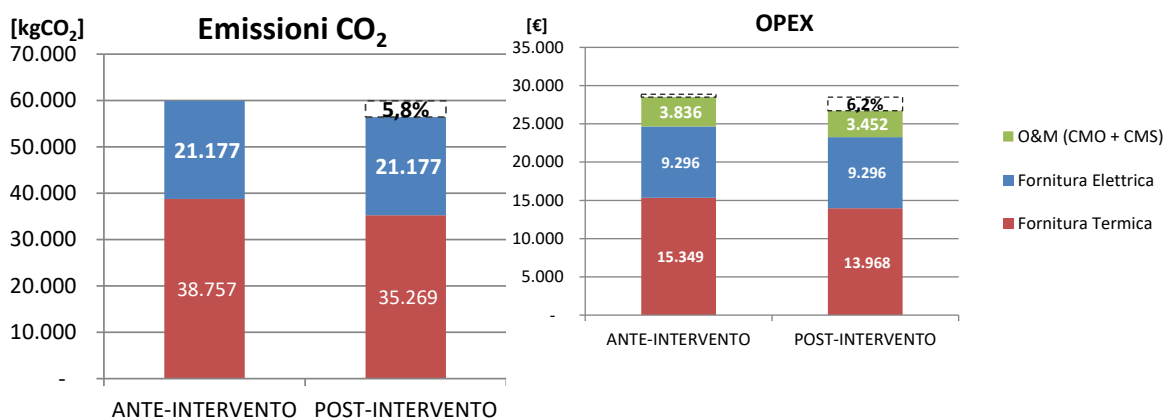
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento copertura piana dall'esterno con pannelli

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Trasmittanza copertura]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,522	0,205	<b>86,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	188.119	171.188	<b>9,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	45.970	45.970	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	191.865	174.597	<b>9,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	45.347	45.347	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	38.757	35.269	<b>9,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.177	21.177	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>59.934</b>	<b>56.446</b>	<b>5,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>t</sub>	[€]	15.349	13.968	<b>9,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	9.296	9.296	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>e</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>24.645</b>	<b>23.264</b>	<b>5,6%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	3.030	2.727	<b>10,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	805	725	<b>10,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>3.836</b>	<b>3.452</b>	<b>10,0%</b>
OPEX	[€]	<b>28.481</b>	<b>26.716</b>	<b>6,2%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classi

Nota (x) 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: 0,08 €/kWh per il vettore termico e 0,205 €/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 di generazione da fonti rinnovabili

#### Generalità

La misura prevede di installare un impianto fotovoltaico da 20 kW sulla copertura piana della scuola, allo scopo di ridurre il consumo elettrico dell’edificio.

L’inserimento di installazione dell’impianto fotovoltaico in copertura su supporti metallici inclinati a sud risulta un intervento piuttosto semplice vista la planarità della copertura; l’impianto fotovoltaico funziona adeguatamente anche in regime invernale e gli ombreggiamenti non risultano rilevanti.

#### Caratteristiche funzionali e tecniche

Non risultano presenti vincoli sull’edificio pertanto questo intervento risulta fattibile dal punto di vista urbanistico; dal punto di vista tecnico andranno curati l’impermeabilizzazione della copertura e la verifica strutturale della copertura stessa.

#### Descrizione dei lavori

L’installazione e la posa devono essere effettuate da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

La manutenzione deve essere realizzata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale e devono essere seguite le procedure di pulizia indicate dai produttori.

#### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.4.

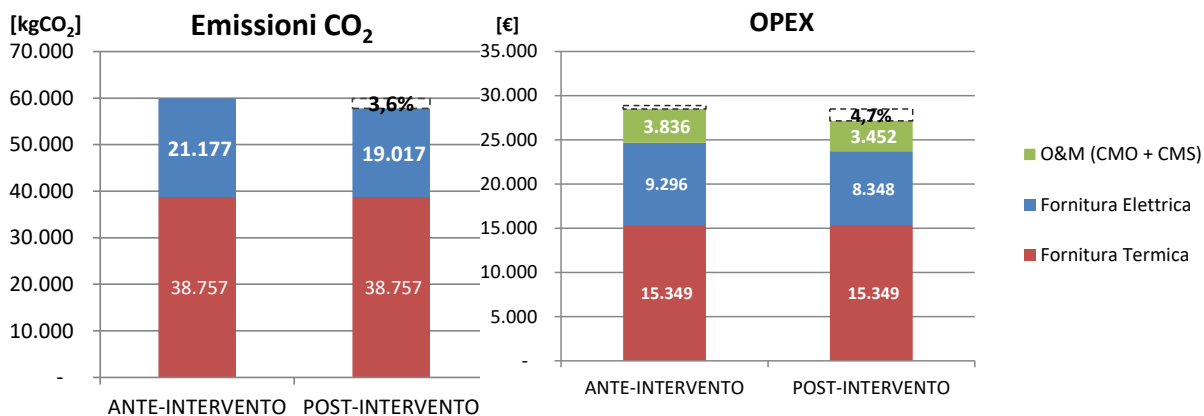
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione impianto fotovoltaico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Potenza impianto fotovoltaico]	[kW]	0	20	<b>100,0%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	188.119	188.119	<b>0,0%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	45.970	41.281	<b>10,2%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	191.865	191.865	<b>0,0%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	45.347	40.722	<b>10,2%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	38.757	38.757	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.177	19.017	<b>10,2%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>59.934</b>	<b>57.774</b>	<b>3,6%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	15.349	15.349	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	9.296	8.348	<b>10,2%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>24.645</b>	<b>23.697</b>	<b>3,8%</b>
$C_{MO}$	[€]	3.030	2.727	<b>10,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	805	725	<b>10,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>3.836</b>	<b>3.452</b>	<b>10,0%</b>
OPEX	[€]	<b>28.481</b>	<b>27.149</b>	<b>4,7%</b>
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

Nota (x) 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: 0,08 €/kWh per il vettore termico e 0,205 €/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



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### **EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno**

Nella Tabella 9.1 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM1, che consiste nell’isolamento a cappotto delle pareti verticali esterne.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 72.360 € e verranno concessi in un’unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/m <sup>2</sup> cm]	[€/m <sup>2</sup> cm]	[€]	[%]	[€]
PR.A17.D01.010	Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	25.326	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 80.352,49	22%	€ 98.030,04
PR.A02.A20.600	Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi. Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	1.809	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 1.348,53	22%	€ 1.645,20
PR.A02.A25.010	Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	904,5	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 402,91	22%	€ 491,55
95.B10.S10.010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	1809	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 23.484,11	22%	€ 28.650,61
25.A05.E10.015	Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	1809	m2	€ 7,26	€ 6,60	€ 11.939,40	22%	€ 14.566,07

25.A54.A30.010	Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	1809	m2	€	4,81	€	4,37	€	7.910,26	22%	€	9.650,52	
25.A54.B40.010	Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	1809	m2	€	23,79	€	21,63	€	39.123,74	22%	€	47.730,96	
	Costi per la sicurezza	-	3%	%					€	4.936,84	22%	€	6.022,95	
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%					€	11.519,30	22%	€	14.053,55	
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>									€	<b>181.018</b>	<b>22%</b>	€	<b>220.841</b>	
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico ]</b>											€	<b>72.360,00</b>	
<b>Durata incentivi</b>													<b>1</b>	
<b>Incentivo annuo</b>													€	<b>72.360,00</b>

### **EEM2: Isolamento copertura piana dall'esterno con pannelli**

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM2, che consiste nell'isolamento a dall'esterno della copertura piana dell'edificio.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 29.787 € e verranno concessi in un'unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Isolamento copertura piana dall'esterno con pannelli

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE		
					PREZZARIO	SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)		
					[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]		
25.A05.C10.010	Preparazione copertura	Prezzario Regione Liguria	495	m2	€	6,88	€	3.096,00	22%	€	3.777,12
PR.A18.A25.120	Fornitura materiale impermeabilizzante	Prezzario Regione Liguria	495	m2	€	5,11	€	2.299,50	22%	€	2.805,39
25.A48.A30.010	Posa in opera materiale impermeabilizzante	Prezzario Regione Liguria	495	m2	€	11,81	€	5.314,50	22%	€	6.483,69
PR.A17.W01.010	Fornitura materiale isolante (XPS 0.038 W/mK - spessore 2-3-4-5-6)	Prezzario Regione Liguria	495	m2	€	16,00	€	7.200,00	22%	€	8.784,00
25.A44.050.010	Posa in opera materiale isolante	Prezzario Regione Liguria	495	m2	€	6,68	€	3.006,00	22%	€	3.667,32

## E195 – Scuola Elementare Brignole Sale – Scuola d’infanzia Albaro

PR.A18.A20.100	Fornitura tessuto non tessuto	Prezziario Regione Liguria	495	m2	€ 2,44	€ 2,22	€ 1.098,00	22%	€ 1.339,56	
25.a48.a25.025	Posa in opera tessuto non tessuto	Prezziario Regione Liguria	495	m2	€ 4,98	€ 4,53	€ 2.241,00	22%	€ 2.734,02	
PR.A20.A10.010	Fornitura piastrelle cemento	Prezziario Regione Liguria	495	m2	€ 12,40	€ 11,27	€ 5.580,00	22%	€ 6.807,60	
95.B10.S10.010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezziario Regione Liguria	1809	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 23.484,11	22%	€ 28.650,61	
95.B10.S10.015	Noleggio del ponteggio dopo il primo mese	Prezziario Regione Liguria	1809	mese m2	€ 1,32	€ 1,20	€ 2.170,80	22%	€ 2.648,38	
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1664,69727	22%	€ 2.030,93	
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 3884,29364	22%	€ 4.738,84	
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							<b>€ 61.039</b>	<b>22%</b>	<b>€ 74.467</b>	
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico]</b>								<b>€ 29.786,98</b>
<b>Durata incentivi</b>										<b>1</b>
<b>Incentivo annuo</b>										<b>€ 29.786,98</b>

**EEM3: Installazione impianto fotovoltaico**

Nella Tabella 9.3 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nell’installazione di un impianto fotovoltaico da 20 kW sulla copertura dell’edificio.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione impianto fotovoltaico

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/kW]	[€/kW]	[€]	[%]	[€]
1E.17.010.0010 da 7 a 20 kWp	Prezziario Milano	20	kW	€ 2.713,48	€ 2.466,80	€ 49.336,00	22%	€ 60.189,92
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.480,08	22%	€ 1.805,70
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 3.453,52	22%	€ 4.213,29
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 54.270</b>	<b>22%</b>	<b>€ 66.209</b>

## 9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

Si è inoltre posta particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili agli scenari (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc.), con la quantificazione dell’importo incentivabile e l’analisi dei flussi di cassa e degli indicatori finanziari con e senza il contributo degli incentivi considerati.

Gli indicatori economici d’investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

### **EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno**

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

Tabella 9.4 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	220.841
Oneri Finanziari % $I_0$	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	72.360
Durata incentivo	$n_B$	anni	1
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	37,5	24,5
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	58,0	36,5
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 109.837	- 40.260
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-1,6%	1,3%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,50	-0,18



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

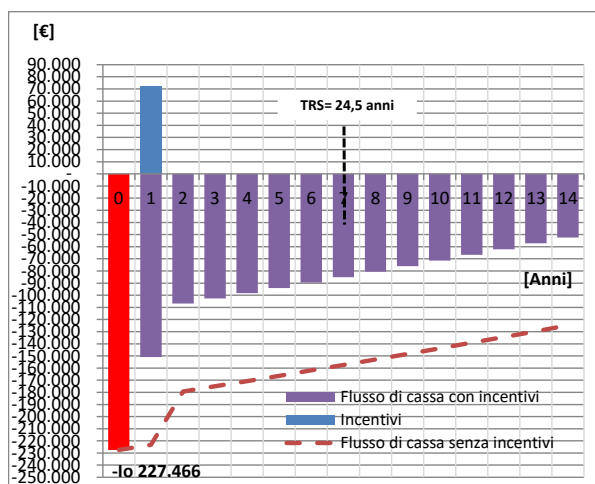
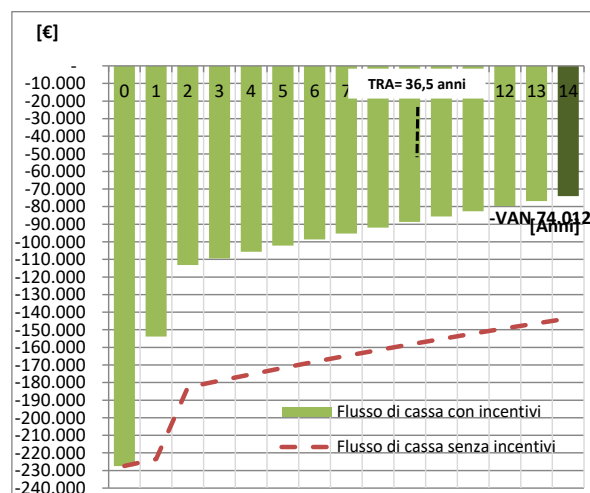


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente in termini di solo tempo di ritorno semplice in presenza di incentivi.

### **EEM2: Isolamento copertura piana dall'esterno con pannelli**

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

Tabella 9.5 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– Isolamento copertura piana dall'esterno con pannelli

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	74.467
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	29.787
Durata incentivo	$n_B$	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	36,7	20,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	56,8	33,3
Valore attuale netto	VAN	- 36.214	- 7.573
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,5%	2,4%
Indice di profitto	IP	-0,49	-0,10

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

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

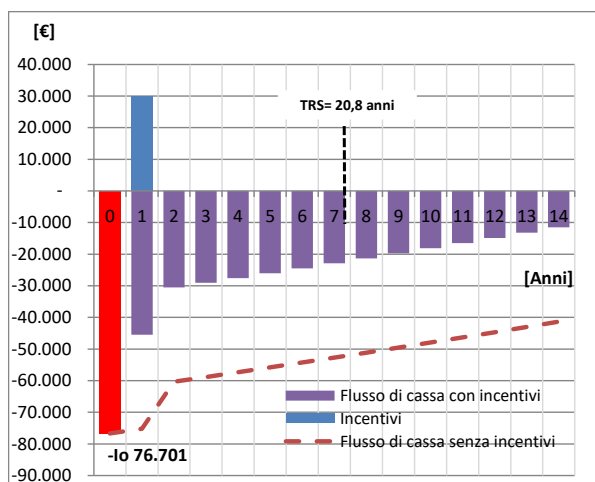
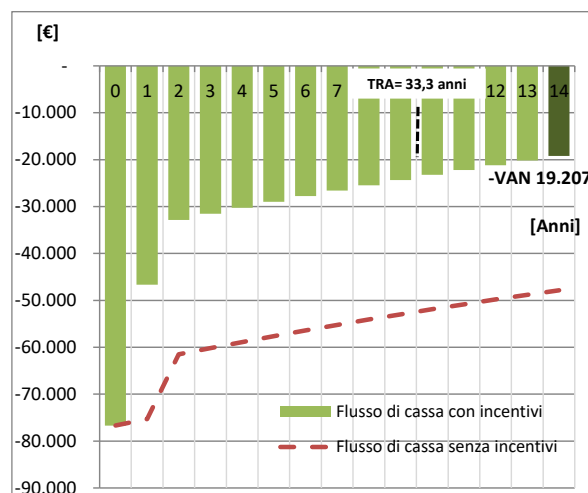


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente in termini di solo tempo di ritorno semplice in presenza di incentivi

### **EEM3: Installazione impianto fotovoltaico**

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

Tabella 9.6 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Installazione impianto fotovoltaico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	66.209
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	20
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	$n_B$	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	39,1	39,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	51,0	51,0
Valore attuale netto	VAN	- 41.470	- 41.470
Tasso interno di rendimento	TIR	-7,3%	-7,3%
Indice di profitto	IP	-0,63	-0,63

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

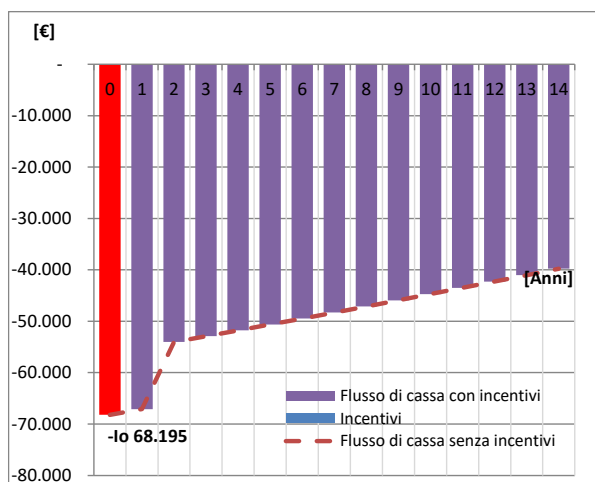
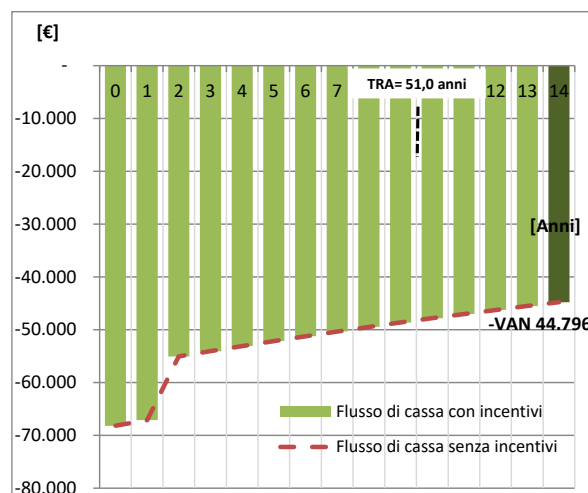


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento non risulta conveniente considerando la vita utile dell’impianto.

### Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.7 e Tabella 9.8.

Tabella 9.7 – 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	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	-19,95%	0,1915	4640,13	1515,59	402,88	220.841	37,50	58,00	109.837,00	-2%	0,50
EEM 2	-6,49%	0,0571	1382,85	1515,59	402,88	74.467	36,70	56,80	36.214,00	-2%	0,49
EEM 3	-4,43%	0,0365	961,25	1515,59	402,88	66.209	39,10	51,00	41.470,00	-7,30%	0,63

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

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

Dall’analisi dei risultati emerge che questi interventi, seppur vantaggiosi dal punto di vista energetico non risultano economicamente vantaggiosi dal punto di vista economico, in quanto il tempo di ritorno dell’investimento è sempre superiore alla vita dei componenti.

Tabella 9.8 – 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	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	-19,95%	0,191	4640,13	1515,59	402,88	220.841,00	24,50	36,50	- 40,26	1,30%	- 0,18
EEM 2	-6,49%	0,057	1382,85	1515,59	402,88	74.467,00	20,80	33,30	- 7.573,00	2,40%	- 0,10
EEM 3	-4,43%	0,037	961,25	1515,59	402,88	66.208,91	39,10	51,00	- 41.470,00	-7,30%	- 0,63

Dall’analisi dei risultati emerge che in presenza di incentivi gli interventi sull’involucro risultano convenienti economicamente oltre che tecnicamente solo se si considera il tempo di ritorno semplice dell’investimento. Con i tassi proposti dalla pubblica amministrazione infatti, nessun intervento risulta vantaggioso dal punto di vista economico con tasso attualizzato.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell’equity, ossia il rendimento atteso dall’investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I<sub>0</sub>
- E è l’Equity, pari a 20% di I<sub>0</sub>
- $\frac{D}{D+E}$  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<sub>n</sub> sono i flussi di cassa operativi nell’anno corrente n-esimo;
- K<sub>n</sub> è la quota capitale da rimborsare nell’anno n-esimo;
- I<sub>n</sub> 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<sub>n</sub> 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 LLLCR maggiori di 1.

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

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

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

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

- **Scenario 1:** Non individuato, non esiste un insieme di interventi tali da comportare contemporaneamente un tempo di ritorno dell’investimento inferiore a 15 anni e un salto di due classi energetiche
- **Scenario 2:** Tale scenario consiste nella realizzazione di tutti gli interventi descritti al capitolo precedente ovvero cappotto esterno, isolamento della copertura piana più alta e installazione impianto fotovoltaico.

### 9.3.1 Scenario 2: Isolamento pareti verticali, copertura piana e installazione impianto fotovoltaico

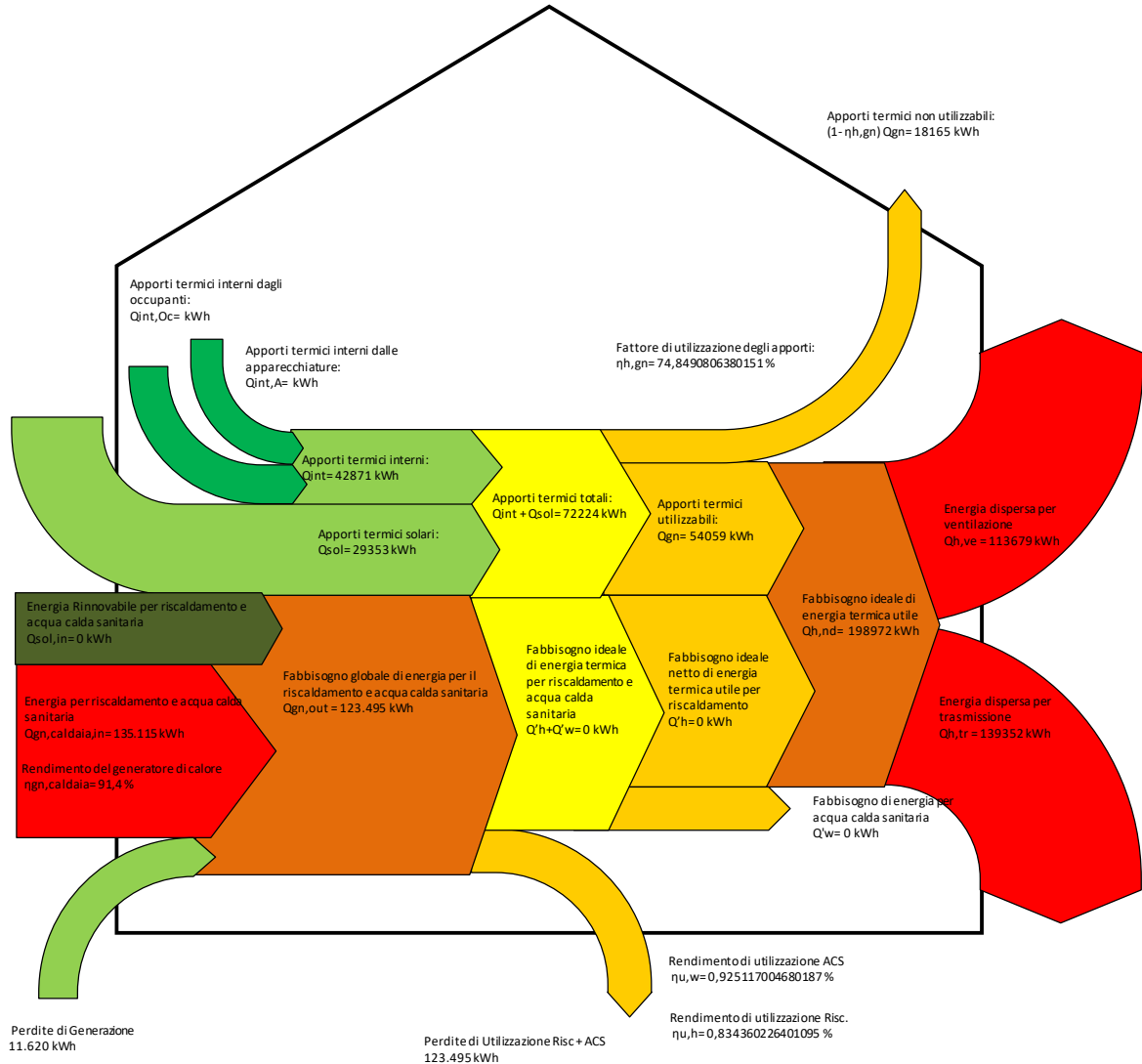
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	164.561	36.203	200.764
EEM2 Fornitura & Posa	55.490	12.208	67.698
EEM3 Fornitura & Posa	49.336	10.854	60.190
Costi per la sicurezza	8.082	1.778	9.860
Costi per la progettazione	18.857	4.149	23.006
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>296.326</b>	<b>65.191</b>	<b>361.517</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>3.836</b>	<b>843,92</b>	<b>4.680</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	<b>102.147</b>	
Durata incentivi		<b>1 anno</b>	
Incentivo annuo		<b>102.147</b>	

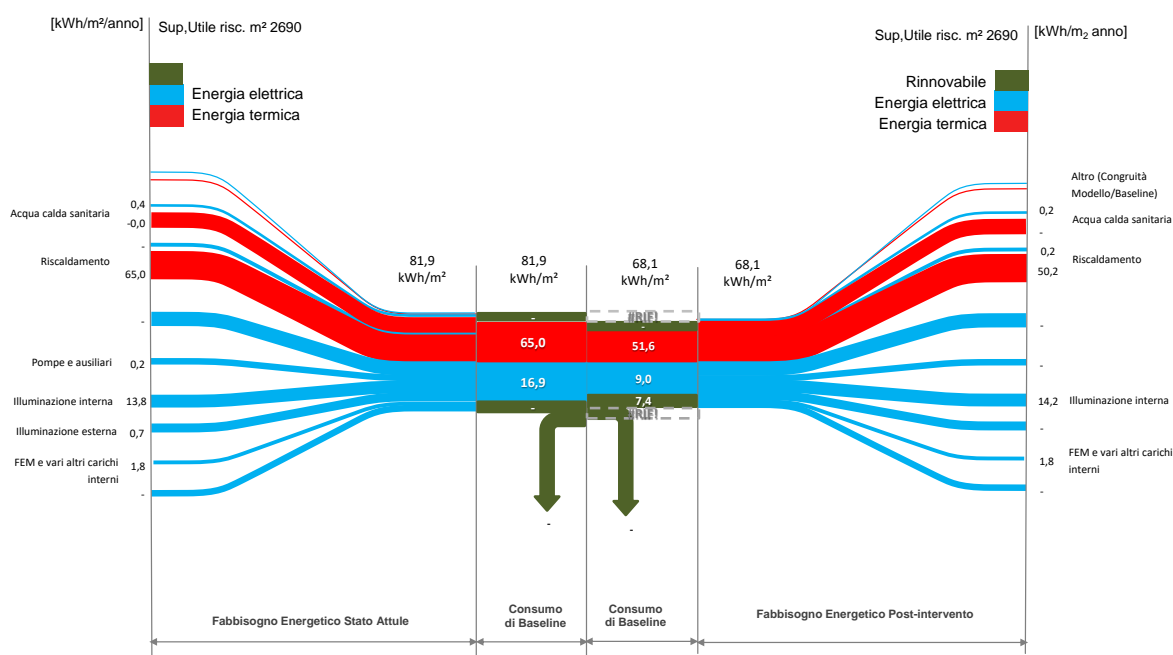
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.7 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il risparmio in termini energetici è molto alto.

Figura 9.8 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



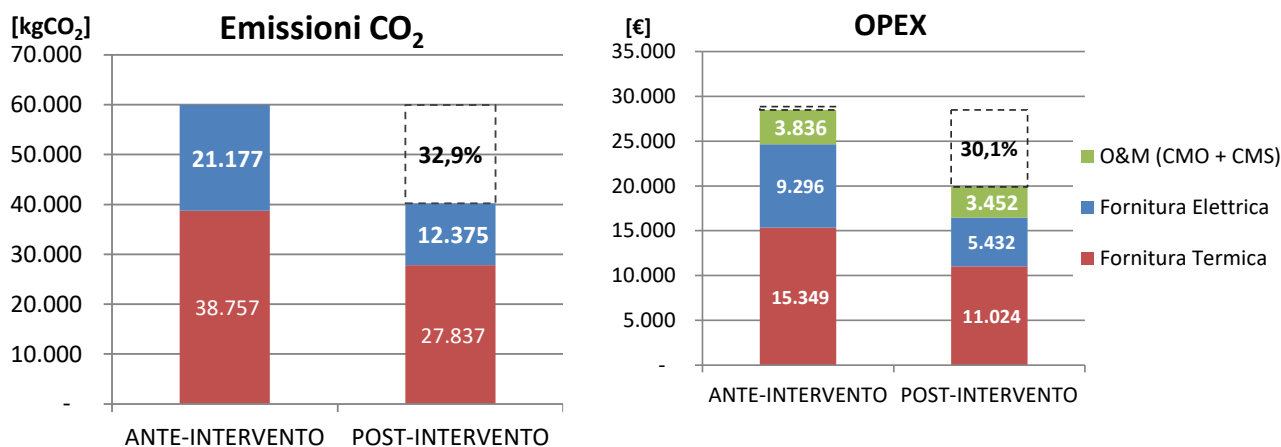
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.10 e nella Figura 9.9

Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN2 – Isolamento pareti verticali, copertura piana e installazione impianto fotovoltaico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza parete]	[W/m²K]	1,26	0,255	<b>79,8%</b>
EM2 [Trasmittanza copertura]	[W/m²K]	1,522	0,205	<b>86,5%</b>
EM3 [Potenza impianto fotovoltaico]	[kW]	0	20	<b>100,0%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	188.119	135.115	<b>28,2%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	45.970	26.862	<b>41,6%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	191.865	137.805	<b>28,2%</b>
$EE_{Baseline}$	[kWh]	45.347	26.498	<b>41,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	38.757	27.837	<b>28,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	21.177	12.375	<b>41,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>59.934</b>	<b>40.211</b>	<b>32,9%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	15.349	11.024	<b>28,2%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	9.296	5.432	<b>41,6%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>24.645</b>	<b>16.457</b>	<b>33,2%</b>
$C_{MO}$	[€]	3.030	2.727	<b>10,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	805	725	<b>10,0%</b>



O&M (C <sub>Mo</sub> + C <sub>Ms</sub> )	[€]	3.836	3.452	10,0%
OPEX	[€]	28.481	19.908	30,1%
Classe energetica	[-]	D	B	+2 classi

 Figura 9.9 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline


È 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 9.11, Tabella 9.12 e Tabella 9.13 e nelle successive figure.

Tabella 9.11 – Parametri finanziari dell’analisi di redditività dello SCN2– Cappotto, isolamento copertura, impianto fotovoltaico

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n <sub>i</sub>	1
Anni Gestione Servizio	n <sub>s</sub>	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n <sub>0</sub>	2020
Anni dell'ammortamento	n <sub>A</sub>	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k <sub>CdP</sub>	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
k <sub>progetto</sub> = Max( WACC; k <sub>CdP</sub> )	k <sub>progetto</sub>	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k <sub>D</sub>	3,82%
%, interessi equity	k <sub>E</sub>	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n <sub>D</sub>	10
Anni Equity	n <sub>E</sub>	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I <sub>0</sub>	€ 361.517
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 10.846
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 372.363
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%

Debito	$I_D$	€ 297.890
Equity	$I_E$	€ 74.473
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	<b>8,30</b>
Rata annua debito	$q_D$	€ 35.883
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€ 358.825
Costi per interessi debito, $INT_D$	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 60.935

Tabella 9.12 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{EO}$	€ 24.645
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{MO}$	€ 3.836
<b>Spesa PA pre-intervento (Baseline)</b>	$C_{Baseline}$	€ <b>28.481</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	<b>33,2%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	<b>10,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	<b>5,0%</b>
<b>Risparmio annuo PA garantito</b>	<b>19,7%</b>	€ <b>5.620</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€ 1.424
Risparmio PA durante la concessione	<b>18%</b>	€ 173.489
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€ 11.552
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>	<b>24</b>
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	<b>-44,38%</b>
Costo Contrattuale (EBIT) ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	-€ 6.885
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€ 2.539
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€ 8.543
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€ 3.677
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	€ 19.184
<b>Canone Servizi €/anno IVA escl.</b>	<b><math>C_{nS}</math></b>	€ <b>22.861</b>
<b>Canone Disponibilità €/anno IVA escl.</b>	<b><math>C_{nD}</math></b>	€ <b>4.196</b>
<b>Canone Totale €/anno IVA escl.</b>	<b><math>C_n</math></b>	€ <b>27.057</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>	<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€ 65.192
Ricavi da Incentivi, esenti d’IVA	$R_B$	€ 102.147
Durata Incentivi, anni	$n_B$	<b>1</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno		<b>2022</b>

Tabella 9.13 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Non Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>109,98</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>326,33</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	<b><math>VAN &lt; 0</math></b>	<b>-€ 144.296</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b><math>TIR &lt; WACC</math></b>	<b>-5,61%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>	<b>-39,91%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Non Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>	<b>134,41</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>	<b>727,79</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	<b><math>VAN &lt; 0</math></b>	<b>-€ 109.045</b>
Tasso interno di rendimento dell’azionista	<b><math>TIR &lt; k_e</math></b>	<b>-14,90%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b><math>DSCR &lt; 1,3</math></b>	<b>0,601</b>
Loan Life Cover Ratio	<b><math>LLLCR &lt; 1</math></b>	<b>0,408</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>-30,16%</b>

Figura 9.10 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

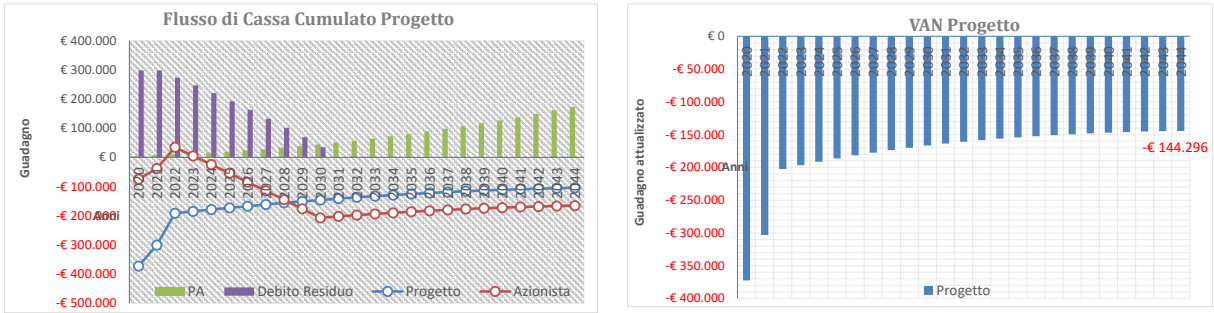
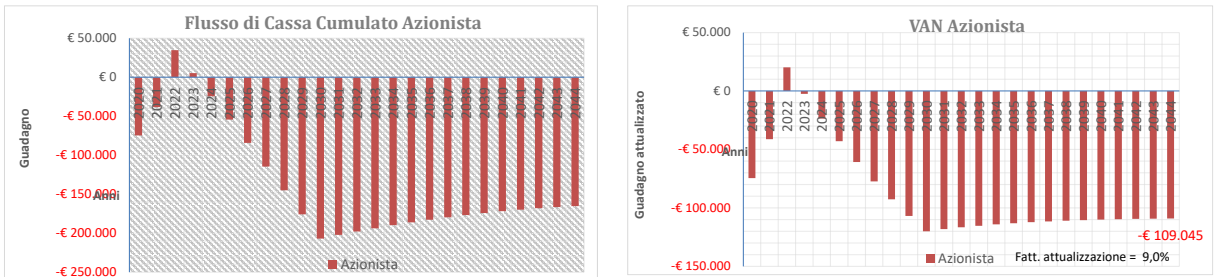


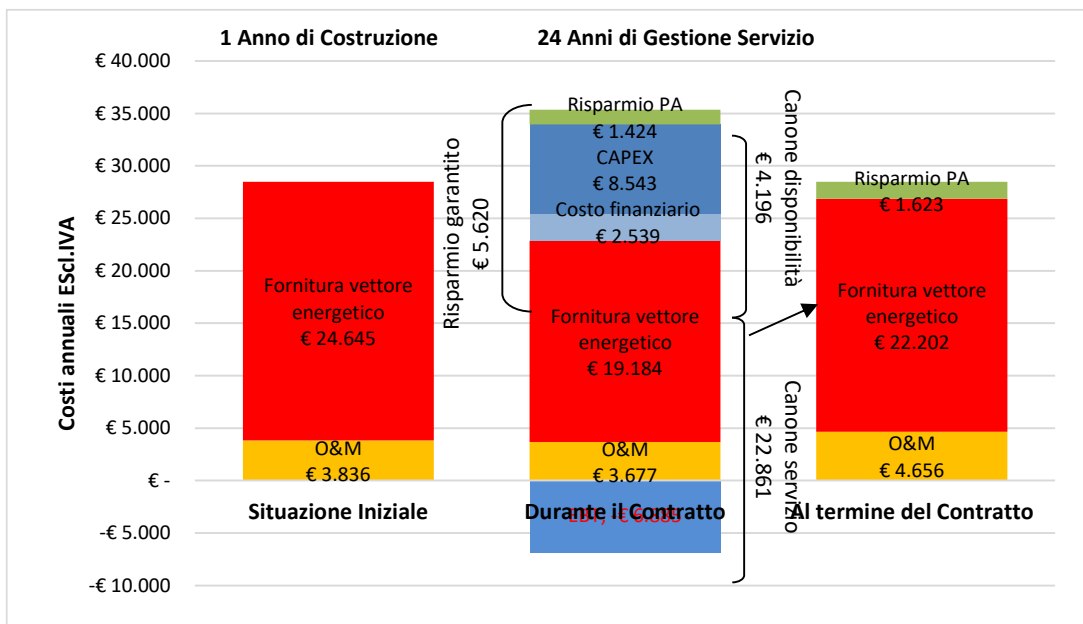
Figura 9.11 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che questo insieme di interventi non risulta conveniente dal punto di vista economico. Non esistono tuttavia altre configurazioni di scenari possibili che consentano un passaggio di due classi energetiche. Interventi sull’impianto termico e sull’illuminazione non sono stati considerati poiché l’impianto è già dotato di caldaia a condensazione e recente, mentre l’illuminazione è recente. I serramenti infine sono stati sostituiti nel 2000 e presentano buone prestazioni energetiche.

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 9.12.

Figura 9.12 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

La maggior parte dei consumi energetici del complesso scolastico è legata al termico. L’edificio risulta datato e le sue dispersioni sono elevate. Si sono pertanto valutati in primis interventi sull’involucro edilizio, escludendo i serramenti che sono stati sostituiti nel 2000. Interventi sull’impianto termico e sull’illuminazione non sono stati considerati poiché l’impianto è già dotato di caldaia a condensazione e recente, mentre l’illuminazione è recente.

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

Si sono valutate le seguenti possibilità di intervento:

EEM1: Isolamento pareti verticali a cappotto

EEM2: Isolamento copertura piana

EEM3: Installazione impianto fotovoltaico.

Questi interventi, seppur energeticamente convenienti, non risultano economicamente fattibili considerando gli attuali tassi di attualizzazione. Al fine di ottenere migliori risultati, si è provato a creare uno scenario che combinasse tra loro interventi e permettesse di ottenere un salto di classe energetica di almeno due classi: la scelta è stata pertanto di creare lo scenario SCN2 ipotizzando di realizzare tutte e tre le azioni appena elencate. La scelta, pur efficace da un punto di vista energetico, non risulta economicamente vantaggiosa.

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall’analisi effettuata è emerso che l’insieme di interventi non risulta conveniente dal punto di vista economico. Non esistono tuttavia altre configurazioni di scenari possibili che consentano un passaggio di due classi energetiche. Interventi sull’impianto termico e sull’illuminazione non sono stati considerati poiché l’impianto è già dotato di caldaia a condensazione e recente, mentre l’illuminazione è recente. I serramenti infine sono stati sostituiti nel 2000 e presentano buone prestazioni energetiche.

## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	Tavola di inquadramento complesso/edificio	20/12/1993	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-E00195.dwg
2	Tavola piano edificio scolastico/sociale piano terra	20/12/1993	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-PIANT.dwg
3	Tavola piano edificio scolastico/sociale primo piano	20/12/1993	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-PIAN1.dwg
4	Tavola piano edificio scolastico/sociale secondo piano	20/12/1993	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-PIAN2.dwg
5	Tavola piano edificio scolastico/sociale terzo piano	20/12/1993	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-PIAN3.dwg
6	Tavola piano edificio scolastico/sociale quarto piano	20/12/1993	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-PIAN4.dwg
7	Tavola piano edificio scolastico/sociale quinto piano	20/12/1993	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-PIAN5.dwg
8	Tavola piano edificio scolastico/sociale piano copertura	20/12/1993	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-PIANC.dwg
9	Sottocentrale termica	ND	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-143-P00-001-SOTTOCENTRALE TERMICA.dwg
10	Scheda centrale termica	31/03/2017	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-143-P00-AE-CENTRALE TERMICA.dwg
11	Censimento Piano terra	31/03/2017	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-L1-042-143-P00.dwg
12	Censimento Piano primo	31/03/2017	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-L1-042-143-P01.dwg
13	Censimento Piano secondo	31/03/2017	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-L1-042-143-P02.dwg
14	Censimento Piano terzo	31/03/2017	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-L1-042-143-P03.dwg
15	Censimento Piano quarto	31/03/2017	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-L1-042-143-P04.dwg
16	Censimento Piano quinto	31/03/2017	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-L1-042-143-P05.dwg
17	Checklist piano terra	ND	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-L1-042-143-P00-Checklist.xls
18	Checklist piano primo	ND	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-L1-042-143-P01-Checklist.xls
19	Checklist piano secondo	ND	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-L1-042-143-P02-Checklist.xls
20	Checklist piano terzo	ND	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-L1-042-143-P03-Checklist.xls
21	Checklist piano quarto	ND	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-L1-042-143-P04-Checklist.xls
22	Checklist piano quinto	ND	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoA-L1-042-143-P05-Checklist.xls

## ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Descrizione	Data	Nome file
1	Contesto geografico e urbano	Contesto geografico e urbano	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-Contesto urbano.pdf
2	Impianto elettrico – piano terra – piano primo	Planimetria con indicazione quadri elettrici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-impianto elettrico PT P1.pdf
3	Impianto elettrico – piano secondo – piano terzo	Planimetria con indicazione quadri elettrici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-impianto elettrico P2 P3.pdf
4	Impianto elettrico – piano quarto – piano quinto	Planimetria con indicazione quadri elettrici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-impianto elettrico P4 P5.pdf
5	Impianto elettrico – schema a blocchi quadri elettrici	Schema a blocchi sintetico relativo ai quadri elettrici presenti	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-SCHEMA BLOCCHI QE_REV00.pdf
6	Impianti termici – piano terra – piano primo	Planimetria con indicazione componenti impianti meccanici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-impianto termico PT P1.pdf
7	Impianti termici – piano secondo – piano terzo	Planimetria con indicazione componenti impianti meccanici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-impianto termico P2 P3.pdf
8	Impianti termici – piano quarto – piano quinto	Planimetria con indicazione componenti impianti meccanici	Giugno 2018	Lotto 8.E195-impianto termico P4 P5.pdf
9	Involucro edilizio-piano terra – piano primo	Planimetria	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-pianta PT P1.pdf
10	Involucro edilizio-piano secondo – piano terzo	Planimetria	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-pianta P2 P3.pdf
11	Involucro edilizio-piano quarto – piano quinto	Planimetria	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-pianta P4 P5.pdf
12	Involucro edilizio- prospetti	Prospetto nord-sud	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-prospetto 1.pdf
13	Involucro edilizio- prospetti	Prospetto ovest	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-prospetto 2.pdf
14	Involucro edilizio- prospetti	Prospetto est	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-prospetto 3.pdf
15	Involucro edilizio- sezioni e prospetti	Sezione	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-sezione.pdf
16	Zone termiche – piano terra – piano primo	Identificazione zone termiche e stratigrafie	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-zone termiche PT P1.pdf
17	Zone termiche – piano secondo – piano terzo	Identificazione zone termiche e stratigrafie	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-zone termiche P2 P3.pdf
18	Zone termiche – piano quarto – piano quinto	Identificazione zone termiche e stratigrafie	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-zone termiche P4 P5.pdf
19	Tabulato consumi energia elettrica	Tabulato consumi energia elettrica	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-Tabulato consumi EE.pdf

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
1	REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA SECONDO UNI EN 13187:2000	Maggio 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoC-report termografico.pdf

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

Titolo	Data	Nome file



## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
1	Relazione di calcolo	Maggio 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoE-Calcoli.pdf

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
1	CERTIFICATO N. 73 di garanzia di conformità	15/03/2017	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoF-CertCTI.pdf

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Attestato di prestazione energetica degli edifici	29/05/2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoG-20383_2018_8025.pdf
2	Ricevuta di registrazione	31/05/2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoG-2018_20383.pdf

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Attestato di prestazione energetica degli edifici	29/05/2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoH-20383_2018_8025_SCN2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
1	Analisi gradi giorno	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoI-GG.xls

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
1	SCHEDA DI CHECK-LIST DIAGNOSI ENERGETICA DI II LIVELLO	Maggio 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoJ-Scheda Audit.xlsx

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
1	ORE A 2.1	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoK-ORE_INVOLUCRO_TO BE LEAN_A 2.1.pdf
2	ORE A 4.1	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoK-ORE_INVOLUCRO_TO BE LEAN_A 4.1.pdf
3	ORE R.1	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoK-ORE_IMPIANTI_TO BE GREEN_S 1.pdf

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	PIANO ECONOMICO FINANZIARIO - SCENARI	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoL-AnalisiPEF.xls



## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	REPORT DEI BENCHMARK	25/07/2018	DE_Lotto.8-E195_revB-AllegatoM-Report Benchmark.xls



**ALLEGATO N – CD-ROM**