

# SCUOLA ELEMENTARE “DIECI DICEMBRE” E SCUOLA DELL’INFANZIA “FUMAGALLI” E1646

Via Vincenzo Maculano, 14 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

**N:ER**  
INGEGNERIA

**SCUOLA ELEMENTARE “DIECI DICEMBRE” E SCUOLA  
DELL’INFANZIA “FUMAGALLI”  
E1646  
Via Vincenzo Maculano, 14 - GENOVA**

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3  
Agosto/2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	18/06/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini  Ing. Antonio Aprea	Ing. Fabio Coccia	Prima pubblicazione
B	03/08/2018	Ing. Mara Pignataro	Ing. Sarah Nicolini  Ing. Antonio Aprea	Ing. Fabio Coccia	Prima revisione

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

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

## INDICE

## PAGINA

<b>REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI .....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>I</b>
<b>PAGINA.....</b>	<b>I</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL'EDIFICIO .....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1 PREMESSA .....	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	6
<b>2 DATI DELL'EDIFICIO.....</b>	<b>6</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	6
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO .....	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>11</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	12
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>14</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	21
<b>LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA SEGUENTE.....</b>	<b>21</b>
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA .....	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	24
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	25
<b>5 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
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	33
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>37</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	37
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.....	41



<b>7</b>	<b>ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO .....</b>	<b>43</b>
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	43
7.1.1	<i>Vettore termico.....</i>	43
7.1.2	<i>Vettore elettrico.....</i>	45
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	50
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	51
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	52
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>54</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	54
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	54
	<b>EEM1: COIBENTAZIONE COPERTURA LATO INTERNO CON CONTROSOFFITTO .....</b>	<b>54</b>
	<b>EEM2: CAPPOTTO INTERNO PARETI PERIMETRALI .....</b>	<b>56</b>
	8.1.2 <i>Impianto riscaldamento.....</i>	57
	<b>EEM3: RISTRUTTURAZIONE IMPIANTO TERMICO.....</b>	<b>57</b>
	8.1.3 <i>Impianto di produzione ACS.....</i>	60
	8.1.4 <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	60
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED .....</b>	<b>60</b>
	8.1.5 <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	62
	<b>EEM5: INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>62</b>
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>65</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	65
	<b>EEM1: COIBENTAZIONE INTERNA DEL SOLAIO DI COPERTURA.....</b>	<b>65</b>
	<b>EEM2: ISOLAMENTO PARETI CON CAPPOTTO INTERNO .....</b>	<b>66</b>
	<b>EEM3: RISTRUTTURAZIONE IMPIANTO TERMICO.....</b>	<b>67</b>
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED .....</b>	<b>68</b>
	<b>EEM5: INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>69</b>
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	70
	<b>EEM1: COIBENTAZIONE DEL SOLAIO DI COPERTURA.....</b>	<b>71</b>
	<b>EEM2: ISOLAMENTO PARETI CON CAPPOTTO INTERNO .....</b>	<b>72</b>
	<b>EEM3: RISTRUTTURAZIONE IMPIANTO TERMICO.....</b>	<b>73</b>
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON APPARECCHI LED .....</b>	<b>74</b>
	<b>EEM5: INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>75</b>
	<b>SINTESI .....</b>	<b>76</b>
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO.....	77
9.3.1	<i>Scenario 1: TRS &lt; 15 ANNI .....</i>	80
9.3.2	<i>Scenario 2: TRS &lt; 25 ANNI .....</i>	87
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>94</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	94
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	96
10.3	RACCOMANDAZIONI .....	97
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	100
	<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		1932
Anno di ristrutturazione		Metanizzazione caldaia 2014 Rifacimento controsoffitti 2016 Serramenti c.ca 2000 Solai in laterocemento 1997
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso (da DPR 412/93)		E.7 (Scuole)
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.716
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.659
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	8.894
Rapporto S/V	[1/m]	0,41
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.333
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	582
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	2.915
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	250
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore ad accumulo a gas metano 7 boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	40,5
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>it</sub> /anno]	82.272
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	6.639
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	51.792
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	11.482

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione intradosso del solaio di copertura
- EEM 2: Cappotto interno pareti esterne
- EEM 3: Sostituzione generatore riscaldamento, installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 4: Sostituzione lampade con apparecchi LED
- EEM 5: Installazione impianto fotovoltaico
- SCN 1: Sostituzione generatore riscaldamento, installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili, illuminazione con apparecchi LED
- SCN 2: Coibentazione interna pareti, sostituzione generatore riscaldamento, installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili, illuminazione con apparecchi LED

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

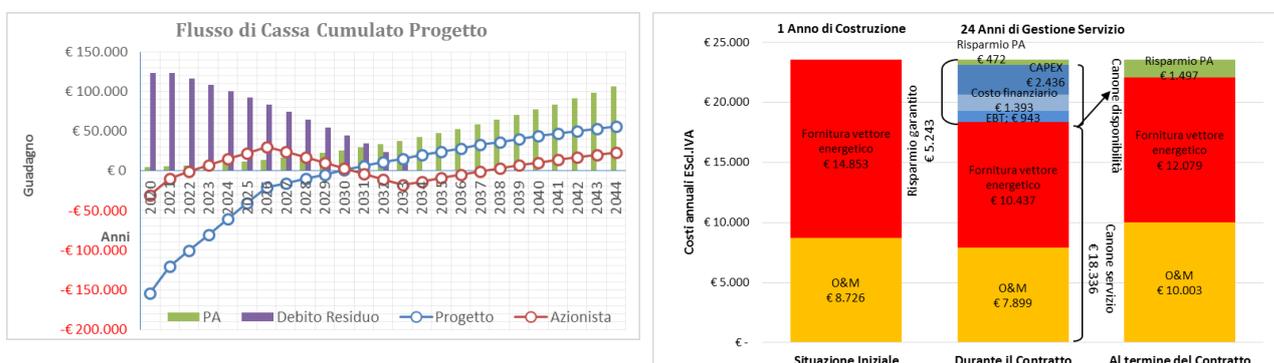
CON INCENTIVI														
	%Δ <sub>E</sub>	%Δ <sub>CO2</sub>	ΔC <sub>E</sub>	ΔC <sub>MO</sub>	ΔC <sub>MS</sub>	I <sub>0</sub>	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	€/anno	€/anno	€/anno	€	anni	anni	anni	€	[%]	[-]		
EEM 1: Copertura	5,0%	3,3%	545	0	0	27696	24,0	36,7	30	-5206	1,2%	-0,19	n/a	n/a
EEM 2: Cappotto	21,9%	14,7%	2396	0	0	86876	17,9	31,9	30	-5224	3,2%	-0,06	n/a	n/a
EEM 3: Impianto termico	15,3%	10,3%	1687	841	224	19571	4,4	4,9	15	15492	16,7%	0,79	n/a	n/a
EEM 4: Corpi illuminanti	11,7%	17,9%	3463	0	0	43725	6,8	9,0	15	10416	8,5%	0,24	n/a	n/a
EEM 5: Impianto FV	23,6%	36,2%	7016	-421	-112	68442	10,3	13,6	20	19052	7,2%	0,28	n/a	n/a
SCN 1 (TRS<15 ANNI)	26,9%	28,1%	5142	841	224	50112	7,6	13,2	15	1226	11,6%	1,94	1,057	1,173
SCN 2 (TRS<25 ANNI)	45,7%	40,6%	7186	1262	335	108439	11,5	11,9	25	5144	20,8%	3,43	1,031	0,956

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

Figura 0.1– Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



L'edificio oggetto di diagnosi risale agli inizi del novecento, ed ha subito qualche ristrutturazione nel corso degli anni come il rifacimento dei solai di piano e la sostituzione degli infissi. Dai risultati della modellazione energetica risulta che l'edificio è classificato in classe D secondo la modalità di calcolo standard.

Nella presente Diagnosi sono stati proposti gli interventi di efficientamento che meglio possono rispondere alle esigenze di riduzione delle emissioni di CO2 e allo stesso tempo, risultino sostenibili



dal punto di vista economico-finanziario e perseguibili dal punto di vista dei vincoli urbanistici presenti sull'edificio.

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

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

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

Il Comune di Genova, in attuazione alle politiche di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici pubblici di sua proprietà, ha individuato negli edifici scolastici, la possibilità di intervenire, ai fini di ridurre 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.

Figura 1.1 - Particolare della facciata principale esposta a sud-est



### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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

### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU Sezione GEC F. 3 Map. 30 Sub. 1 e 2, è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Oregina, con entrata in via Vincenzo Maculano 14.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito prevalentemente a Scuola Elementare ed il piano primo a Scuola dell'Infanzia, con servizio interno di preparazione pasti.

Catastalmente si riscontra che il subalterno 2 ha destinazione d'uso scolastica B/5, invece il sub 1 ha destinazione A/4 - Abitazioni di tipo popolare, probabilmente indicante la vecchia casa del custode.

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		1932
Anno di ristrutturazione		Metanizzazione caldaia 2014 Rifacimento controsoffitti 2016 Serramenti c.ca 2000 Solai in laterocemento 1997
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 (Scuole)

Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	1.716
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	3.659
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	8.894
Rapporto S/V	[1/m]	0,41
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	1.929
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.333
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	582
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	2.915
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	250
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Non presente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore ad accumulo a gas metano 7 boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	40,5
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>it</sub> /anno]	82.272
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	6.639
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>ei</sub> /anno]	51.792
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	11.482

Nota (1): Valori di Baseline

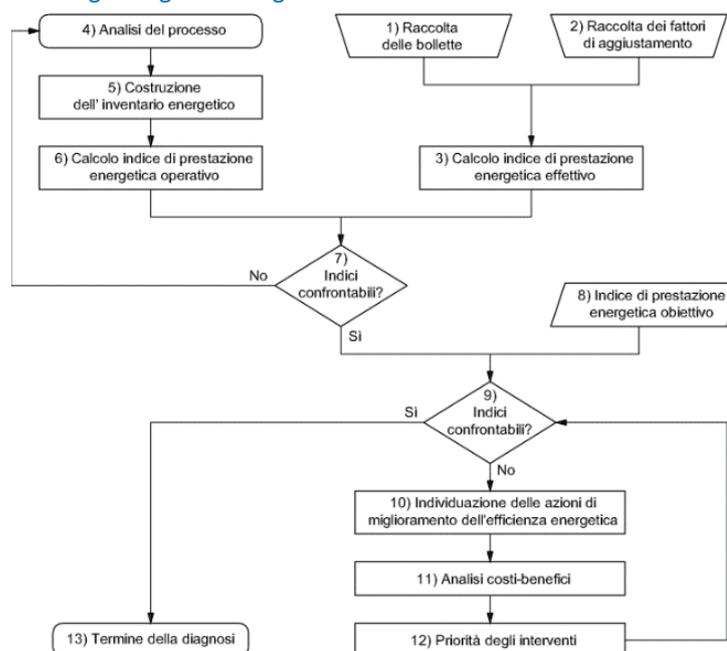
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 05/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo Castellaccio di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;

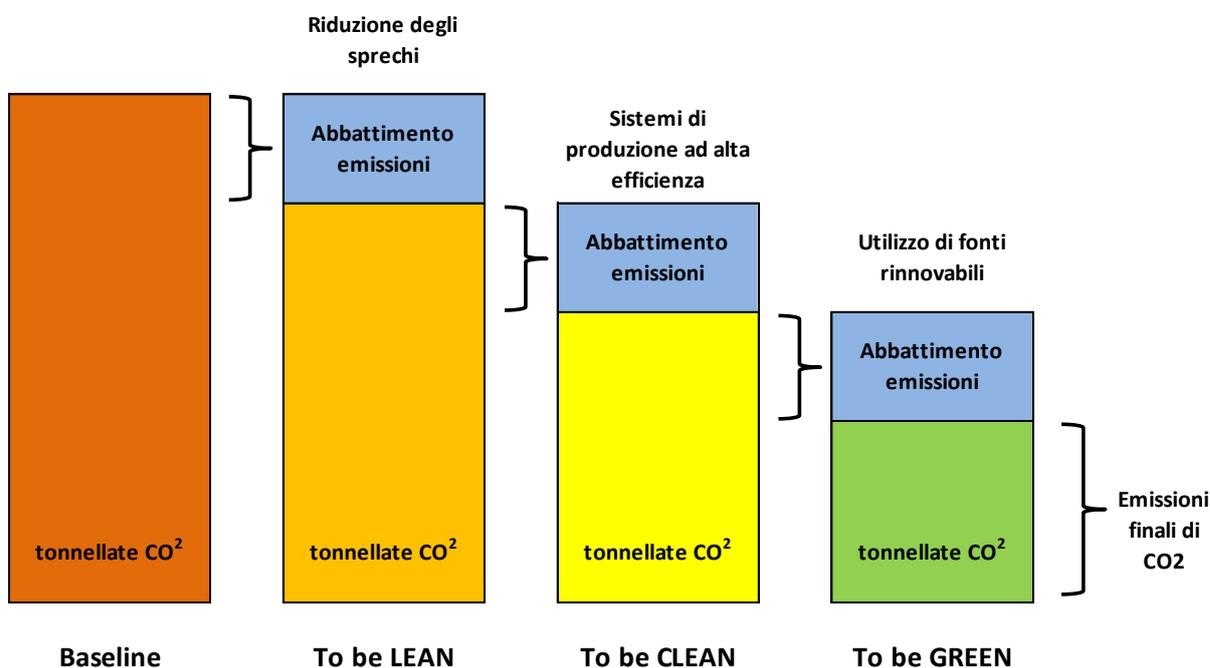
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente 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 inferiore uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);

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

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

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

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

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

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

## 1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

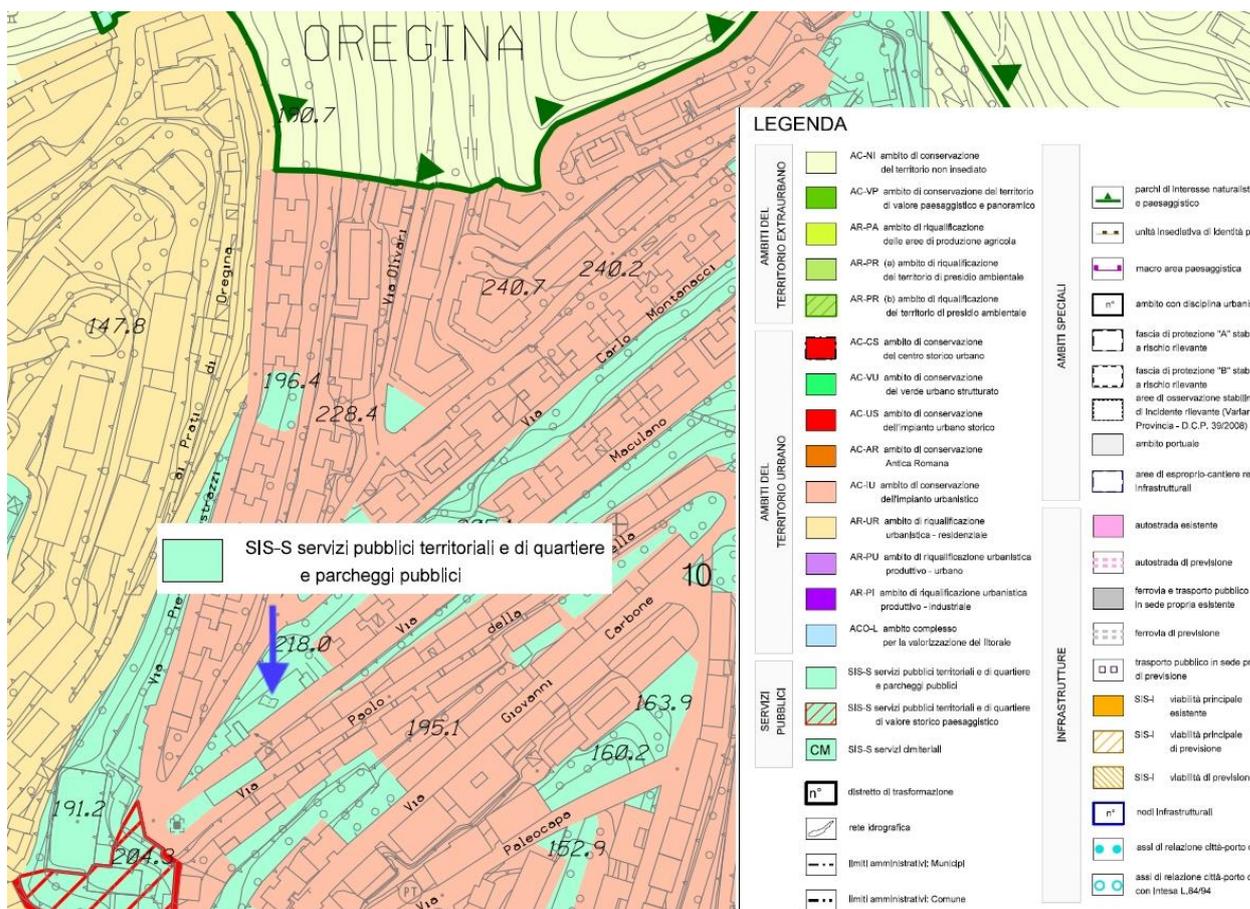
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la scuola elementare “Dieci Dicembre” e la scuola dell'infanzia “Fumagalli” risale all'incirca agli inizi del '900 e ricade nella destinazione d'uso E.7 del DPR 412/93: Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.

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

L'edificio sorge lungo via Maculano e presenta una struttura con sviluppo in linea lungo la strada. L'asse planimetrico è in direzione nord-est/sud-ovest, con le maggiori esposizioni dei locali a sud-est e nord-ovest.

L'edificio è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie aree e tutte le attività scolastiche collegate all'utilizzo della struttura.

L'intero istituto è frequentato da 200 alunni e da 25 adulti suddivisi tra personale ATA, insegnanti e cuochi. Il primo piano è occupato dalla scuola dell'infanzia “Fumagalli” composta da 34 bambini. Le zone laterali dell'edificio sono costituite da un piano interrato, di cui il lato nord è occupato dalla centrale termica e il lato sud viene usato come deposito. Tali locali non risultano riscaldati.

Nei piani fuori terra, tutti gli ambienti risultano riscaldati tranne i due vani scala. Al momento del

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



sopralluogo il riscaldamento era funzionante.

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.

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(2)</sup>
Interrato	Depositi non riscaldati, Centrale termica	[m <sup>2</sup> ]	60	-	0
Terra	Ingresso, aule, servizi igienici, cucina, refettorio, palestra	[m <sup>2</sup> ]	668	506	0
Primo	Aule scuola infanzia, servizi	[m <sup>2</sup> ]	555	403	0
Secondo	Aule scuola primaria, servizi	[m <sup>2</sup> ]	555	403	0
Terzo	Aule scuola primaria, servizi	[m <sup>2</sup> ]	555	404	0
TOTALE		[m <sup>2</sup> ]	2.333	1.716	0

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

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

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

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

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sugli strumenti urbanistici comunali e sul portale dei Vincoli Architettonici, Archeologici e Paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l’edificio non è soggetto a vincoli architettonici puntuali ma è inserito in piccolissima parte in un’area di interesse paesaggistico in

quanto *Bellezza d’Insieme* e tutelata ai sensi dell’art.136 del D. Lgs. 42/2004 “Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio”.

L’edificio si trova all’interno di una zona soggetta a vincolo idrogeologico.

Nell’analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con il vincolo presente.

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>(1)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE		
EEM 1: Coibentazione intradosso solaio di copertura					
EEM 2: Cappotto interno					
EEM 3: Ristrutturazione impianto termico					
EEM 4: Sostituzione corpi illuminanti					
EEM 5: Impianto Fotovoltaico	Vincolo paesaggistico		Richiesta posizionamento	Autorizzazione regolare integrato in falda	paesaggistica;

Nota (1): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

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

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

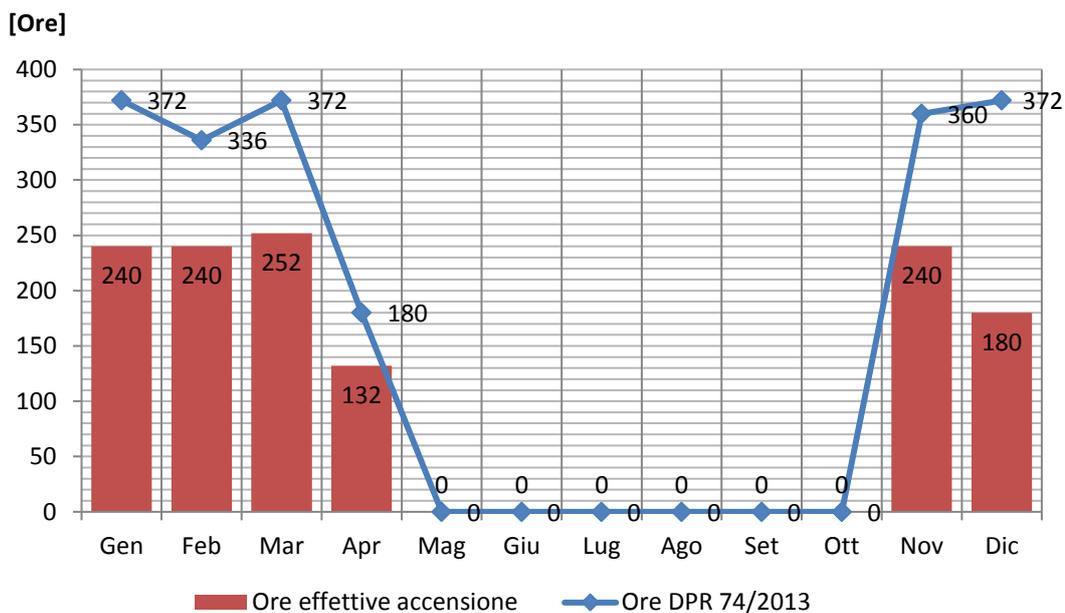
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati ipotizzati sulla base del contratto di gestione calore stipulato tra la società di servizi ed il Comune di Genova.

Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento della scuola e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO RISCALDAMENTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	07:30 – 18:30	06.00 – 18.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	dal lunedì al venerdì	07:30 – 18:30	spento

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



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono correlati agli orari di apertura della scuola. L’accensione dell’impianto anticipato rispetto all’inizio delle lezioni serve a portare in temperatura di 20°C gli ambienti interni nel momento di utilizzo da parte degli utenti. Pertanto gli orari sembrano in generale coerenti con l’effettivo soddisfacimento dei fabbisogni di confort interno dell’edificio. Lo spegnimento dell’impianto per l’intero fine settimana porta ad un raffreddamento eccessivo delle strutture disperdenti, così che il lunedì mattina i tempi di lavoro dell’impianto per portare a temperatura le zone termiche risultano verosimilmente più lunghi.

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 (SIE3), che prevede l’affidamento ad un unico Gestore, del Servizio Energia, ovvero tutte le attività di gestione, conduzione e manutenzione degli impianti termici, compresa l’assunzione del ruolo di Terzo Responsabile, e di tutti gli impianti ad essi connessi. Tale contratto è stato stipulato a partire da Ottobre 2016 ed ha una durata di 6 anni.

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

Tali temperature sopra indicate sono quelle utilizzate per la creazione del modello energetico termico, a cui corrispondono 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 906 GG calcolati su 107 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	21%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	54	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	17%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>218</b>	<b>107</b>	<b>906</b>	<b>100%</b>

### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

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

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

Nell’edificio oggetto di diagnosi i dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica di Castellaccio (stazione RIGHI), nel bacino del Bisagno, posta ad un’altitudine di 360 m s.l.m..

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto l’edificio oggetto di diagnosi si trova ad un’altitudine pari a 192 m s.l.m., per cui le condizioni climatiche possono essere più verosimili rispetto alla centralina posta a circa 30 m sul livello del mare.

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

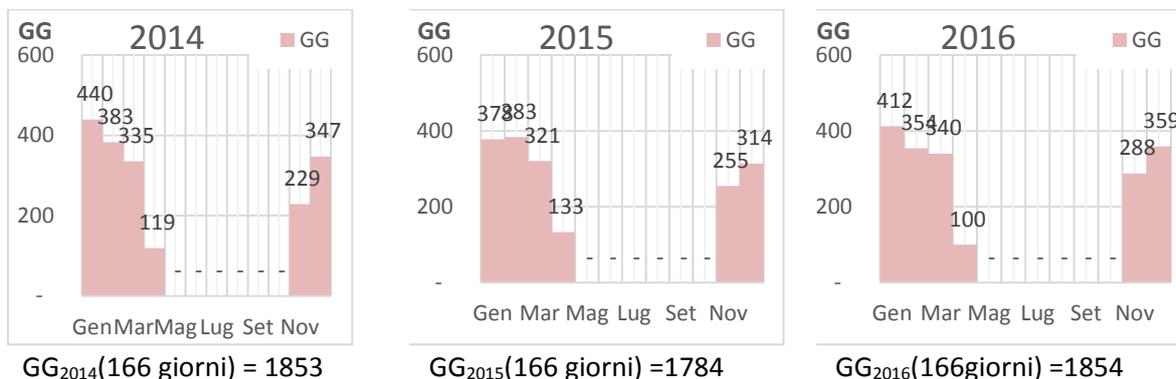


### 3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

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

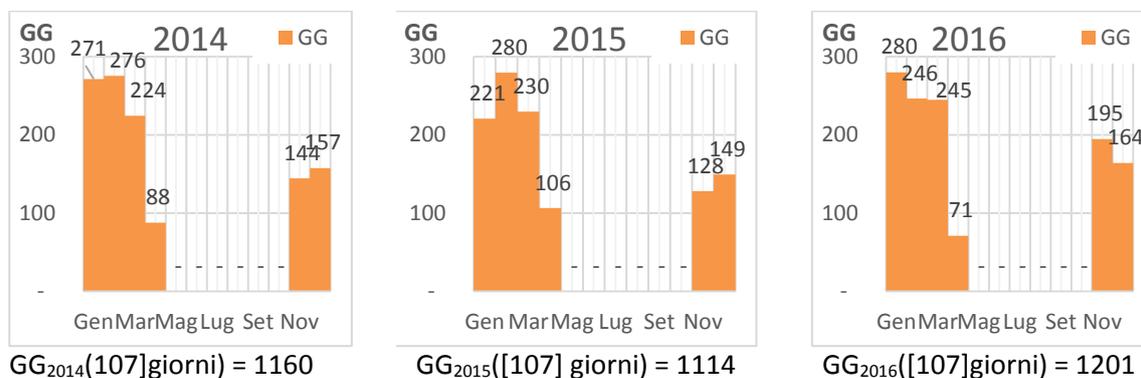


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto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

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG non è costante e subisce variazioni nel periodo considerato e si attesta molto al di sotto dei GG sia di norma che del funzionamento a 166 giorni.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un'unica struttura in muratura portante di spessore medio 55 cm con rivestimento in intonaco risalente agli inizi del 1900.

La struttura risulta omogenea senza particolari discontinuità.

L'edificio presenta una forma regolare e simmetrica, di forma rettangolare, con due terrazzi ai lati estremi del piano primo. E' costruito lungo la direttrice nord-est/sud-ovest, con esposizione delle facciate maggiori a sud-est su via Maculano e a nord-est sul cortile interno. L'ingresso principale è sul lato corto a sud-ovest.

Figura 4.1 - Particolare della facciata sud-ovest con ingresso principale



La copertura dell'edificio è piana ed è costituita da un solaio in laterocemento non coibentato. Il pavimento del piano terra è prevalentemente contro-terra, con i due lati estremi dell'edificio verso locali interrati non riscaldati.

Figura 4.2 - Particolare della copertura piana



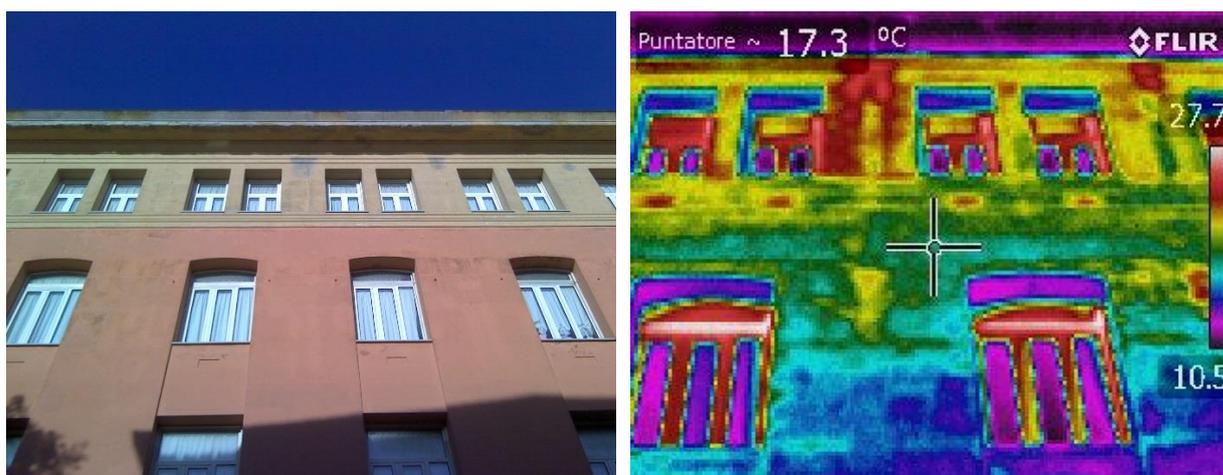
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40
- Rilievo delle misure geometriche dei locali, spessori dei muri e solai, altezze, etc.
- Indagine visiva dello stato delle strutture, degli strati interni ove possibile, dei fenomeni di umidità ove presenti.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- La struttura opaca di facciata in generale risulta abbastanza omogenea con pochi ponti termici importanti, e solo lievemente tra i solai di piano.
- La differenza di temperatura superficiale tra i piani alti della struttura e quelli inferiori è dovuta all'esposizione solare più prolungata sulla parte alta della facciata.

Figura 4.3 – Rilievo termografico delle pareti esterne lato ovest e interni P3.



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [mm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA	STATO DI
				TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]	CONSERVAZIONE
PT - PORTA ESTERNA 120X215 legno	M1	50	Assente	1,587	Sufficiente
PT divisorio interno 10 cm	M2	100	Assente	2,047	Sufficiente
Muro esterno 55 cm	M3	550	Assente	1,087	Sufficiente
PT divisorio interno 43 cm	M7	430	Assente	0,707	Sufficiente
PT- muro da climatizzato verso non climatizzato	M8	445	Assente	1,304	Sufficiente
PT - PORTA ESTERNA 120X215 acciaio	M9	50	Assente	2,538	Sufficiente
PORTA REI 6 cm	M11	60	Assente	0,534	Sufficiente
muro controterra PT	M12	520	Assente	0,669	Sufficiente
PT - pavimento verso terreno	P1	445	Assente	0,996	Sufficiente
PT - pavimento verso terreno parte interrata	P2	445	Assente	0,351	Sufficiente
solaio interpiano verso non riscaldato	P3	295	Assente	1,61	Sufficiente
copertura piana locali piano terra	S1	320	Assente	0,903	Sufficiente
copertura piana bituminosa	S2	300	Assente	1,5	Sufficiente

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

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti costituiti da doppio vetro con telaio in metallo risalenti a circa 20 anni fa.

Lo stato di conservazione degli stessi è buono, pertanto non si generano rilevanti infiltrazioni d’aria all’interno degli ambienti.

La posizione del telaio è a filo interno generando così un ponte termico tra parete opaca e serramento.

Non sono presenti componenti oscuranti esterni, ma molte aule sono dotate di tende bianche interne.

I serramenti del piano terra sia esterni sono dotati di sopraluca ad arco, mentre i piani superiori hanno forma rettangolare.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



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

- Rilievo termografico delle pareti esterne eseguito tramite l’utilizzo di termo camera FLIR E40
- Rilevamento dello spessore delle vetrocamere di porte e finestre tramite spessivetro
- Rilievo geometrico dei serramenti
- Valutazione visiva dei componenti

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- I telai dei serramenti hanno dispersioni molto maggiori rispetto alla parete opaca
- Dalla termografia si può notare un ponte termico tra serramento e involucro opaco.
- Gli infissi in alluminio sono costituiti da doppio vetro normale con vetrocamera mediamente pari a 4-16-4.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI		TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
		[L] [cm]	[H] [cm]				
Serramento verticale	W1	160	200	Metallo	Vetro doppio normale	2,606	Buono
Serramento verticale	W2	110	160	Metallo	Vetro doppio normale	2,678	Buono
Serramento verticale	W3	140	160	Metallo	Vetro doppio normale	2,675	Buono
Serramento verticale	W4	112	160	Metallo	Vetro doppio normale	2,678	Buono
Serramento verticale	W5	120	150	Metallo	Vetro doppio normale	2,552	Buono
Serramento verticale	W6	150	220	Metallo	Vetro doppio normale	2,558	Buono
Serramento verticale	W7	120	215	Metallo	Vetro doppio normale	2,548	Buono
Serramento verticale	W8	135	220	Metallo	Vetro doppio normale	2,67	Buono
Serramento verticale	W9	150	220	Metallo	Vetro doppio normale	2,558	Buono
Serramento verticale	W10	150	170	Metallo	Vetro doppio normale	2,664	Buono
Serramento verticale	W11	100	150	Metallo	Vetro doppio normale	2,563	Buono
Serramento verticale	W12	150	150	Metallo	Vetro doppio normale	2,542	Buono
Serramento verticale	W13	90	90	Metallo	Vetro doppio normale	2,586	Buono

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

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

Il riscaldamento degli ambienti è servito da un impianto termico centralizzato per l'intero edificio, L'impianto è costituito da un circuito primario a vaso chiuso, alimentato da un generatore termico costituito da una caldaia a basamento di tipo tradizionale alimentata a gas metano. Il generatore è stato installato in centrale termica e l'impianto è gestito con contratto SIE3.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori in un'aula al P3

- Radiatori in ghisa

Al momento del sopralluogo i radiatori risultavano funzionanti, è stato tuttavia rilevato un problema al piano terzo con alcuni radiatori che presentano poca resa termica. tra gli interventi di efficientamento. I radiatori sono quasi tutti privi di valvola termostatica.



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola	Radiatori	92%
Cucina	Radiatori	92%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Interrato	A parete o in nicchia	0	-	-	-	-
Terra	A parete o in nicchia	16	1,7	28	-	-
Primo	A parete o in nicchia	17	3,4	58	-	-
Secondo	A parete o in nicchia	12	2,5	30	-	-
Terzo	A parete	11	2,5	28	-	-
<b>TOTALE</b>		<b>56</b>	<b>2,5</b>	<b>144</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

In fase di sopralluogo si sono verificati i radiatori presenti ma non è stato possibile desumere la potenza di ciascun radiatore non conoscendo le loro specifiche tecniche. Pertanto tale dato è stato ricostruito via software e confrontato con i valori da check list forniti (indicati in tabella). La valutazione tramite software è stata fatta considerando un  $\Delta t$  lato acqua di 10°C e  $\Delta t$  lato aria 50°C.

Il confronto dei due valori ha confermato quanto previsto nelle check-list, infatti il valore simulato risulta leggermente inferiore di circa il 15 % rispetto a quello da check list.

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione dell’impianto della scuola avviene con impostazione della curva climatica per mezzo di una sonda di temperatura esterna e collegato alla telegestione e controllo da remoto. A monte del circuito di distribuzione è installata una valvola di regolazione a tre vie. E’ presente un cronotermostato con l’impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point di mandata dell’acqua alle diverse temperature esterne.

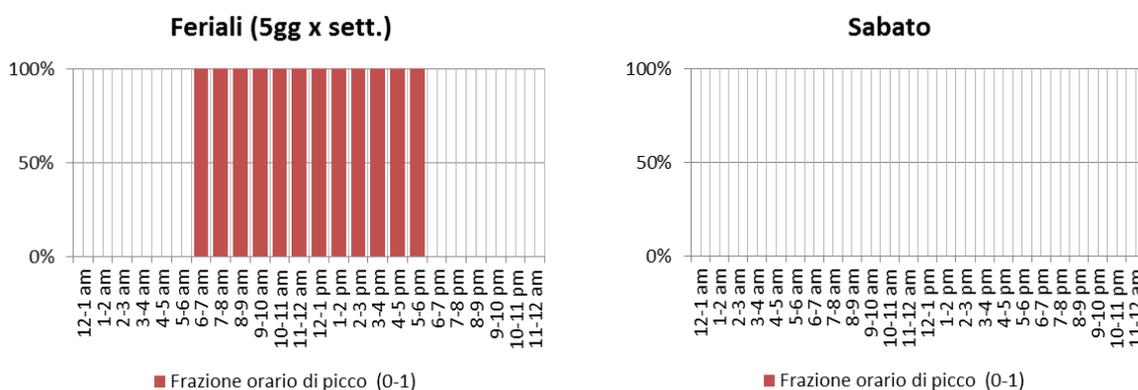
Non sono presenti termostati di zona all’interno delle zone riscaldate e i radiatori sono sprovvisti di valvole termostatiche.

Figura 4.7 – Centralina di comando e telegestione della scuola



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

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



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

Tabella 4.5 - Rendimenti del sottosistema di regolazione

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Intero edificio	Climatica	77%

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

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il generatore e il collettore secondario avviene attraverso una pompa
- 2) Circuito secondario di mandata ai radiatori della scuola. Si trova in un locale adiacente alla centrale termica.

- 1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione sul tubo di mandata. Il circuito è a vaso chiuso.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuiti di distribuzione

ZONA TERMICA	NOME	SERVIZIO	PORTATA [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA [mca]	POTENZA ASSORBITA <sup>(1)</sup> [kW]
Scuola	Circuito primario	ES01 mandata acqua calda	-	-	0.235
TOTALE					0.235

Nota (1): 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> °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Mandata	Caldo	-	80
Ritorno	Caldo	-	60

- 2) **Circuito secondario:** E' costituita da un'unica linea di mandata ai radiatori dove è presente una pompa di circolazione gemellare, una valvola a tre vie.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito secondario sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuiti di distribuzione

NOME	SERVIZIO	PORTATA <sup>(1)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(1)</sup> [mca]	POTENZA ASSORBITA <sup>(1)</sup> [kW]
Circuito secondario	EG01 mandata acqua calda ai radiatori	-	-	0.40
TOTALE				0.40

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

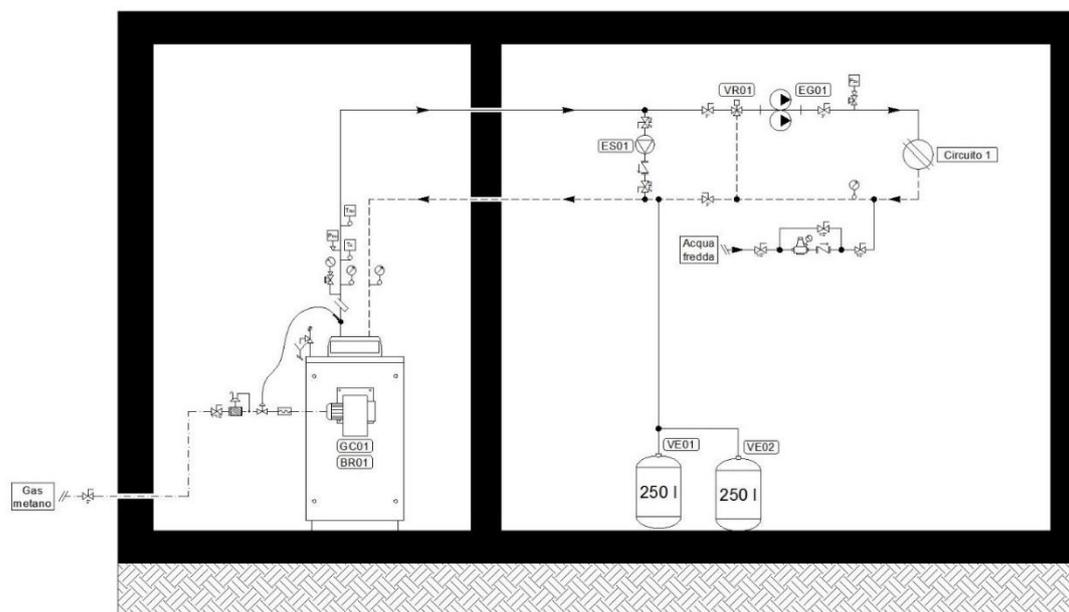
Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito secondario	Mandata	Caldo	-	80
Circuito secondario	Ritorno	Caldo	-	60

Come si evince dalle tabelle soprastanti durante il sopralluogo non è stato possibile rilevare le temperature dei circuiti, comunque si rileva che la temperatura di mandata è gestita da una regolazione mediante curva climatica e sonda esterna pertanto è variabile in funzione delle temperature esterne.

Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto della scuola (Fonte: Tavola 150-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione per la scuola è stato assunto nella DE pari al 99% come da modello termico redatto con software certificato Edilclima e calcolato secondo le UNI TS 11300.

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

#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basemento di tipo tradizionale alimentata a gas metano che produce acqua calda dedicata per il riscaldamento. Il sistema di generazione ha subito una metanizzazione nel 2014 per mezzo della sostituzione del bruciatore da gasolio a metano.

Figura 4.10 – Centrale Termica - Particolare del generatore di calore a basemento



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella tabella seguente. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche dei sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE <sup>(1)</sup> [kW]	POTENZA TERMICA UTILE <sup>(1)</sup> [kW]	RENDIMENTO <sup>(2)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup> [kW]
GC01 Riscaldamento	THERMITAL	THE/NGV200		250	230	92%	0.41

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Nota (2): Valori ricavati da scheda tecnica

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione per la zona termica 1, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 90% come da modello energetico redatto con software certificato Edilclima e calcolato secondo le UNI TS 11300. Il rendimento ottenuto è confrontabile con quello estratto dalla prova fumi con data 17/01/17 e pari al 95,7% in quanto è comprensivo delle perdite al mantello e le altre perdite di generazione.

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

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

Il consumo di acqua calda sanitaria è dovuto agli usi della cucina interna della scuola e dei bagni.

La produzione è eseguita tramite:

- Un generatore ad accumulo con circuito di combustione stagno, alimentato a gas metano, con capacità di 300 litri al servizio esclusivo della cucina interna;
- 7 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici ad uso del personale e degli alunni della Scuola.

Figura 4.11 - Particolare bollitore ACS cucina



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tabella 4.11– 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
Produttore ACS metano	100%	93%	-	81%	84%	58%
Boiler elettrici	100%	93%	-	-	75%	35%

Nota: tutti i valori sono ricavati dal modello energetico

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

### 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA

Nella struttura scolastica al servizio della cucina è presente una UTA dedicata per le cappe di estrazione della cucina. L’UTA è costituita da due sezione separate una di aspirazione e una di immissione dell’aria.

Durante il sopralluogo si è rilevato che presumibilmente la sezione di immissione non era funzionante in quanto la batteria termica era completamente scollegata, mentre era funzionante la parte relativa all’estrusione.

Figura 4.12 - Sistema di ventilazione meccanica unità di immissione e unità di estrazione.



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

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

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali attrezzature della cucina, montascale e ascensore (valutati nel modello energetico in quanto trasporto di persone e cose), distributori di bevande ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
pc	12	150	1800	1000
impianto audio	1	500	500	200
Rack dati	1	200	200	600
stampante	1	500	500	400
lavastoviglie	1	2000	2000	600
frigorifero	4	800	3200	8736
freezer	1	800	800	8736
scaldavivande	1	800	800	400
affettatrice	1	500	500	200
distributori bevande	2	500	1000	8736
altre FEM	10	100	1000	600

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

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

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

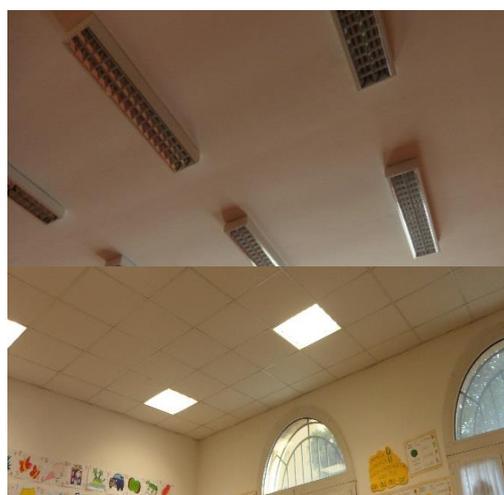
#### 4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

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

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, nelle aule e nei bagni;
- Lampade di emergenza installate in tutto l’edificio.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti



L’elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

Localizzazione	TIPOLOGIA	NUM PLAFONIERE	POTENZA SINGOLA PLAFONIERA W	POTENZA TOTALE W
CT	FLUO 1x58W	2	58	116
P0	FLUO 4x18W	37	72	2664
P0	FLUO 1x36W	4	36	144
P0	FLUO 1x58W	2	58	116
P0 cucina	FLUO 2x36W	6	72	432
P0 Palestra	FLUO 2x58W	15	116	1740
P1	FLUO 4x18W	9	72	648
P1	FLUO 1x36W	4	36	144
P1	FLUO 2x36W	45	72	3240
P1	FLUO 1x58W	1	58	58
P1	FLUO 2x58W	8	116	928
P2	FLUO 4x18W	14	72	1008
P2	FLUO 1x36W	4	36	144
P2	FLUO 2x36W	42	72	3024
P2	FLUO 2x58W	10	116	1160
P3	FLUO 4x18W	32	72	2304
P3	FLUO 1x36W	4	36	144
P3	FLUO 2x36W	33	72	2376
P3	FLUO 2x58W	7	116	812

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

## 5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

#### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura, la produzione di ACS e gli usi cottura attualmente è il Gas Metano. Fino a metà stagione 2014 il riscaldamento era alimentato a gasolio.

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

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

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti dell'intero edificio;
- Produzione di acqua calda sanitaria a gas per la cucina della mensa scolastica;
- 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 per il 2015, 2016 e seconda metà del 2014 e i litri di gasolio consumati per il 2014.

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		Lt gasolio /Sm <sup>3</sup> metano	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270050365884	Riscaldamento, produzione ACS e usi cottura	9.740 <sup>1</sup> /5.303	11.740	12.061	148.230	110.589	113.615

Nota (1) Consumi di gasolio

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

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

Poiché il PDR è gestito con contratto comprensivo della fornitura di metano, le fatturazioni non sono in possesso della PA, si è provveduto pertanto a ridistribuire i consumi mensilmente in funzione dell’effettivo funzionamento stagionale dell’impianto e dei Gradi Giorno reali, a partire dal dato del distributore.

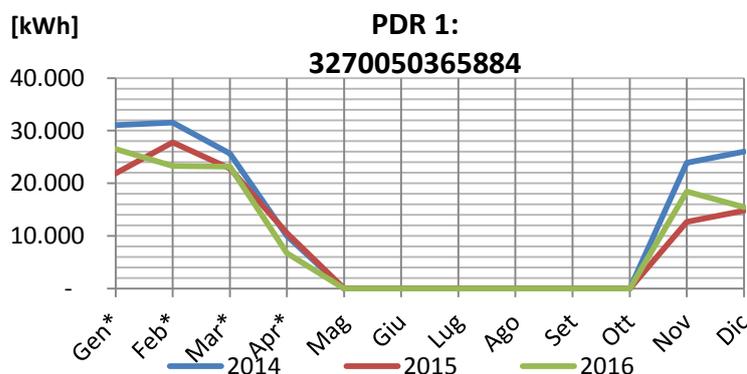
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

Mese	PDR 1: 3270050365884			PDR 1: 3270050365884		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
	[lt o Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	3.076 <sup>1</sup>	2.327	2.812	31.039	21.918	26.490
Feb	3.125 <sup>1</sup>	2.947	2.473	31.531	27.757	23.300
Mar	2.546 <sup>1</sup>	2.423	2.460	25.688	22.821	23.177
Apr	993 <sup>1</sup>	1.121	713	10.014	10.557	6.719
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	2.537	1.348	1.956	23.901	12.702	18.426
Dic	2.766	1.575	1.646	26.053	14.837	15.502
Totale	15.043	11.740	12.061	148.226	110.591	113.615

Nota (1) Consumi di gasolio

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo mensile registrato nell’agosto 2016, e un valore di massimo prelievo mensile registrato nel febbraio 2014. I consumi annui seguono un andamento regolare nel triennio, con maggiori consumi registrati nel 2014 con l’impianto a gasolio.

Poiché il 2014 era alimentato in parte a gasolio, al fine della determinazione della Baseline termica si è provveduto a fare una media dei kWh termici consumati nel 2014 e 2015.

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo corrisponde alla media della fornitura di combustibile del “PDR 1” in quanto esso alimenta la centrale termica per il servizio di riscaldamento dell’intera scuola.

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;

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sup>REALI</sup> SU [107] GIORNI	GG <sup>RIF</sup> SU [107] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [906] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2015	1.114	906	9.822	92.524	83,1	75.316	8.646	-
2016	1.201	906	10.118	95.312	79,4	71.969	8.883	-
<b>Media</b>	<b>1.158</b>	<b>906</b>	<b>9.970</b>	<b>93.918</b>	<b>81,1</b>	<b>73.508</b>	<b>8.765</b>	-

Come si può notare dai dati riportati, per il calcolo della baseline è stata considerata la media dei consumi termici negli anni 2015 e 2016, scorporando la parte di consumi imputabili agli usi cottura. Il consumo di ACS è stato valutato a partire dai fabbisogni ricavati dal modello energetico riproporzionati sui consumi reali.

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]
$\bar{Q}_{ACS}$	8.756
$\bar{Q}_{ALTRO}$	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	73.508
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>82.272</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di due contatori i quali risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- Linea luci e linea prese;
- Apparecchiature cucina;
- Ascensore e montavivande;
- Ausiliari centrali termiche e boiler elettrici;
- Attrezzature varie.

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 sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento.

Tali consumi annuali sono riassunti 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]
IT001E00098001	Scuola	37.896	39.657	41.254	39.602
IT001E00098000	Cucina	12.073	12.396	12.100	12.190
<b>TOTALE</b>		<b>49.969</b>	<b>52.053</b>	<b>53.354</b>	<b>EEbaseline [51.792]</b>

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 e riportati nella seguente tabella:

POD	Anno 2014 Consumi kyoto	Anno 2015 Consumi kyoto	Anno 2016 Consumi kyoto	Consumo Medio kyoto
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00098001	40.326	41.774	44.518	42.206
IT001E00098000	12.897	13.066	12.669	12.877
<b>TOTALE</b>	<b>53.223</b>	<b>54.840</b>	<b>57.187</b>	<b>55.083</b>

Lo scostamento tra la media dei consumi fatturati nel triennio rispetto ai consumi forniti dalla PA è pari a -6%.

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 51.792 kWh/anno.

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

POD: IT001E00098001	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2014</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	3.805	362	538	4.705
Feb - 14	2.943	325	432	3.700
Mar - 14	3.487	388	526	4.401
Apr - 14	2.895	272	420	3.587
Mag - 14	3.056	357	739	4.152
Giu - 14	1.409	267	446	2.122
Lug - 14	355	175	307	837
Ago - 14	195	161	306	662
Set - 14	1.627	256	365	2.248
Ott - 14	3.235	308	408	3.951
Nov - 14	3.137	288	443	3.868
Dic - 14	2.926	279	458	3.663
<b>Totale</b>	<b>29.070</b>	<b>3.438</b>	<b>5.388</b>	<b>37.896</b>
POD: IT001E00098001	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2015</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	3.625	373	541	4.539
Feb - 15	3.672	343	511	4.526
Mar - 15	3.120	292	449	3.861
Apr - 15	2.794	261	416	3.471
Mag - 15	2.726	339	684	3.749
Giu - 15	1.356	274	542	2.172
Lug - 15	252	142	244	638
Ago - 15	167	123	251	541
Set - 15	1.853	256	379	2.488
Ott - 15	3.734	374	466	4.574
Nov - 15	3.494	371	609	4.474
Dic - 15	3.611	383	630	4.624
<b>Totale</b>	<b>30.404</b>	<b>3.531</b>	<b>5.722</b>	<b>39.657</b>
POD: IT001E00098001	F1	F2	F3	TOTALE
<b>Anno 2016</b>	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	3.553	446	731	4.730
Feb - 16	3.495	354	475	4.324
Mar - 16	3.358	326	465	4.149
Apr - 16	3.231	363	695	4.289



## E1646 – Scuola elementare “Dieci Dicembre”

Mag - 16	3.604	337	454	4.395
Giu - 16	1.531	282	451	2.264
Lug - 16	425	271	477	1.173
Ago - 16	326	228	430	984
Set - 16	1.639	317	452	2.408
Ott - 16	2.940	364	462	3.766
Nov - 16	3.542	418	569	4.529
Dic - 16	2.810	476	957	4.243
<b>Totale</b>	<b>30.454</b>	<b>4.182</b>	<b>6.618</b>	<b>41.254</b>

POD: IT001E00098000	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	833	283	290	1.406
Feb - 14	704	219	204	1.127
Mar - 14	887	333	287	1.507
Apr - 14	730	251	244	1.225
Mag - 14	848	285	209	1.342
Giu - 14	543	175	236	954
Lug - 14	71	52	101	224
Ago - 14	14	12	23	49
Set - 14	362	149	124	635
Ott - 14	878	296	240	1.414
Nov - 14	668	252	237	1.157
Dic - 14	608	230	195	1.033
<b>Totale</b>	<b>7.146</b>	<b>2.537</b>	<b>2.390</b>	<b>12.073</b>

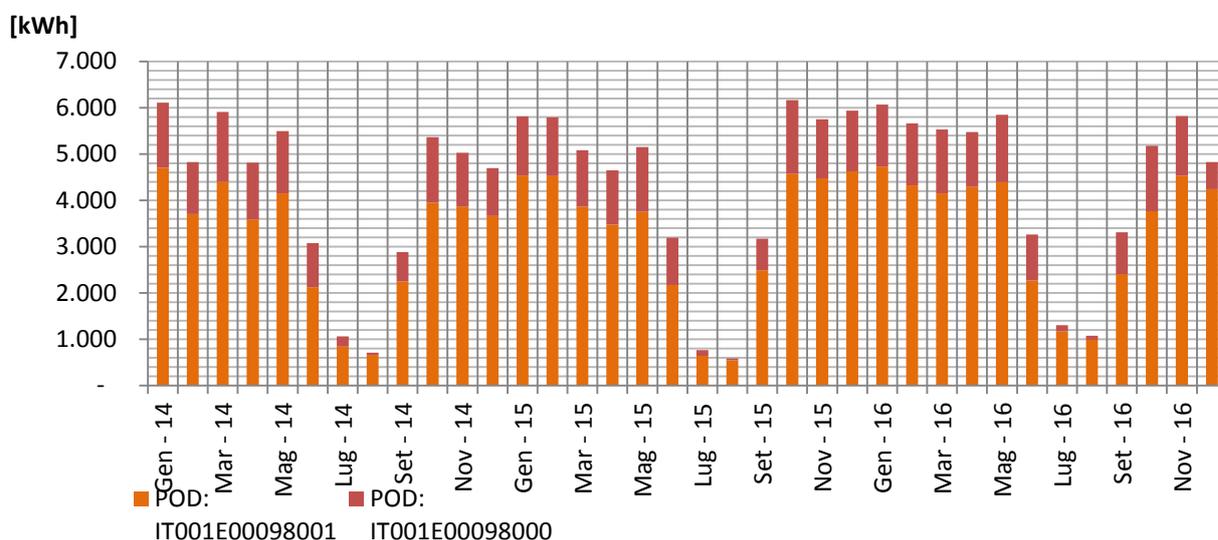
POD: IT001E00098000	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	732	290	252	1.274
Feb - 15	762	262	239	1.263
Mar - 15	735	254	232	1.221
Apr - 15	714	250	213	1.177
Mag - 15	740	312	350	1.402
Giu - 15	549	192	278	1.019
Lug - 15	44	30	53	127
Ago - 15	14	10	21	45
Set - 15	413	145	128	686
Ott - 15	1.007	333	251	1.591
Nov - 15	789	240	246	1.275
Dic - 15	815	247	254	1.316
<b>Totale</b>	<b>7.314</b>	<b>2.565</b>	<b>2.517</b>	<b>12.396</b>

POD: IT001E00098000	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	817	193	327	1.337
Feb - 16	811	196	328	1.335

Mar - 16	800	220	363	1.383
Apr - 16	613	212	364	1.189
Mag - 16	820	244	390	1.454
Giu - 16	558	211	230	999
Lug - 16	35	31	59	125
Ago - 16	28	20	39	87
Set - 16	509	147	248	904
Ott - 16	824	244	345	1.413
Nov - 16	743	200	348	1.291
Dic - 16	268	105	210	583
<b>Totale</b>	<b>6.826</b>	<b>2.023</b>	<b>3.251</b>	<b>12.100</b>

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

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



Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

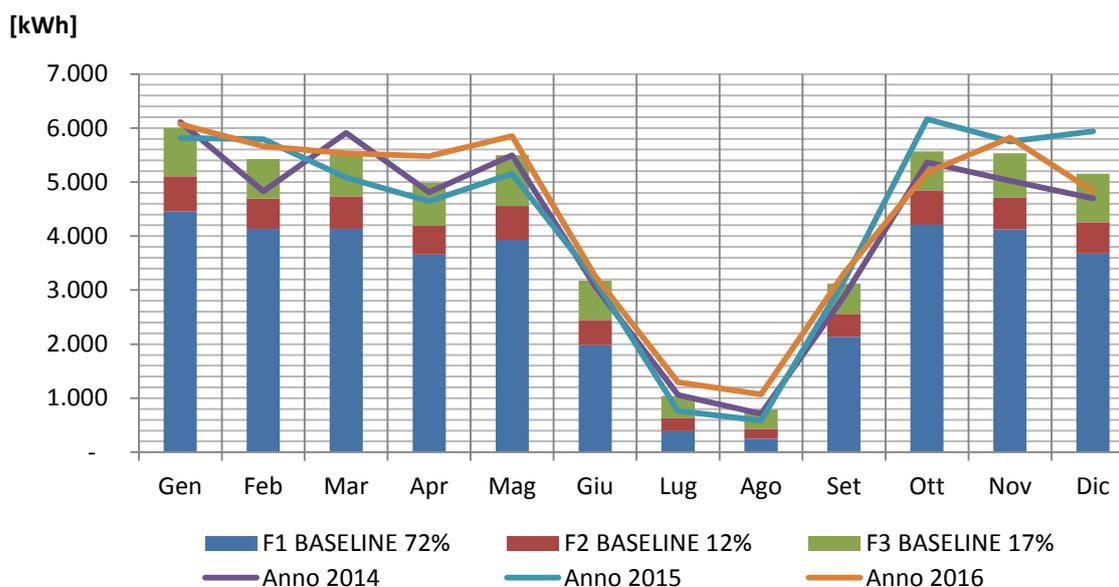
Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	4.455	649	893	5.997
Feb	4.129	566	730	5.425
Mar	4.129	604	774	5.507
Apr	3.659	536	784	4.979
Mag	3.931	625	942	5.498
Giu	1.982	467	728	3.177
Lug	394	234	414	1.041
Ago	248	185	357	789
Set	2.134	423	565	3.123

Ott	4.206	640	724	5.570
Nov	4.124	590	817	5.531
Dic	3.679	573	901	5.154
Totale	37.071	6.092	8.629	51.792

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

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



I profili di prelievo medi mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti lineari in funzione dell'utilizzo dei servizi elettrici della struttura. I mesi estivi presentano consumi minimi dovuti alla chiusura della scuola e allo spegnimento dell'impianto di riscaldamento. Considerando l'andamento dei singoli anni, si nota che i consumi restano pressoché costanti tra loro. I consumi di luglio e agosto sono dovuti presumibilmente alle luci di emergenza, i distributori, frigoriferi che restano collegati durante tutto l'anno.

Poiché i POD hanno potenza inferiore ai 55 kW, non è stato possibile rilevare i profili di carico orari dalla società di distribuzione.

## 5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO<sub>2</sub> utilizzati sono riportati nella Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.9.

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

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO <sub>2</sub> /kWh

Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

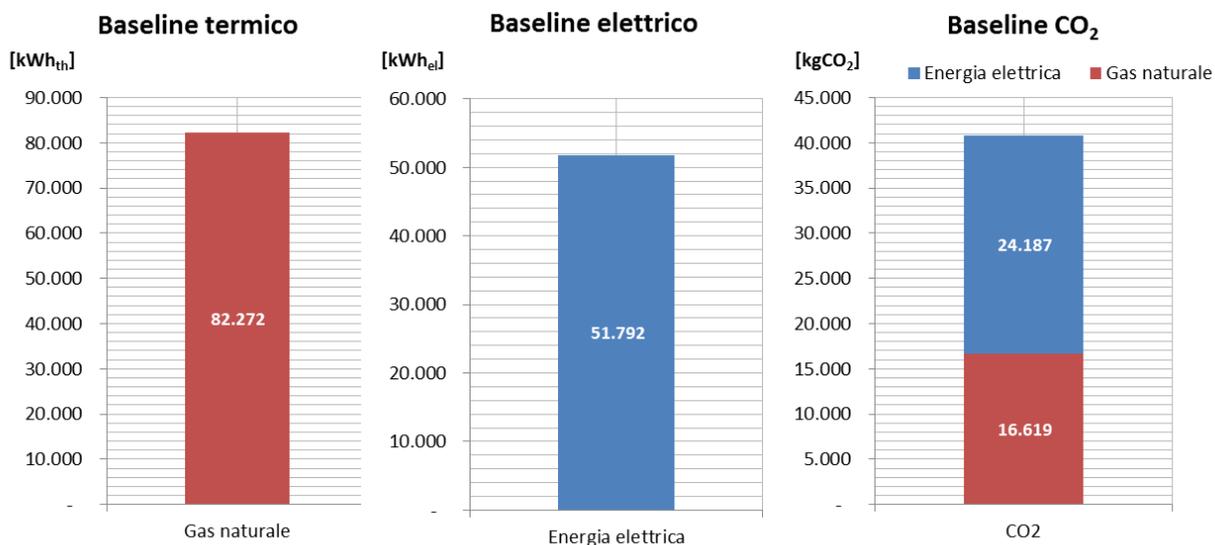
\* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

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

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

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE		FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO <sub>2</sub> /MWh]	[tCO <sub>2</sub> ]	
[Energia elettrica]	51.792	*0,467	24,2	
[Gas naturale]	82.272	0,202	16,6	
Totale			40,8	

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



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

Tabella 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F <sub>P,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	1.716	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.929	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	9.902	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

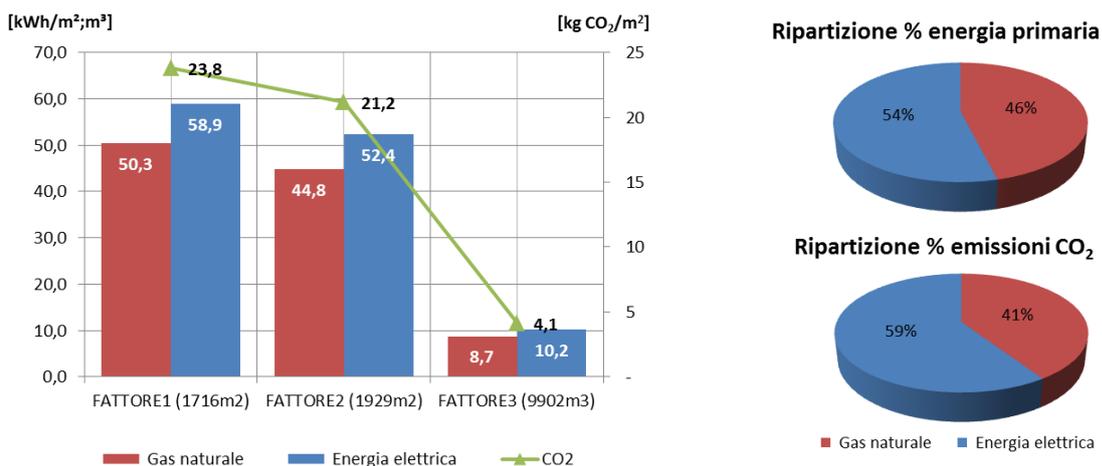
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	82.272	1,05	86.386	50,3	44,8	8,7	9,68	8,62	1,68
Energia elettrica	51.792	2,42	125.337	73,0	65,0	12,7	14,09	12,54	2,44
<b>TOTALE</b>			<b>211.722</b>	<b>123</b>	<b>110</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>4</b>

Tabella 5.14 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	kWh/anno		[kWh/anno]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	82.272	1,05	86.386	50,3	44,8	8,7	9,68	8,62	1,68
Energia elettrica	51.792	1,95	100.994	58,9	52,4	10,2	14,09	12,54	2,44
<b>TOTALE</b>			<b>187.380</b>	<b>109</b>	<b>97</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>4</b>

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

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



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	9,4	7,0	7,2	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	19,3	20,1	20,6
	Buono	Buono	Buono	Insufficiente	Insufficiente	Insufficiente

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo risultati positivi riguardo ai consumi termici, che classificano l'edificio come BUONO in tutto il triennio considerato.

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

Per la sintesi ed il confronto di tutti gli indicatori di performance energetici ed ambientali degli edifici del Lotto 1, si rimanda all’**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** allegato alla presente diagnosi energetica.

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

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

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	162,21	148,10
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	85,40	85,14
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	6,32	6,16
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	2,32	1,87
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	66,79	53,82
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	1,39	1,12
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	32	

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Nm <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	14.728 Nmc	153.714
Energia Elettrica	51.529 kWhel	100.482

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [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) <sup>(1)</sup>	$E_T + E_{altro}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Nota (1) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor mediante la costruzione di un modello elettrico elaborato a partire dalla potenza degli apparecchi e dalla stima del loro effettivo utilizzo

### 6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando la specifica destinazione d’uso, le effettive ore di apertura e utilizzo della struttura, nonché gli effettivi giorni di funzionamento dell’impianto termico.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	$EP_{gl}$	kWh/mq anno	106,22	95,70
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	47,46	47,31
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	6,20	6,03
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	2,32	1,87

Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	48,87	39,38
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	1,39	1,12
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	21	

I valori di EP globali sopra riportati di scostano di una piccola percentuale rispetto agli EP calcolati dai dati di consumo e baseline individuati, pertanto risultano coerenti. Nel caso dei valori di baseline, gli indici risultano leggermente superiori in quanto tengono conto dei consumi elettrici da attrezzature interne alla scuola che non rientrano nella valutazione energetica da norma.

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)

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	CONSUMO [Nmc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	8.563	85.118
Energia Elettrica		38.404*

\*Consumo al netto delle altre attrezzature interne alla scuola

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)

$Q_{teorico}$ [kWh/anno]	$Q_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
85.118	82.272	3,3%

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ( $EE_{baseline}$ ) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico ( $EE_{teorico}$ ) derivante dalla modellazione energetica e dal modello elettrico ricostruito per le attrezzature e FEM secondo quanto riportato al paragrafo 4.5.

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

$EE_{teorico}$ [kWh/anno]	$EE_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
52.346	51.792	1%

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

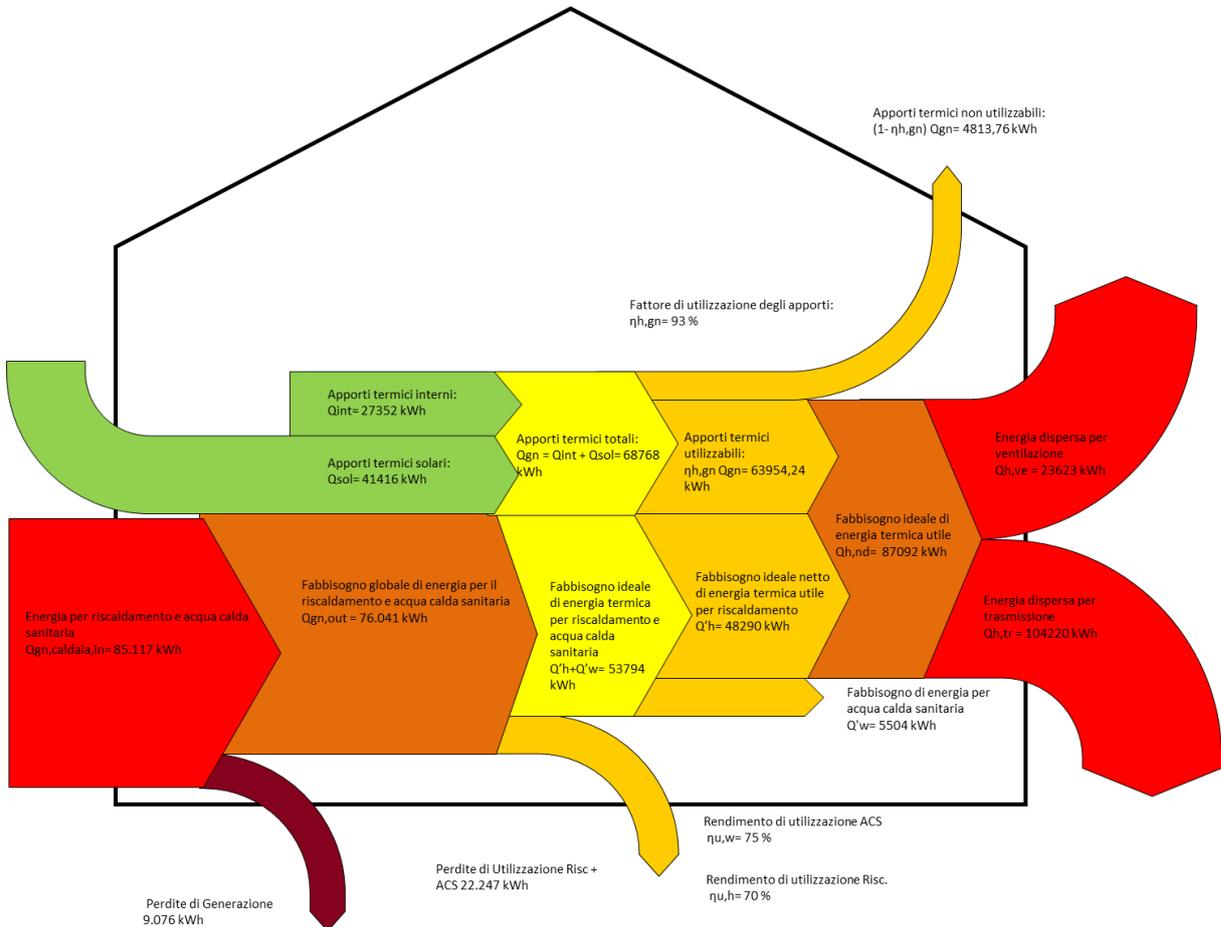
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

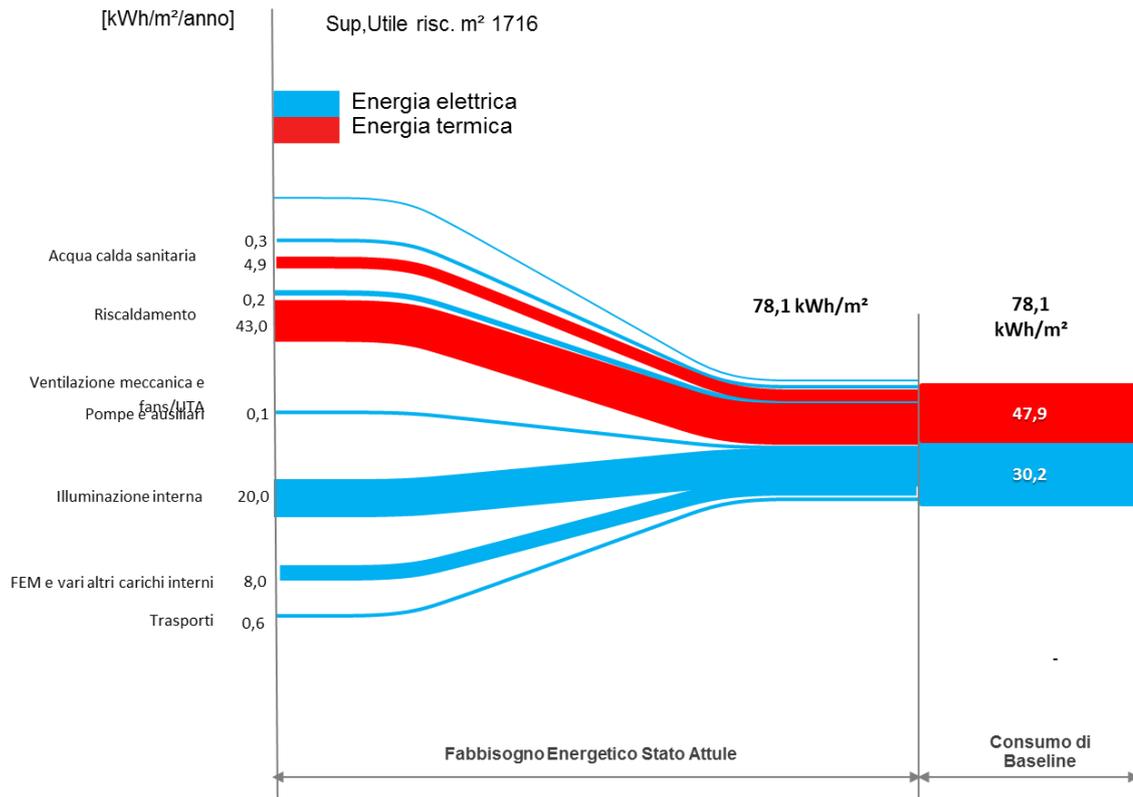
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



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

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

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



I consumi specifici rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m<sup>2</sup> anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

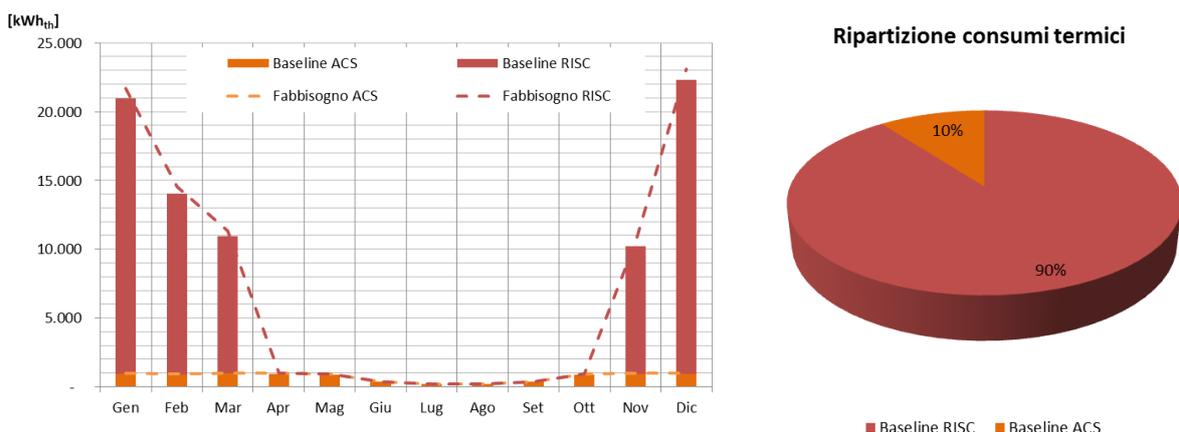
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che i consumi termici sono imputabili prevalentemente a esigenze di riscaldamento e in minima parte alla produzione di ACS. I consumi elettrici sono invece maggiormente dovuti all’illuminazione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

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



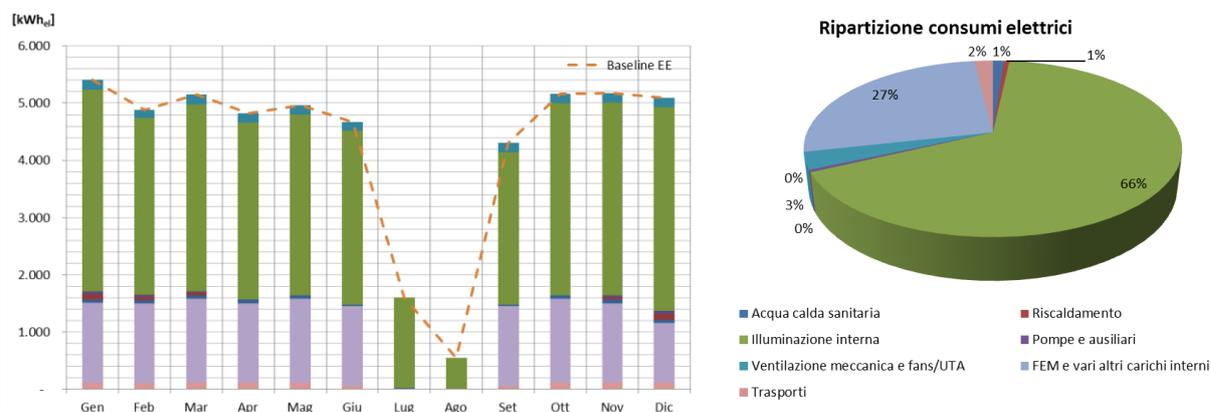
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione invernale dei locali dell'edificio, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione energetica con Edilclima e del modello elettrico per le attrezzature interne redatto a partire dai dati di potenza e ore di funzionamento riportati in Tabella 4.12 in funzione del loro fattore di carico.

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'impianto di illuminazione, seguito dalle attrezzature interne alla scuola costituite in gran parte dalle apparecchiature della cucina, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

## 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 un unico contratto stipulato tra la PA e l'ente di gestione calore con le modalità di seguito elencate:

- PDR – 3270050365884: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico che della conduzione e manutenzione degli impianti. L'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico è stata stimata partendo dai costi unitari di gas metano per gli anni corrispondenti ricavati dal sito dell'ARERA;

Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Poiché la PA non è provvista di fatturazioni del combustibile, dovuto al contratto SIE3 in essere, i costi sono stati ricavati a partire dai costi unitari medi mensili ricavati dal MISE per il gasolio e dall'ARERA per il gas metano. Per il dettaglio dei costi si rimanda ai fogli di calcolo contenuti nell'allegato B – elaborati.

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

PDR 1: 3270050365884	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gasolio-Gen - 14	2.296	-	-	1.240	778	4.314	31.039	0,139
Gasolio-Feb - 14	2.363	-	-	1.260	797	4.420	31.531	0,140
Gasolio-Mar - 14	1.899	-	-	1.027	644	3.569	25.688	0,139
Gasolio-Apr - 14	728	-	-	400	248	1.377	10.014	0,137
Mag - 14				-	-	-	-	-
Giu - 14				-	-	-	-	-
Lug - 14				-	-	-	-	-
Ago - 14				-	-	-	-	-
Set - 14				-	-	-	-	-
Ott - 14				-	-	-	-	-
Nov - 14	847	80	310	537	362	2.137	23.901	0,089
Dic - 14	923	87	338	586	395	2.329	26.053	0,089
<b>Totale</b>	<b>9.056</b>	<b>166</b>	<b>648</b>	<b>5.050</b>	<b>3.224</b>	<b>18.145</b>	<b>148.226</b>	<b>0,122</b>
PDR 1: 3270050365884	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 15	772	70	288	493	357	1.980	21.918	0,090
Feb - 15	978	88	365	624	452	2.507	27.757	0,090

Mar - 15	804	72	300	513	372	2.061	22.821	0,090
Apr - 15	338	34	142	237	165	916	10.557	0,087
Mag - 15						-	-	-
Giu - 15						-	-	-
Lug - 15						-	-	-
Ago - 15						-	-	-
Set - 15						-	-	-
Ott - 15						-	-	-
Nov - 15	405	40	186	286	202	1.118	12.702	0,088
Dic - 15	473	47	217	334	235	1.305	14.837	0,088
<b>Totale</b>	<b>3.769</b>	<b>351</b>	<b>1.498</b>	<b>2.487</b>	<b>1.783</b>	<b>9.887</b>	<b>110.591</b>	<b>0,089</b>
<b>PDR 1: 3270050365884</b>	<b>QUOTA ENERGIA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURATO</b>	<b>COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)</b>
<b>ANNO 2016</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[KWh]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gen - 16	786	99	384	596	410	2.275	26.490	0,086
Feb - 16	691	87	338	524	361	2.001	23.300	0,086
Mar - 16	687	87	336	521	359	1.990	23.177	0,086
Apr - 16	157	25	94	151	94	521	6.719	0,078
Mag - 16						-	-	-
Giu - 16						-	-	-
Lug - 16						-	-	-
Ago - 16						-	-	-
Set - 16						-	-	-
Ott - 16						-	-	-
Nov - 16	449	69	261	414	263	1.456	18.426	0,079
Dic - 16	378	58	220	349	221	1.225	15.502	0,079
<b>Totale</b>	<b>3.148</b>	<b>426</b>	<b>1.632</b>	<b>2.555</b>	<b>1.707</b>	<b>9.469</b>	<b>113.615</b>	<b>0,083</b>

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

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

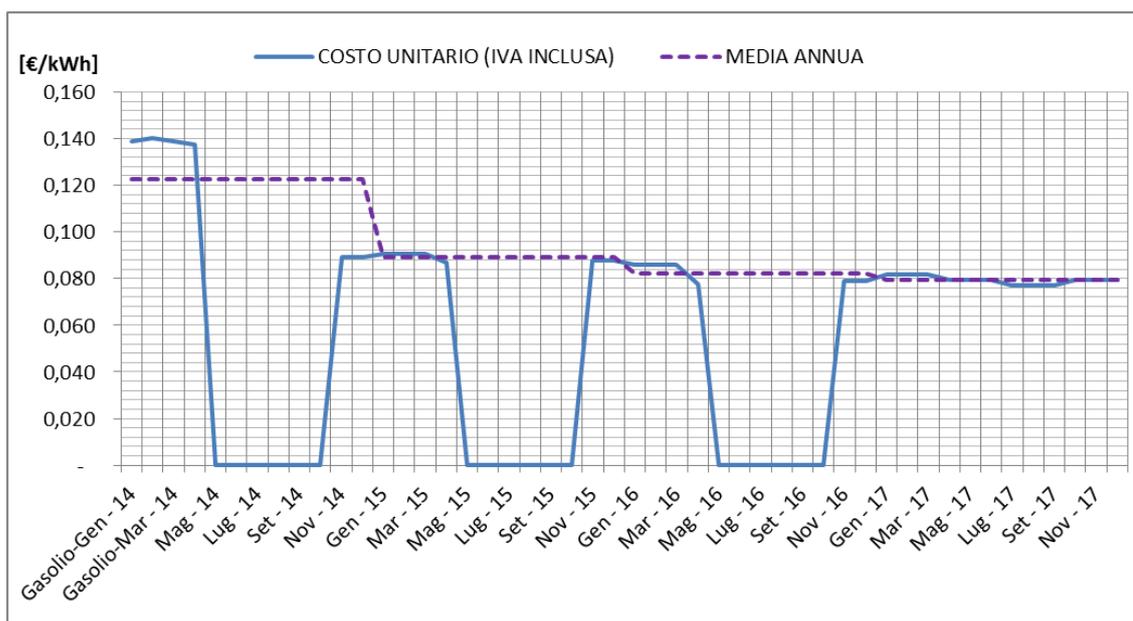
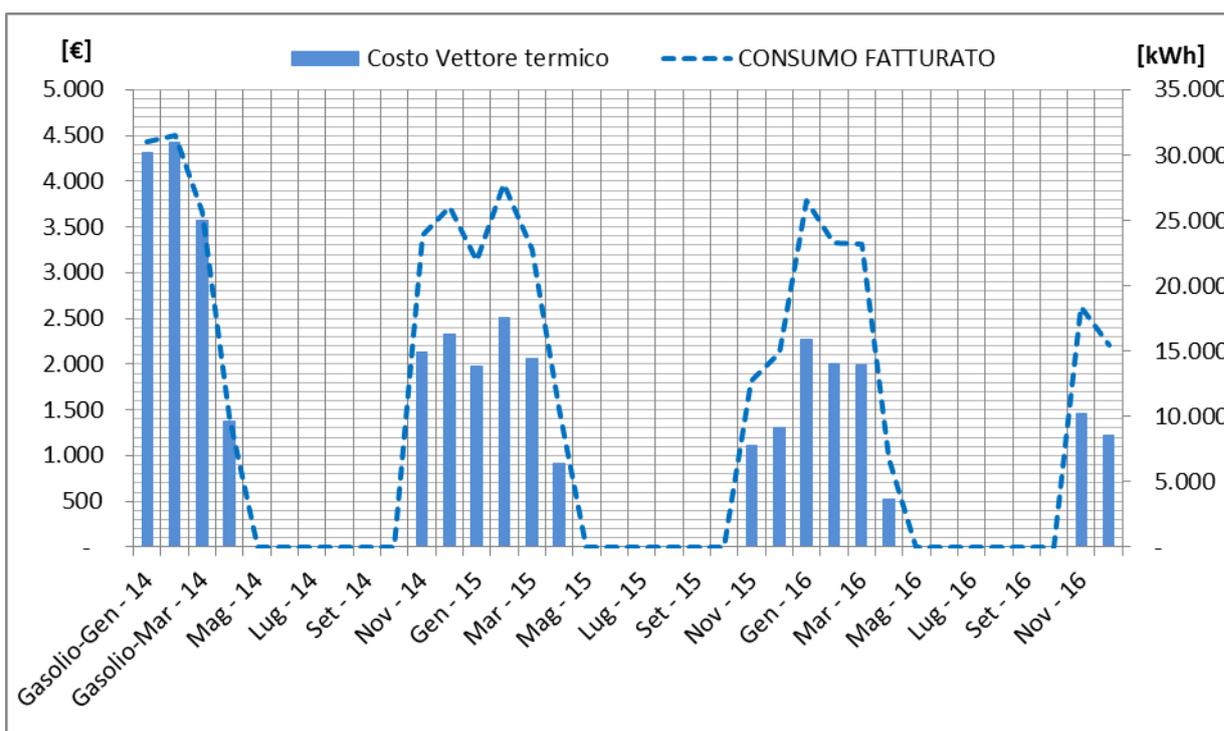


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



Dal primo grafico si denota come il 2014 abbia avuto un costo unitario maggiore per la presenza del gasolio come vettore energetico nella prima metà dell’anno.

Analizzando il secondo grafico è possibile notare un costo maggiore per il gasolio rispetto al gas metano. Quest’ultimo tende a diminuire negli anni.

### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite due contratti stipulati direttamente tra la committenza ed il fornitore per i due POD presenti all’interno dell’edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00098001 (scuola): contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.
- POD 2 – IT001E00098000 (cucina): contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD 1: IT001E00098001	2014	2015	2016
<b>Indirizzo di fornitura</b>			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Edison / GALA spa (da aprile)	GALA SPA / IREN
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	31/03/2016	In corso
Potenza elettrica impegnata	32 kW	32 kW	32 kW
Potenza elettrica disponibile	32 kW	32 kW	32 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	Forniture in BT	Forniture in BT
Opzione tariffaria	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (IVA esclusa) <sup>(1)</sup>	0,073 €/kWh	0,042 €/kWh	0,056 €/kWh
POD 2: IT001E00098000	2014	2015	2016
<b>Indirizzo di fornitura</b>			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Edison / GALA spa (da aprile)	GALA SPA / IREN
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016
Fine periodo fornitura	01/04/2015	31/03/2016	In corso
Potenza elettrica impegnata	30 kW	30 kW	30 kW
Potenza elettrica disponibile	30 kW	30 kW	30 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	Forniture in BT	Forniture in BT
Opzione tariffaria	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce	Contatore a Fasce
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (IVA esclusa) <sup>(1)</sup>	0,082 €/kWh	0,070 €/kWh	0,057 €/kWh

Nota (1): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

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

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

POD: IT001E00098001	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	174	14	280	30	50	547	4.705	0,116
Feb - 14	436	14	703	75	123	1.351	3.700	0,365
Mar - 14	317	14	511	55	90	987	4.401	0,224
Apr - 14	272	14	439	47	77	849	3.587	0,237
Mag - 14	301	14	485	52	85	937	4.152	0,226

## E1646 – Scuola elementare “Dieci Dicembre”

Giu - 14	159	14	256	27	46	501	2.122	0,236
Lug - 14	61	14	98	10	18	201	837	0,240
Ago - 14	44	14	72	8	14	151	662	0,229
Set - 14	169	14	273	29	49	534	2.248	0,237
Ott - 14	295	14	476	51	84	920	3.951	0,233
Nov - 14	289	14	466	50	82	900	3.868	0,233
Dic - 14	247	14	398	43	70	772	3.663	0,211
<b>Totale</b>	<b>2.764</b>	<b>168</b>	<b>4.456</b>	<b>476</b>	<b>786</b>	<b>8.650</b>	<b>37.896</b>	<b>0,228</b>
<b>POD: IT001E00098001</b>	<b>QUOTA ENERGIA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURATO</b>	<b>COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)</b>
<b>ANNO 2015</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[KWH]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gen - 15	369	358	812	128	167	1.834	4.539	0,404
Feb - 15	195	189	429	68	88	970	4.526	0,214
Mar - 15	183	178	403	64	83	911	3.861	0,236
Apr - 15	83	81	183	29	38	414	3.471	0,119
Mag - 15	86	83	189	30	39	427	3.749	0,114
Giu - 15	88	86	195	31	40	439	2.172	0,202
Lug - 15	73	71	161	25	33	363	638	0,569
Ago - 15	84	82	185	29	38	418	541	0,773
Set - 15	90	87	197	31	40	445	2.488	0,179
Ott - 15	80	78	176	28	36	398	4.574	0,087
Nov - 15	167	162	368	58	76	831	4.474	0,186
Dic - 15	182	177	401	63	82	906	4.624	0,196
<b>Totale</b>	<b>1.680</b>	<b>1.632</b>	<b>3.701</b>	<b>583</b>	<b>760</b>	<b>8.356</b>	<b>39.657</b>	<b>0,211</b>
<b>POD: IT001E00098001</b>	<b>QUOTA ENERGIA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA</b>	<b>ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE</b>	<b>IMPOSTE</b>	<b>IVA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>CONSUMO FATTURATO</b>	<b>COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)</b>
<b>ANNO 2016</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[€]</b>	<b>[KWH]</b>	<b>[€/kWh]</b>
Gen - 16	279	85	426	59	85	934	4.730	0,197
Feb - 16	255	77	390	54	78	854	4.324	0,197
Mar - 16	245	74	374	52	74	819	4.149	0,197
Apr - 16	253	77	386	54	77	847	4.289	0,197
Mag - 16	259	79	396	55	79	868	4.395	0,197
Giu - 16	134	41	204	28	41	447	2.264	0,197
Lug - 16	69	21	106	15	21	232	1.173	0,197
Ago - 16	58	18	89	12	18	194	984	0,197
Set - 16	123	95	240	30	49	537	2.408	0,223
Ott - 16	193	148	375	47	76	840	3.766	0,223
Nov - 16	232	178	451	57	92	1.010	4.529	0,223
Dic - 16	218	157	423	53	86	946	4.243	0,223
<b>Totale</b>	<b>2.318</b>	<b>1.060</b>	<b>3.860</b>	<b>516</b>	<b>775</b>	<b>8.529</b>	<b>41.254</b>	<b>0,207</b>

POD: IT001E00098000	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	116	46	123	18	67	370	1.406	0,263
Feb - 14	93	37	99	14	53	297	1.127	0,263
Mar - 14	125	49	132	19	72	397	1.507	0,263
Apr - 14	101	40	107	15	58	322	1.225	0,263
Mag - 14	111	44	118	17	64	353	1.342	0,263
Giu - 14	79	31	84	12	45	251	954	0,263
Lug - 14	19	7	20	3	11	59	224	0,263
Ago - 14	4	2	4	1	2	13	49	0,263
Set - 14	53	21	56	8	30	167	635	0,263
Ott - 14	117	46	124	18	67	372	1.414	0,263
Nov - 14	96	38	101	14	55	304	1.157	0,263
Dic - 14	85	34	91	13	49	272	1.033	0,263
<b>Totale</b>	<b>999</b>	<b>395</b>	<b>1.059</b>	<b>151</b>	<b>573</b>	<b>3.177</b>	<b>12.073</b>	<b>0,263</b>
POD: IT001E00098000	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
ANNO 2015	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					[€]
Gen - 15	90	60	113	16	61	341	1.274	0,267
Feb - 15	89	60	112	16	61	338	1.263	0,267
Mar - 15	86	58	109	15	59	326	1.221	0,267
Apr - 15	83	56	105	15	57	315	1.177	0,267
Mag - 15	99	66	125	18	68	375	1.402	0,267
Giu - 15	72	48	91	13	49	272	1.019	0,267
Lug - 15	9	6	11	2	6	34	127	0,267
Ago - 15	3	2	4	1	2	12	45	0,267
Set - 15	48	32	61	9	33	183	686	0,267
Ott - 15	112	75	142	20	77	425	1.591	0,267
Nov - 15	90	60	113	16	61	341	1.275	0,267
Dic - 15	93	62	117	16	63	352	1.316	0,267
<b>Totale</b>	<b>874</b>	<b>585</b>	<b>1.103</b>	<b>155</b>	<b>598</b>	<b>3.314</b>	<b>12.396</b>	<b>0,267</b>
POD: IT001E00098000	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
ANNO 2016	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					[€]
Gen - 16	76	60	134	17	63	349	1.337	0,261
Feb - 16	76	60	133	17	63	348	1.335	0,261
Mar - 16	79	62	138	17	65	361	1.383	0,261

Apr - 16	68	53	119	15	56	310	1.189	0,261
Mag - 16	83	65	145	18	68	380	1.454	0,261
Giu - 16	57	45	100	12	47	261	999	0,261
Lug - 16	7	6	12	2	6	33	125	0,261
Ago - 16	5	4	9	1	4	23	87	0,261
Set - 16	51	40	90	11	43	236	904	0,261
Ott - 16	80	63	141	18	67	369	1.413	0,261
Nov - 16	73	58	129	16	61	337	1.291	0,261
Dic - 16	33	26	58	7	27	152	583	0,261
<b>Totale</b>	<b>689</b>	<b>540</b>	<b>1.209</b>	<b>151</b>	<b>570</b>	<b>3.158</b>	<b>12.100</b>	<b>0,261</b>

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'ARERA.

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

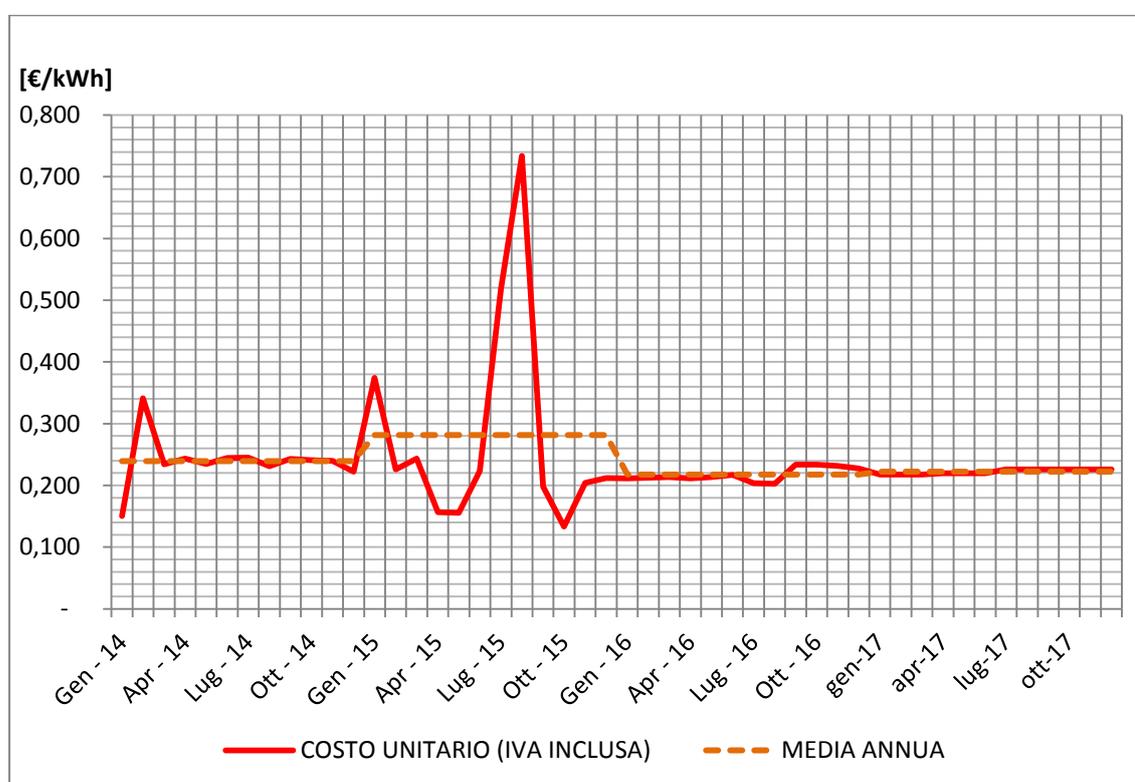
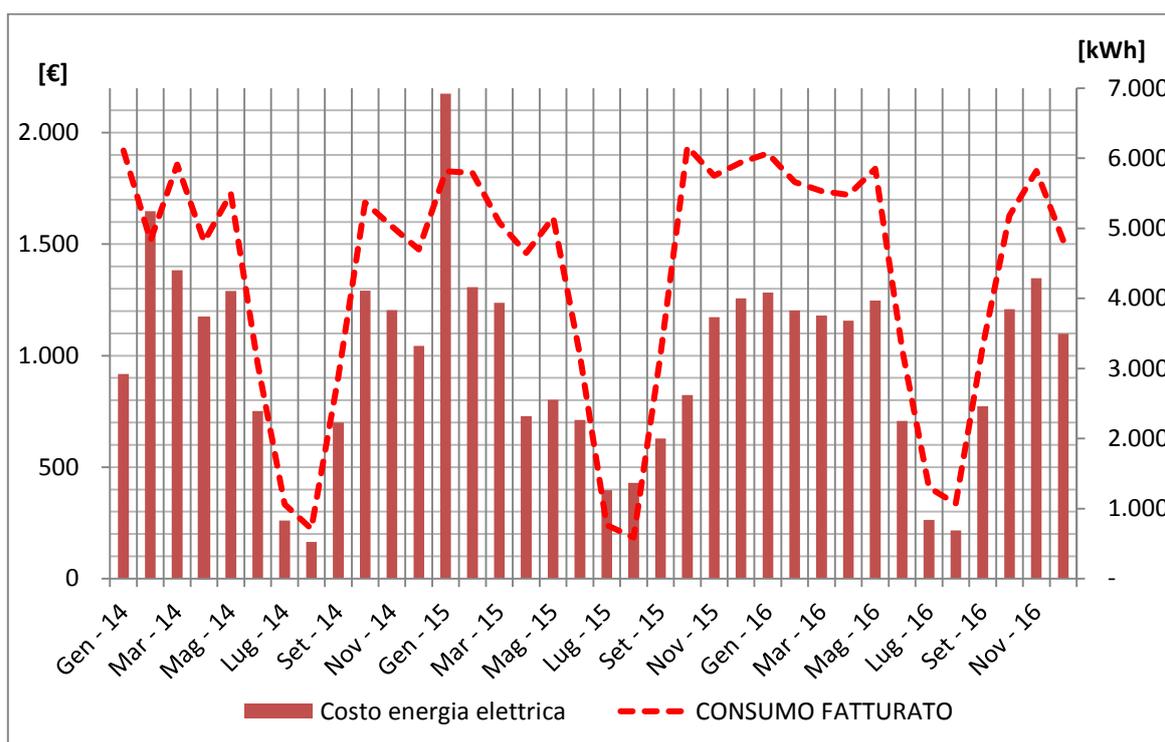


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi unitari medi dell’energia elettrica tende ad abbassarsi progressivamente negli anni, con un leggero rialzo previsto nel 2017. I costi unitari mensili oscillano al di sopra e al di sotto della media poiché influenzati dalla parte fissa degli oneri di sistema, quota che è sempre dovuta anche con pochi consumi energetici. Dalla Figura 7.4 si può dedurre che i costi seguono sostanzialmente lo stesso andamento dei consumi elettrici, con picchi isolati che non influenzano il trend complessivo. Il rapporto tra costi e consumi evidenzia invece un miglioramento complessivo nel 2015 e si mantiene tale anche nel 2016.

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

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

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

Tabella 7.4 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	148226*	€ 18.145	€ 0,12	49969	11.827	0,24	€ 29.972,20
2015	110591	€ 9.887	€ 0,09	52053	11.669	0,22	€ 21.556,66
2016	113615	€ 9.469	€ 0,08	53354	11.687	0,22	€ 21.155,36
Media	124144	€ 12.500	€ 0,10	51792	11728	0,23	€ 24.228,07

Nota (\*): parte dei consumi di gasolio

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono assunti i valori riportati nella Tabella 7.5, ricavati nel seguente modo:

- Il costo unitario del gas naturale è stato calcolato a partire dai valori di costo forniti dalla Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per il servizio di

maggior tutela per l’anno 2017, considerando i valori trimestrali di costo indicati per la Regione Liguria, riferiti ai “condomini uso domestico”.

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo al 2017 -5%	$Cu_Q$ 0,081	[€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo al 2017 -5%	$Cu_{EE}$ 0,222	[€/kWh]

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

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

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

- L1-042-150: 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;
- 4) Fornitura gas naturale per il SIE3.

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 14.168 € + IVA comprensivo del costo di fornitura del vettore energetico relativo al PDR.

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

$$C_M = C_{SIE3} - C_Q = 17.285 \text{ €} - 6.639 \text{ €} = 10.646 \text{ €}$$

dove:

- $C_Q$  è il costo annuo del vettore energetico ricavato dal consumo di baseline moltiplicato per il costo unitario del 2017;
- $C_{SIE3}$  è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione come fornito all'interno del file kyotoBaseline per il PDR in esame

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	$C_{MO}$ 8.411	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa agli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$C_{MS}$ 2.236	[€/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:

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

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

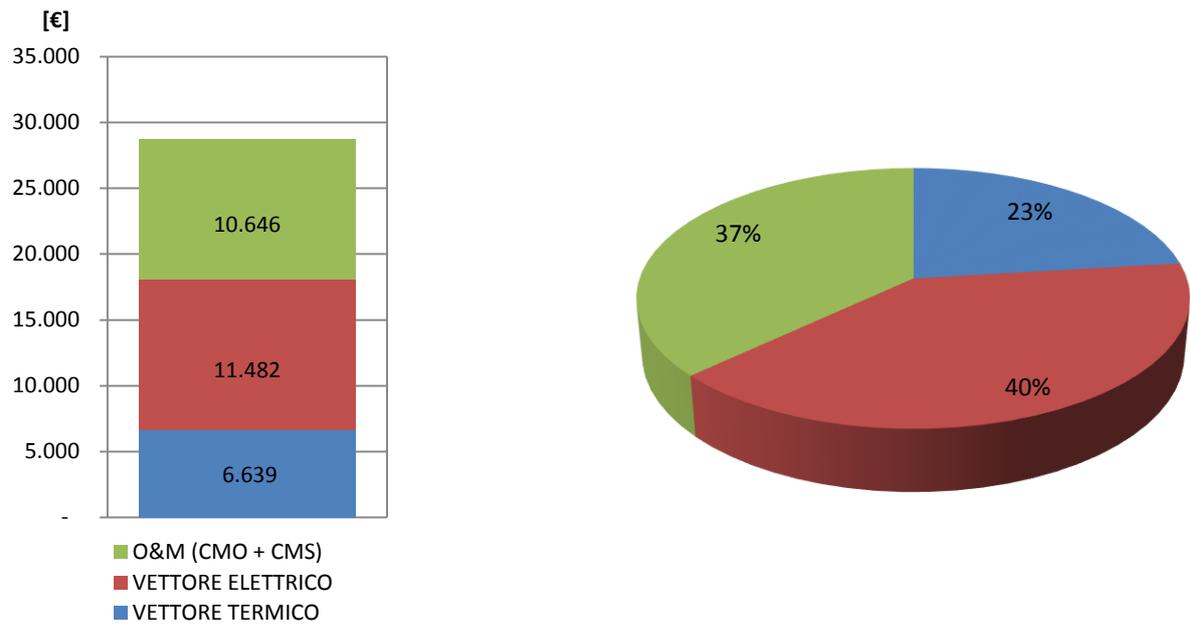
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a € 18.121 e un  $C_{baseline}$  pari a € 28.767.

Tabella 7.7 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline (IVA inclusa)

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )			TOTALE
$Q_{baseline}$	$C_{uQ}$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$C_{uEE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$CQ+C_{EE}+C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
82.272	0,081	6.639	51.792	0,222	11.482	10.646	8.411	2.236	28.767

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

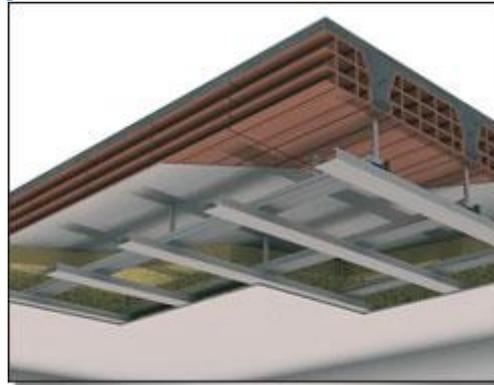
#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### EEM1: Coibentazione copertura lato interno con controsoffitto

###### Generalità

La misura prevede la coibentazione dei solai di copertura disperdenti sul loro lato interno, mediante la posa di un controsoffitto, al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali sottostanti. L'abbassamento dell'altezza utile dei locali permette inoltre di ridurre il volume dell'ambiente da riscaldare, giungendo a ulteriori risparmi di combustibile in caso di presenza di termostati ambiente. Occorre sempre verificare il rispetto dell'altezza netta minima consentita. L'edificio presenta una copertura piana in laterocemento che si presenta funzionale anche alla coibentazione sul lato esterno, tuttavia in questa fase è stato scelto l'intervento dall'interno per i costi più contenuti che determinano un tempo di ritorno migliore. In caso di manutenzione straordinaria della copertura, come la sostituzione della guaina impermeabilizzante, si invita a considerare anche la coibentazione in quanto in questo caso i costi sarebbero ammortizzati più agevolmente.

Figura 8.1 – Particolare controsoffitto coibentato



###### Caratteristiche funzionali e tecniche

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con:

- fibra di vetro, materiale leggero, prodotto in gran parte con vetro riciclato e con bassi valori di conducibilità termica.
- controsoffitto con struttura metallica doppia distanziata dal solaio mediante sospensioni regolabili in acciaio e rivestimento in lastre di gesso rivestito, con stuccatura dei giunti, degli angoli e delle teste delle viti.

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

I pannelli coibenti possono essere posti in un unico strato aderente tra la struttura metallica ed il solaio, oppure semplicemente in appoggio sulle orditure metalliche del controsoffitto.

Per il corretto funzionamento dell'isolamento termico i pannelli devono essere integri e devono essere posati con i giunti ben accostati.

Occorre che l'utente sia informato del fatto che, qualora si voglia successivamente all'intervento sospendere qualcosa al soffitto (lampade ecc...), occorre utilizzare opportuni sistemi di fissaggio .

###### Descrizione dei lavori

Il materiale isolante al momento della posa deve essere asciutto. Nel caso vi sia presenza di umidità occorre verificare l'asciugatura del supporto prima di procedere alla posa.

Il lavoro deve essere svolto da personale tecnico specializzato che provveda alla raccolta di documentazione tecnica relativa al corretto impiego del materiale isolante attraverso la documentazione tecnica del produttore (es. etichetta marcatura CE, attestato di conformità).

Le verifiche importanti da svolgere sono visive durante la realizzazione dei lavori. Devono essere assicurato attraverso indagine visiva il corretto accostamento dei pannelli.

Dal punto di vista strumentale, a lavori conclusi e in un periodo di condizionamento un'eventuale indagine termografica dall'interno può verificare la presenza e uniformità del materiale isolante e un'indagine di misura in opera della conduttanza può verificare il buon grado di isolamento della struttura.

### Prestazioni raggiungibili

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

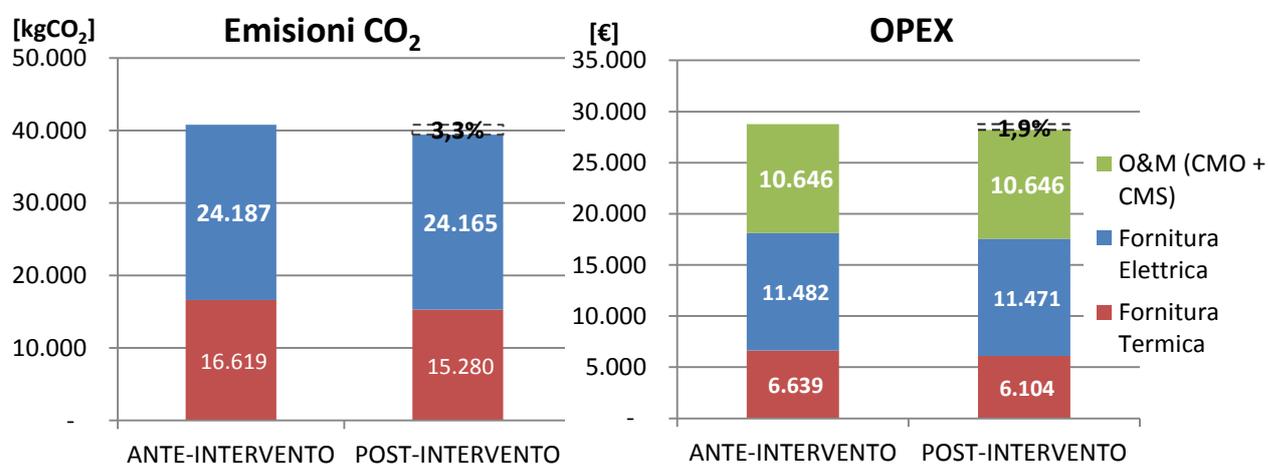
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione intradosso solaio di copertura con controsoffitto

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Trasmittanza copertura]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,5	0,216	<b>85,6%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	85.117	78.259	<b>8,1%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	52.346	52.298	<b>0,1%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	82.272	75.643	<b>8,1%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	51.792	51.745	<b>0,1%</b>
Emiss. CO2 Termico <sup>(1)</sup>	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.619	15.280	<b>8,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico <sup>(1)</sup>	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.187	24.165	<b>0,1%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>40.806</b>	<b>39.445</b>	<b>3,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>t</sub> <sup>(2)</sup>	[€]	6.639	6.104	<b>8,1%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub> <sup>(2)</sup>	[€]	11.482	11.471	<b>0,1%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>18.121</b>	<b>17.575</b>	<b>3,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.411	8.411	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.236	2.236	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.646</b>	<b>10.646</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>28.767</b>	<b>28.222</b>	<b>1,9%</b>
Classe energetica	[-]	D	D	+0 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



## EEM2: Cappotto interno pareti perimetrali

### Generalità

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

Questo intervento comporta una certa diminuzione dei consumi energetici a carico dell'impianto di riscaldamento invernale e conseguentemente una riduzione delle emissioni di CO2 in ambiente.

Anche in questo caso si è scelto di analizzare il cappotto interno in luogo di quello esterno per la peculiarità storico-architettonica dell'edificio. Infatti, pur non presentando un vincolo architettonico puntuale, le facciate hanno decorazioni e modanature che non possono essere occultate dato il valore storico testimoniale dell'edificio di inizio 900.

Figura 8.3 – Particolare composizione cappotto interno



### Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

### Descrizione dei lavori

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

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

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

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

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

### Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Cappotto interno

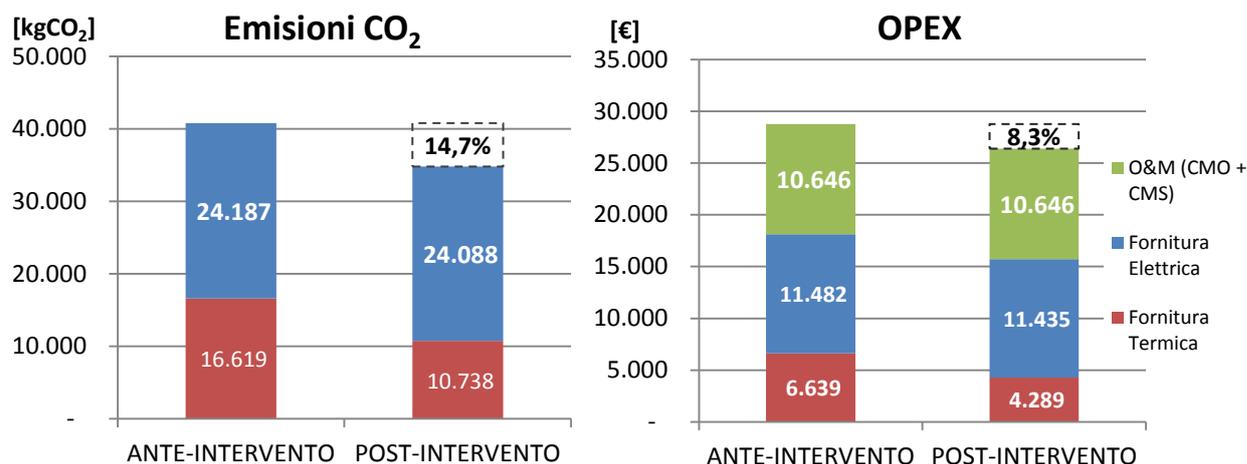
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 [Trasmittanza pareti]	[W/m <sup>2</sup> K]	1,1	0,25	<b>77,3%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	85.117	54.995	<b>35,4%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	52.346	52.133	<b>0,4%</b>

$Q_{baseline}$	[kWh]	82.272	53.157	<b>35,4%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	51.792	51.581	<b>0,4%</b>
Emiss. CO2 Termico <sup>(1)</sup>	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.619	10.738	<b>35,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico <sup>(1)</sup>	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.187	24.088	<b>0,4%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>40.806</b>	<b>34.826</b>	<b>14,7%</b>
Fornitura Termica, $C_Q^{(2)}$	[€]	6.639	4.289	<b>35,4%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}^{(2)}$	[€]	11.482	11.435	<b>0,4%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>18.121</b>	<b>15.725</b>	<b>13,2%</b>
$C_{MO}$	[€]	8.411	8.411	<b>0,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	2.236	2.236	<b>0,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>10.646</b>	<b>10.646</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>28.767</b>	<b>26.371</b>	<b>8,3%</b>
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### EEM3: Ristrutturazione impianto termico

##### Generalità

L'attuale generatore di calore è di tipo tradizionale su cui è stato cambiato il bruciatore nel 2014 per la metanizzazione dell'impianto. La caldaia tuttavia non presenta alti livelli di efficienza. Si propone pertanto la sostituzione dell'attuale generatore di calore con una nuova caldaia a condensazione ad alto rendimento, con bruciatore modulante, dotata di certificazione Classe di rendimento 4 Stelle secondo dir. CEE 92/42 e D.P.R. 660.

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



Oltre alla sostituzione della caldaia, l'intervento di ristrutturazione dell'impianto termico prevede anche l'installazione di **valvole termostatiche** sui terminali di emissione di calore, sia per l'efficientamento del sistema di regolazione, sia per l'accesso agli incentivi del Conto Termico, il quale prevede la presenza della regolazione ambiente insieme alla sostituzione del generatore di calore.

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

Al fine di ottimizzare la rete di distribuzione dell'impianto di riscaldamento, l'installazione delle valvole termostatiche viene integrata con l'installazione di un'**elettropompa di circolazione a giri variabili**. In questo modo, all'interno dell'impianto, al variare delle cadute di pressione determinate dal grado di apertura delle valvole termostatiche, fluisce una portata di acqua calda il più vicino possibile al valore di progetto.

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

### Caratteristiche funzionali e tecniche

Dalla modellazione energetica eseguita sulla struttura è emerso che il generatore presente è sovradimensionato rispetto ai reali fabbisogni dell'edificio, pertanto si procede consigliando l'installazione di un generatore di taglia inferiore (stimato pari a 150 kW).

L'intervento in oggetto si propone di ristrutturare l'impianto termico agendo su tre aspetti principali:

- sostituire la caldaia a alimentata a gas metano esistente di tipo tradizionale con un generatore a condensazione di ultima generazione, correttamente dimensionato in funzione delle effettive dispersioni termiche ed esigenze dell'edificio
- sostituire la pompa di alimentazione del circuito secondario del riscaldamento (EG01) con una adeguata pompa gemellare a giri variabili
- installare le valvole termostatiche sui terminali di emissione del calore esistenti
- centralina di controllo che gestisce le valvole ad essa connesse attraverso una comunicazione senza fili e consente la regolazione del riscaldamento nei singoli locali da un unico punto di controllo, anche attraverso una applicazione per dispositivi mobili
- relè di caldaia per l'accensione e lo spegnimento del generatore di calore in funzione della richiesta termica dell'edificio

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

### Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato, occorre verificare preventivamente gli spazi di installazione in relazione agli ingombri della nuova caldaia; verificare l'idoneità del condotto di evacuazione fumi; verificare la necessità di garantire una continuità di servizio all'edificio in fase di sostituzione. Verificare la presenza dell'addolcitore e che questo sia operativo. Verificare, in funzione della potenza installata, la necessità di installare un neutralizzatore di condensa (norma UNI 11071/2003).

Essendo le valvole termostatiche installate sui radiatori esposte a manomissione si consiglia di schermare i dispositivi con opportune protezioni. Occorre verificare preliminarmente i luoghi più adatti per l'installazione delle centraline di controllo, le quali devono essere programmate e gestite solo da personale autorizzato. Il sistema deve essere programmato il più vicino possibile alle reali esigenze di richiesta termica dei locali in cui vengono installate le valvole. Inoltre devono essere



periodicamente controllate, al fine di valutarne il corretto funzionamento, la corretta programmazione o l'eventuale sostituzione delle batterie di alimentazione.

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.5. Nell'intervento è stata considerata una riduzione dei costi di manutenzione dell'impianto pari al 10% per minori guasti su una nuova caldaia e perché l'impianto maggiormente bilanciato è meno soggetto a funzionamenti di picco.

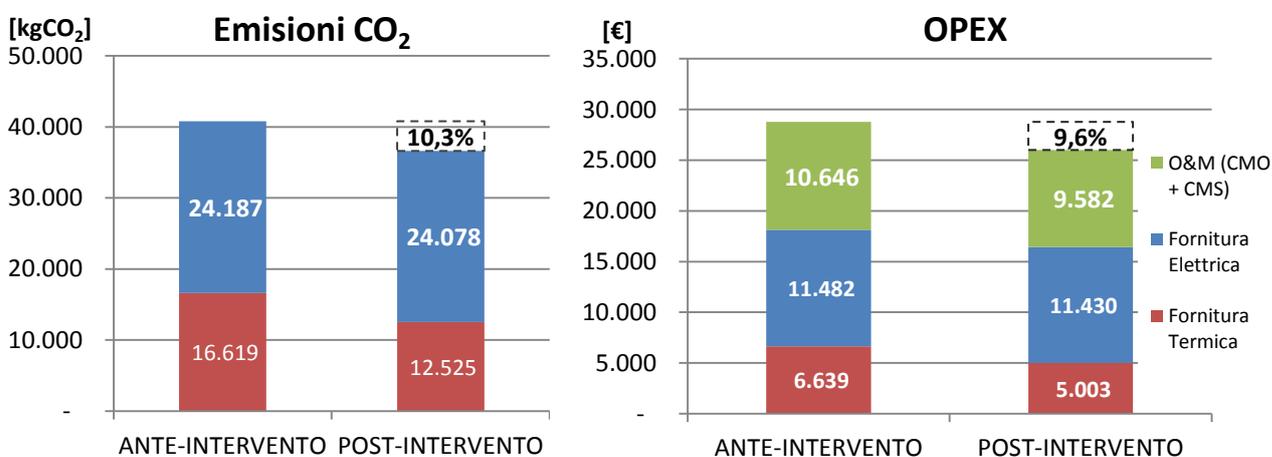
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Ristrutturazione impianto termico

CALCOLO RISPARMIO		U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Rendimento stagionale]	globale medio	[%]	107	148	<b>38,3%</b>
$Q_{teorico}$		[kWh]	85.117	64.149	<b>24,6%</b>
$EE_{teorico}$		[kWh]	52.346	52.110	<b>0,5%</b>
$Q_{baseline}$		[kWh]	82.272	62.005	<b>24,6%</b>
$EE_{baseline}$		[kWh]	51.792	51.558	<b>0,5%</b>
Emiss. CO2 Termico <sup>(1)</sup>		[kgCO <sub>2</sub> ]	16.619	12.525	<b>24,6%</b>
Emiss. CO2 Elettrico <sup>(1)</sup>		[kgCO <sub>2</sub> ]	24.187	24.078	<b>0,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>		<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>40.806</b>	<b>36.603</b>	<b>10,3%</b>
Fornitura Termica, $C_Q^{(2)}$		[€]	6.639	5.003	<b>24,6%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}^{(2)}$		[€]	11.482	11.430	<b>0,5%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>		<b>[€]</b>	<b>18.121</b>	<b>16.433</b>	<b>9,3%</b>
$C_{MO}$		[€]	8.411	7.570	<b>10,0%</b>
$C_{MS}$		[€]	2.236	2.012	<b>10,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )		[€]	<b>10.646</b>	<b>9.582</b>	<b>10,0%</b>
OPEX		[€]	<b>28.767</b>	<b>26.015</b>	<b>9,6%</b>
Classe energetica		[-]	D	D	+0 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/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



### 8.1.3 Impianto di produzione ACS

Non sono stati proposti interventi migliorativi relativi all'impianto di produzione di ACS in quanto un intervento di questa tipologia non risulta conveniente dal punto di vista economico. Dall'analisi svolta infatti, risulta che la produzione di ACS avviene per mezzo di un generatore di acqua calda sanitaria a gas con accumulo. Inoltre il consumo di ACS occupa una percentuale di consumo ridotta, pari al 10% del consumo complessivo di metano per riscaldamento e ACS. Tali condizioni non fanno rientrare i tempi di investimento all'interno della vita utile del nuovo generatore.

### 8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM4: Sostituzione lampade con apparecchi LED

##### Generalità

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

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

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

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

##### Descrizione dei lavori

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

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

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

Figura 8.6 – Esempio comparativo lampade neon e LED



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

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

Tabella 8.4 – Comparazione lampade

STATO DI FATTO					PROGETTO					
DESCRIZIONE	NUMERO PLAFONIERE	NR LAMPADIE /PLAFONI ERA	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	DESCRIZIONE	NUMERO PLAFONIERE	NR LAMPADIE /PLAFONI ERA	NUMERO LAMPADIE TOT	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
T8 Fluorescenti 1X58	5	1	58	290	LED 1x24W	5	1	5	24	120
T8 Fluorescenti 1X36	16	1	36	576	LED 1x16W	16	1	16	16	256
T8 Fluorescenti 2X36	126	2	36	9072	LED 2x16W	126	2	252	16	4032
T8 Fluorescenti 2X58	40	2	58	4640	LED 2x24W	40	2	80	24	1920
T8 Fluorescenti 4X18	92	4	18	6624	PANEL LED	92	1	92	31	2852
<b>totale</b>	<b>279</b>			<b>21202</b>	<b>totale</b>	<b>279</b>		<b>445</b>		<b>9180</b>

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.7.

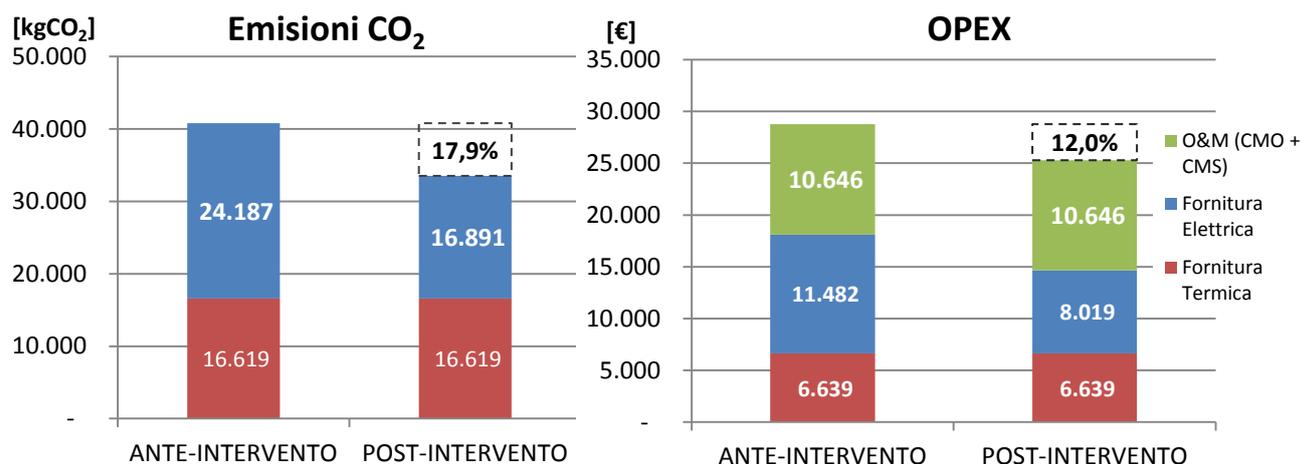
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 [Potenza lampade]	[kW]	21	9	<b>57,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	85.117	85.117	<b>0,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	52.346	36.557	<b>30,2%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	82.272	82.272	<b>0,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	51.792	36.170	<b>30,2%</b>
Emiss. CO2 Termico <sup>(1)</sup>	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.619	16.619	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico <sup>(1)</sup>	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.187	16.891	<b>30,2%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>40.806</b>	<b>33.510</b>	<b>17,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub> <sup>(2)</sup>	[€]	6.639	6.639	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub> <sup>(2)</sup>	[€]	11.482	8.019	<b>30,2%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>18.121</b>	<b>14.657</b>	<b>19,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.411	8.411	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.236	2.236	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.646</b>	<b>10.646</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>28.767</b>	<b>25.304</b>	<b>12,0%</b>
Classe energetica <sup>(3)</sup>	[-]	D	E	+0 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (3) La classe energetica è riferita al modello valutato in condizioni standard (APE). Nonostante il reale efficientamento energetico, la Classe non migliora poiché, secondo le UNI TS 11300, l'edificio di riferimento considera la stessa potenza ipotizzata nell'edificio reale.

Figura 8.7 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

### 8.1.5 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

#### EEM5: Installazione impianto fotovoltaico

##### Generalità

La generazione di energia elettrica da impianto fotovoltaico offre numerosi vantaggi sotto diversi punti di vista economici e ambientali, in virtù dei quali costituisce oggi una delle energie rinnovabili più diffuse ed una forma di investimento sostenibile e redditizia, a condizione che l'impianto sia realizzato secondo determinati criteri.

Più in generale, l'applicazione della tecnologia fotovoltaica consente:

- La produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- Il risparmio di combustibile fossile;
- Nessun inquinamento acustico;
- Riduzione dell'effetto serra;
- L'applicazione di soluzioni di progettazione del sistema perfettamente compatibili con le esigenze di tutela del territorio (es. impatto visivo).



Nel caso in oggetto, l'edificio presenta un'ampia copertura piana esposta a sud, che ben si adatta all'installazione di un impianto fotovoltaico. Tuttavia la struttura ricade in parte in zona con vincolo paesaggistico, per cui i pannelli dovranno essere posizionati parallelamente al solaio e dovrà essere richiesta opportuna Autorizzazione Paesaggistica agli enti preposti.

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

Il presente intervento di installazione di impianti ad energie rinnovabili propone l'installazione di un impianto fotovoltaico di potenza di picco pari a 30 kW<sub>p</sub> da installarsi sulla copertura piana dell'edificio oggetto di diagnosi.

Al fine di valutare l'efficientamento derivante dall'installazione di un impianto fotovoltaico sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- Valutazione del profilo di utilizzo dell'edificio in base alla destinazione d'uso
- Valutazione del fabbisogno di energia elettrica
- Esposizione dell'edificio

La stima dell’energia elettrica prodotta è stata effettuata sulla base dei dati radiometrici relativi alla norma UNI 10349, utilizzando il metodo di calcolo relativo alla norma UNI 8477 e considerando le seguenti caratteristiche per il campo fotovoltaico:

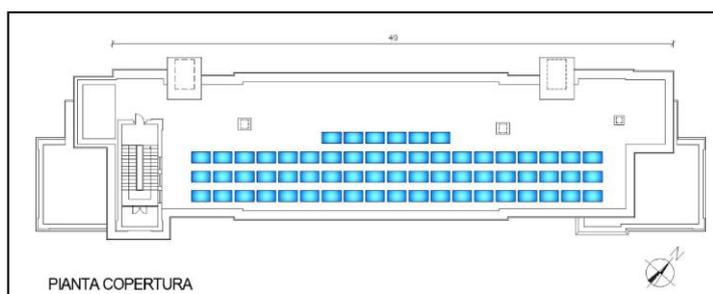
- Potenza di picco singolo modulo: 250 W (STC)
- Dimensioni modulo: 990 x 1660 mm
- Numero di moduli: 120
- Orientamento rispetto a Sud: -34° (SUD)
- Inclinazione rispetto all’orizzontale: 32°
- Albedo: 0,13
- Fattore di efficienza: 0,75
- Superficie copertura utilizzabile 466 mq
- Superficie occupata dai pannelli 177 mq

La radiazione globale annua sulla superficie orizzontale ricavata dalla UNI 10349 per Genova con questa configurazione corrisponde a 1421 kWh/m<sup>2</sup>.

### **Descrizione dei lavori**

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato; occorre verificare preventivamente gli spazi di installazione in copertura e determinare con un rilievo specifico le possibili cause di ombreggiamento.

L’impianto deve essere installato secondo la normativa tecnica di riferimento, sia per quanto riguarda i collegamenti elettrici, che i materiali utilizzati e i dispositivi di sicurezza. Si consiglia inoltre, in fase di progetto, di eseguire una configurazione delle stringhe del campo fotovoltaico che sia la più adatta ed efficiente possibile,



al fine di ridurre al minimo le possibili perdite per irraggiamento disomogeneo del campo.

### **Prestazioni raggiungibili**

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

L’intervento proposto permette una copertura del 61% del fabbisogno elettrico dell’edificio, con una produzione totale annua di energia pari a 31.986 kWh. Ha quindi un effetto positivo sulla spesa energetica, con una riduzione globale di circa il 39%. Tali valutazioni sono state effettuate considerando anche la copertura dei consumi derivanti dalle attrezzature elettriche. La potenza superiore ai 20 kWp non permette l’accesso allo Scambio sul Posto. Non sono previste attualmente altre forme di incentivo. L’investimento risulta comunque economicamente sostenibile, come dettagliato nei capitoli successivi.

I costi di manutenzione subiscono un incremento in quanto si va ad aggiungere un impianto alla struttura, che tuttavia non necessita di particolare azioni manutentive se non la verifica periodica di corretto funzionamento e la pulizia dei pannelli, per i quali nella valutazione economica è stato ipotizzato un incremento del 5% dei costi di manutenzione attualmente sostenuti.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM5 – Installazione impianto fotovoltaico

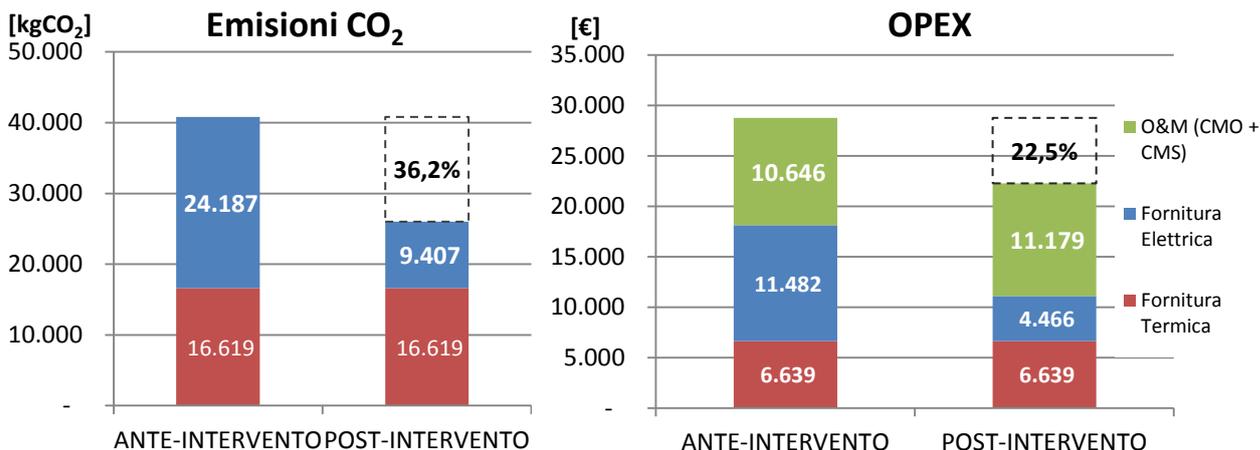
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 [Potenza installata]	[kW]	0	30	
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	85.117	85.117	0,0%

EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	52.346	20.360	<b>61,1%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	82.272	82.272	<b>0,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	51.792	20.145	<b>61,1%</b>
Emiss. CO2 Termico <sup>(1)</sup>	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.619	16.619	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico <sup>(1)</sup>	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.187	9.407	<b>61,1%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>40.806</b>	<b>26.026</b>	<b>36,2%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub> <sup>(2)</sup>	[€]	6.639	6.639	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub> <sup>(2)</sup>	[€]	11.482	4.466	<b>61,1%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>18.121</b>	<b>11.105</b>	<b>38,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.411	8.831	<b>-5,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.236	2.348	<b>-5,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.646</b>	<b>11.179</b>	<b>-5,0%</b>
OPEX	[€]	<b>28.767</b>	<b>22.283</b>	<b>22,5%</b>
Classe energetica (APE)	[-]	D	C	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.8 – EEM5: 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: Coibentazione interna del solaio di copertura**

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione del solaio piano di copertura dell'edificio dall'interno, per mezzo di una controsoffittatura e pannelli in lana di vetro. L'intervento è stato calcolato con uno spessore dell'isolante pari a 13 cm e una conducibilità pari a 0,033 W/mk per raggiungere la trasmittanza limite richiesta per l'accesso al conto termico pari a 0,22 W/mqK.

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

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

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 100 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 56 €/mq

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione solaio copertura

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE		
					UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)			
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]		
B55004a	Controsoffitto realizzato con lastre di cartongesso, reazione al fuoco Euroclasse A1 - s1, d0, fissate mediante viti autopercoranti ad una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato dello spessore di 6/10 mm ad interasse di 600 mm, comprese la stessa struttura e la stuccatura dei giunti:	DEI - ristruttur. 2015	490	m2	€ 29	€ 26	€ 12.900	22%	€ 15.738	
01.P09.B0 3.030	Pannelli semirigidi in lana di vetro, euroclasse A1, densità di 30-35 kg/m <sup>3</sup> e lambda inferiore a 0,034 W/mK; con adeguata protezione di barriera al vapore - Spessore 13 cm	Prezzario Regione Piemonte	490	m2	€ 10	€ 9	€ 4.566	22%	€ 5.570	
01.A09.G5 0.005	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato	Prezzario Regione Piemonte	490	m2	€ 7	€ 6	€ 2.936	22%	€ 3.581	
95.B10.S2 0.020	Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	12	m2	€ 21	€ 19	€ 236	22%	€ 288	
<b>TOTALE PARZIALE LAVORI</b>						<b>€ 20.638</b>	<b>22%</b>	<b>€ 25.178</b>		
Costi per la sicurezza						-	3%	€ 619	22%	€ 755
Costi progettazione (in % su importo lavori)						-	7%	€ 1.445	22%	€ 1.762
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 22.701</b>	<b>22%</b>	<b>€ 27.696</b>		
<b>Incentivi</b>		<b>Conto termico</b>				<b>€ 11.078</b>				
<b>Durata incentivi</b>						<b>5</b>				
<b>Incentivo annuo</b>						<b>€ 2.216</b>				

**EEM2: Isolamento pareti con cappotto interno**

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

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

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

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 58 €/mq

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Cappotto interno

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]	
1C.06.550.0310.f	Controparete termoisolante e fonoassorbente realizzata con lastre in gesso rivestito a bordi assottigliati, spessore 12,50 mm, incollate a pannelli di lana di vetro idrorepellente prodotta con almeno l'80% di vetro riciclato e con un esclusivo legante brevettato di origine naturale che garantisce la massima qualità dell'aria, con barriera al vapore costituita da un foglio di alluminio interposto tra il pannello in lana di vetro e la lastra di gesso rivestito. Conducibilità termica dichiarata $\lambda_D$ spessori 20 ÷ 50 mm 0,031 W/m.K (lana di vetro); Conducibilità termica dichiarata $\lambda_D$ spessori 60 ÷ 80 mm 0,034 W/m.K (lana di vetro); Conducibilità termica dichiarata $\lambda_D$ 0,025 W/m.K (lastra di gesso rivestito). Classe di reazione al fuoco spessori 20 ÷ 50 mm A2-s1,d0 Classe di reazione al fuoco spessori 60 ÷ 80 mm F Resistenza alla diffusione del vapore acqueo $\mu$ lana di vetro 1. Resistenza alla diffusione del vapore acqueo $\mu$ lastra in gesso rivestito: 10 (campo secco), 4 (campo umido). Applicate direttamente alla parete con incollaggi in gesso, compresa la rasatura dei giunti, i piani di lavoro interni e l'assistenza muraria, negli spessori mm: - spessore 12,50 + 80 mm di lana di vetro	Prezzario Milano	1482	mq	€ 41	€ 37	€ 55.373	22%	€ 67.555
20.A90.B2 0.010	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	1482	mq	€ 7	€ 6	€ 9.364	22%	€ 11.424
<b>TOTALE PARZIALE LAVORI</b>						<b>€ 64.736</b>	<b>22%</b>	<b>€ 78.978</b>	
Costi per la sicurezza						-	3%	€ 2.369	
Costi progettazione (in % su importo lavori)						-	7%	€ 5.528	
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2)</b>						<b>€ 71.210</b>	<b>22%</b>	<b>€ 86.876</b>	
<b>Incentivi</b>						<b>Conto termico</b>		<b>€ 34.751</b>	
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 6.950</b>	

**EEM3: Ristrutturazione impianto termico**

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione del generatore di calore per il riscaldamento degli ambienti, accompagnato all'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti ed una pompa di circolazione a giri variabili sul circuito di distribuzione.

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

Installazione di generatori di calore a condensazione con P>35 kWt (art.4, c.1, lett.c)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 130 €/mq oppure 40.000€
- Costo unitario valutato per l'intervento: 10 €/mq

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Ristrutturazione impianto termico

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
PR.C76. B10.01 0	Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 150 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 8.918	€ 8.108	€ 8.108	22%	€ 9.891
PR.C84. C05.50 0	Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 150 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 166	€ 151	€ 151	22%	€ 184
40.C10. B10.12 0	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 393	€ 357	€ 357	22%	€ 436
PR.C17. A15.01 0	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	56	cad	€ 35	€ 32	€ 1.803	22%	€ 2.200
PR.C47. H10.08 5	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione singola con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 60 m <sup>3</sup> /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.293	€ 2.085	€ 2.085	22%	€ 2.543
40.E10. A10.04 0	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 97	€ 88	€ 88	22%	€ 108

mm fino a 100 mm

PR.E40. B05.21 0	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 23	€ 21	€ 21	22%	€ 25
RU.M0 1.A01.0 30	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 34	€ 31	€ 469	22%	€ 572
RU.M0 1.E01.0 20	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 32	€ 29	€ 1.159	22%	€ 1.414
20.A15. B10.01 5	Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	80	m³km	€ 5	€ 4	€ 343	22%	€ 419
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 438	22%	€ 534
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.021	22%	€ 1.245
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM3)</b>							<b>€ 16.042,38</b>	<b>22%</b>	<b>€ 19.572</b>
<b>Incentivi</b>		<b>Conto termico</b>		<b>€ 7.829</b>					
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>							
<b>Incentivo annuo</b>		<b>€ 1.566</b>							

#### EEM4: Sostituzione lampade con apparecchi LED

Nella Tabella 9.12 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione delle lampade fluorescenti attualmente installate con lampade LED. Per difficoltà tecniche sulla sostituzione delle sole lampade, per le plafoniere quadrate 4x18W, è stata prevista la sostituzione dell'intera plafoniera.

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

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

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq oppure 70.000 €;
- Costo unitario valutato per l'intervento: 22,70 €/mq

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Retrofit illuminazione

CODICE PREZZARIO	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
1E.06.060.0 210.d	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - flusso luminoso 2065 lm potenza 24 w	Prezzario Milano	85	cad	€ 45	€ 41	€ 3.503	22%	€ 4.273
1E.06.060.0 210.c	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - Lunghezza	Prezzario Milano	268	cad	€ 35	€ 32	€ 8.452	22%	€ 10.311

	1200 mm - flusso luminoso 1600 lm potenza 16 w									
1E.06.060.0 120.b	Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione. Prodotto in conformità alle norme EN 60598-1 CEI 34-21, classe di isolamento I e grado di protezione IP40 - IK06 in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e cornice stampato in policarbonato bianco infrangibile ed autoestinguente, diffusore estruso in tecnopolimero opale ad alta trasmissione, completa di sistema dimmer; equipaggiata con lampada led 4000K 3700 lm potenza 31 w, modulo da: 600 x 600 mm	Prezzario Milano	92	cad	€ 247	€ 224	€ 20.627	22%	€ 25.165	
<b>TOTALE PARZIALE</b>							€ <b>32.582</b>	<b>22</b> %	€ <b>39.750</b>	
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 977		22%	€ 1.192	
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.281		22%	€ 2.782	
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							€ <b>35.840</b>	<b>22</b> %	€ <b>43.725</b>	
<b>Incentivi</b>		<b>Conto termico</b>							€ <b>17.490</b>	
<b>Durata incentivi</b>									<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>									€ <b>3.498</b>	

NB. I costi delle lampade sono comprensivi di montaggio e smontaggio dell'esistente, compreso lo smaltimento

### **EEM5: Installazione impianto fotovoltaico**

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM5, che consiste nell'installazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura piana della scuola.

Tale intervento non consentirebbe l'ottenimento di alcun incentivo, se non la possibilità di vendere l'energia elettrica eccedente alla rete elettrica nazionale.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione impianto FV

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO O SCONTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/kWp]	[€/kWp]	[€]	[%]	[€]
1E.17.01 0.0010	Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da: 1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato). 2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento. 3. Quadro di parallelo inverter. 4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie. 5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale. Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie Con potenza complessiva per singolo impianto:	Prezza rio Milan o	30	kWp	€ 2.237	€ 2.033	€ 61.000	22%	€ 61.000
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.830	22%	€ 2.233

Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€ 4.270	22%	€ 5.209
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM5)</b>				<b>€ 67.100</b>	<b>22%</b>	<b>€ 68.442</b>
Incentivi	-					0
Durata incentivi						0
Incentivo annuo						0

## 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: Coibentazione del solaio di copertura**

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione copertura

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€ 27.696
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 2.216
Durata incentivo	$n_B$	anni 5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%] 3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	41,6	24,0
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	63,6	36,7
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 15.070	- 5.206
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-2,4%	1,2%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,54	-0,19

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

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

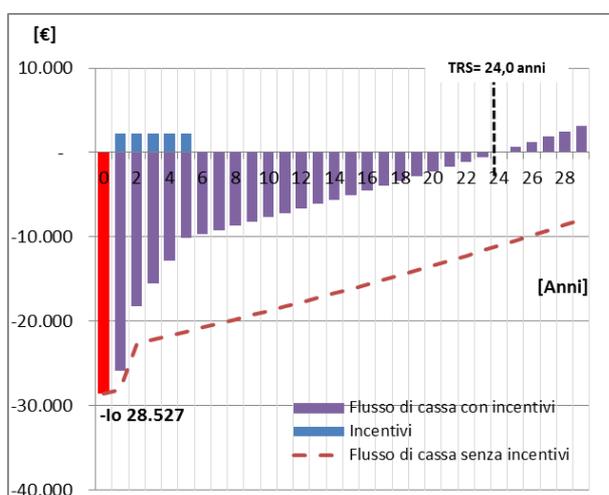
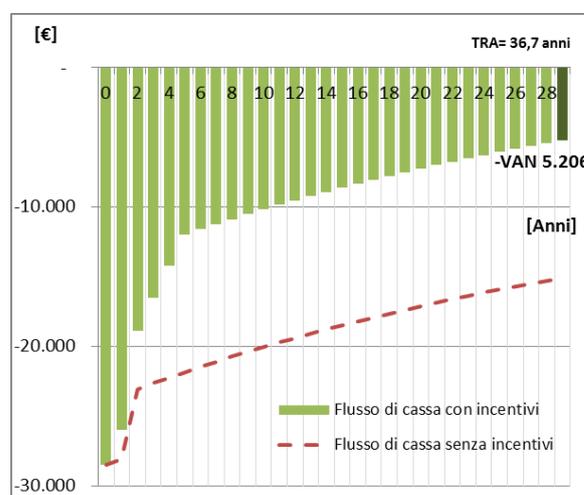


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un ritorno economico molto lungo nel tempo, che rientra nella vita utile del componente solo considerando gli incentivi del conto termico senza attualizzazione dei flussi di cassa. Tuttavia l’intervento si presenta molto fattibile dal punto di vista tecnico, pertanto si invita a considerarlo in caso di necessità di manutenzione straordinaria del soffitto dell’ultimo piano dell’edificio.

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

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

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

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>I<sub>0</sub></b>	€	86.876
Oneri Finanziari %I <sub>0</sub>	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	30
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	6.950
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	31,9	17,9
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	50,3	31,9
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 36.165	- 5.224
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	-0,5%	3,2%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,42	-0,06

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

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

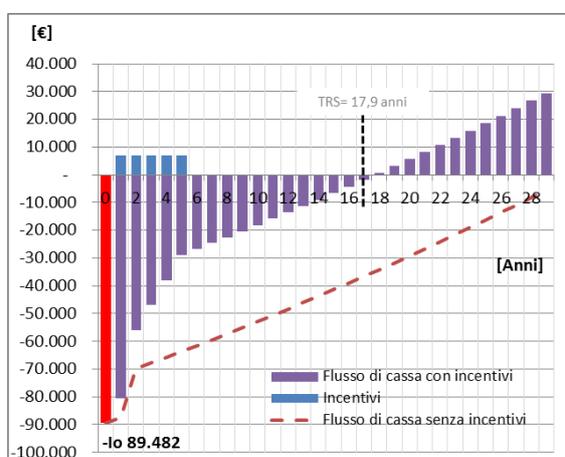
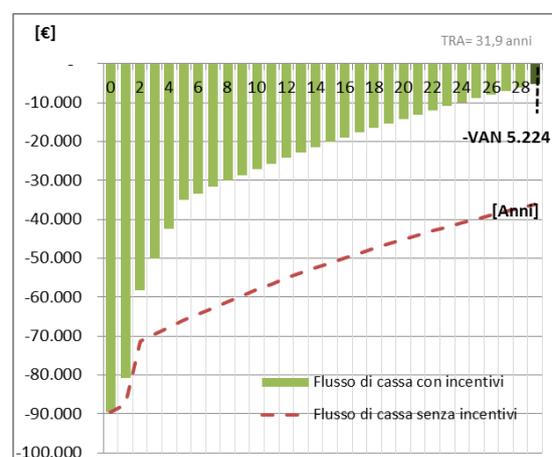


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento ha un ritorno economico semplice conveniente rispetto alla sua vita utile solo se accompagnato dagli incentivi. Considerando i flussi di cassa attualizzati l’intervento singolarmente non risulta conveniente da un punto di vista costi-benefici, tuttavia si valuterà la convenienza all’interno di un scenario di riqualificazione comprendente più interventi di efficientamento energetico.

### **EEM3: Ristrutturazione impianto termico**

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Impianto termico

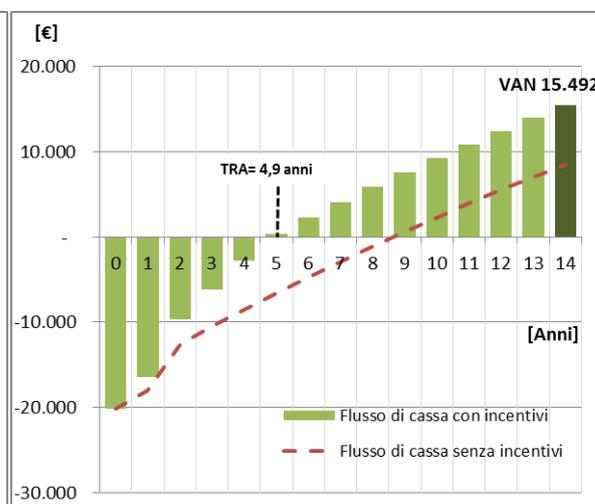
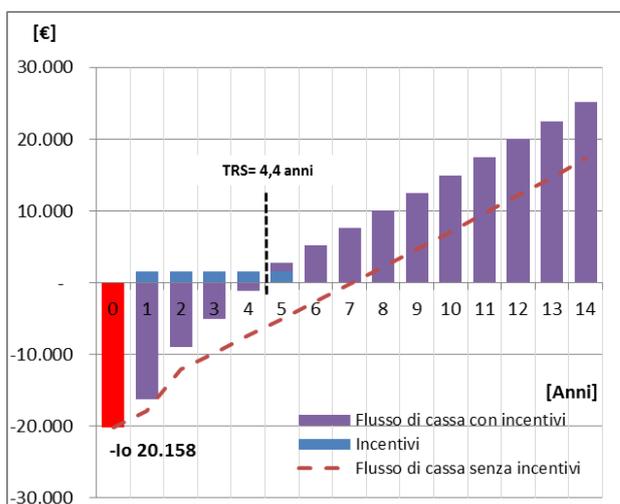
PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>Io</b>	€	19.571
Oneri Finanziari %Io	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	15
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	1.566
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	7,2	4,4
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	8,7	4,9
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	8.522	15.492
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	10,3%	16,7%
Indice di profitto	<b>IP</b>	0,44	0,79

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

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

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



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

#### EEM4: Sostituzione lampade con apparecchi LED

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

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– Luci a LED

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	43.725
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	<b>n</b>	anni	15
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	3.498
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
--------------------------------	--	------------------------	----------------------

Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	12,2	6,8
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	16,9	9,0
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	- 5.156	10.416
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	2,0%	8,5%
Indice di profitto	<b>IP</b>	-0,12	0,24

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

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

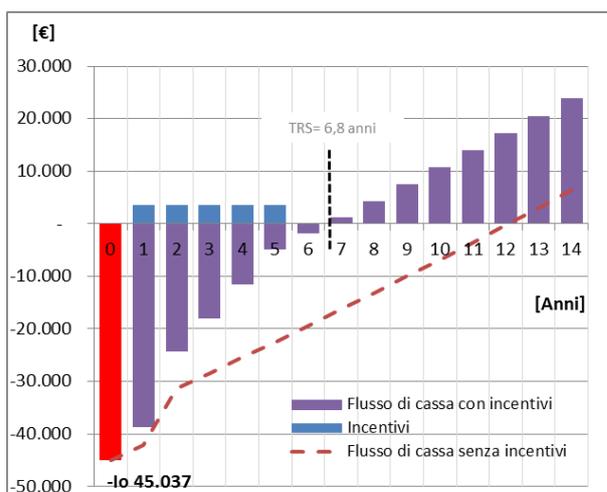
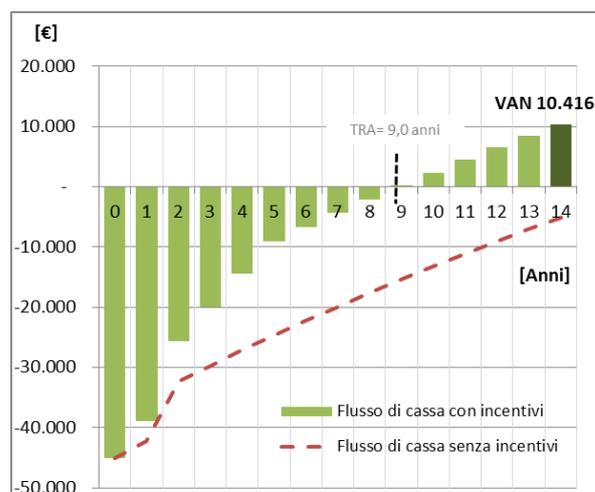


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



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

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

#### **EEM5: Installazione impianto fotovoltaico**

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

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5– Impianto FV

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>Io</b>	€	68.442
Oneri Finanziari %Io	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	20
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	-
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	3,5%
<b>INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO</b>		<b>VALORE SENZA INCENTIVI</b>	<b>VALORE CON INCENTIVI</b>

Tempo di rientro semplice	TRS	10,3	10,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	13,6	13,6
Valore attuale netto	VAN	19.052	19.052
Tasso interno di rendimento	TIR	7,2%	7,2%
Indice di profitto	IP	0,28	0,28

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.12.

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

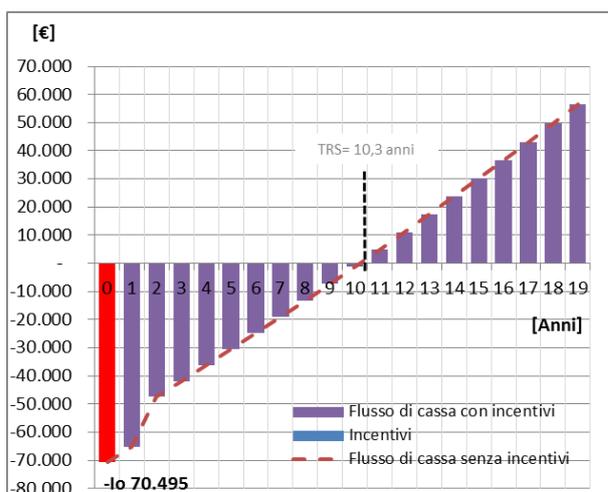
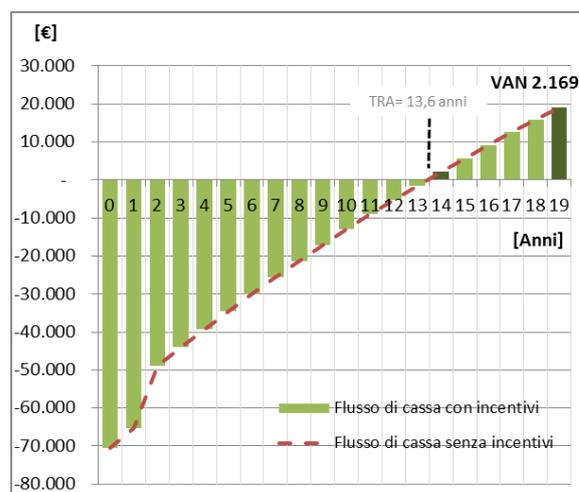


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi economica effettuata sull’installazione di un impianto fotovoltaico in copertura, ne risulta un investimento abbastanza conveniente avendo un tempo di ritorno attualizzato di circa 14 anni. Si tenga conto infatti che è stata considerata una vita utile di 20 anni, ma gli attuali pannelli in commercio assicurano una vita di almeno 25 anni. Inoltre il prezzo considerato, dal Prezzario di Milano, è molto superiore ai prezzi di mercato attuali.

## Sintesi

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

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

		SENZA INCENTIVI											
		% $\Delta E$	% $\Delta CO_2$	$\Delta C_e$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
		[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM Copertura	1:	5,0%	3,3%	545	0	0	27696	41,6	63,6	30	-15070	-2,4%	-0,54
EEM Cappotto	2:	21,9%	14,7%	2396	0	0	86876	31,9	50,3	30	-36165	-0,5%	-0,42
EEM Impianto termico	3:	15,3%	10,3%	1687	841	224	19571	7,2	8,7	15	8522	10,3%	0,44
EEM 4: Corpi illuminanti		11,7%	17,9%	3463	0	0	43725	12,2	16,9	15	-5156	2,0%	-0,12
EEM 5: Impianto FV		23,6%	36,2%	7016	-421	-112	68442	10,3	13,6	20	19052	7,2%	0,28

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 CO<sub>2</sub> rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- $\Delta_{CE}$  è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- $\Delta_{CMO}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $\Delta_{CMS}$  è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $I_0$  è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi sull'involucro hanno tempi di ritorno più lunghi rispetto agli interventi impiantistici.

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

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

		CON INCENTIVI											
		$\% \Delta_E$	$\% \Delta_{CO_2}$	$\Delta_{CE}$	$\Delta_{CMO}$	$\Delta_{CMS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
		[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM	1:	5,0%	3,3%	545	0	0	27696	24,0	36,7	30	-5206	1,2%	-0,19
Copertura													
EEM	2:	21,9%	14,7%	2396	0	0	86876	17,9	31,9	30	-5224	3,2%	-0,06
Cappotto													
EEM	3:	15,3%	10,3%	1687	841	224	19571	4,4	4,9	15	15492	16,7%	0,79
Impianto termico													
EEM	4:	11,7%	17,9%	3463	0	0	43725	6,8	9,0	15	10416	8,5%	0,24
Corpi illuminanti													
EEM	5:	23,6%	36,2%	7016	-421	-112	68442	10,3	13,6	20	19052	7,2%	0,28
Impianto FV													

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

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

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

La scelta degli scenari ottimale è quindi stata effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella di cui sopra, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun

scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

- $FCO_n$  sono i flussi di cassa operativi nell’anno corrente n-esimo;

- $K_n$  è la quota capitale da rimborsare nell’anno n-esimo;
- $I_n$  è la quota interessi da ripagare nell’anno tn-esimo.

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

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

Dove:

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

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

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

l’installazione di valvole termostatiche sui corpi scaldanti, l’installazione di una pompa di circolazione a giri variabili e la sostituzione delle lampade esistenti con tubi a LED.

### 9.3.1 Scenario 1: TRS < 15 ANNI

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

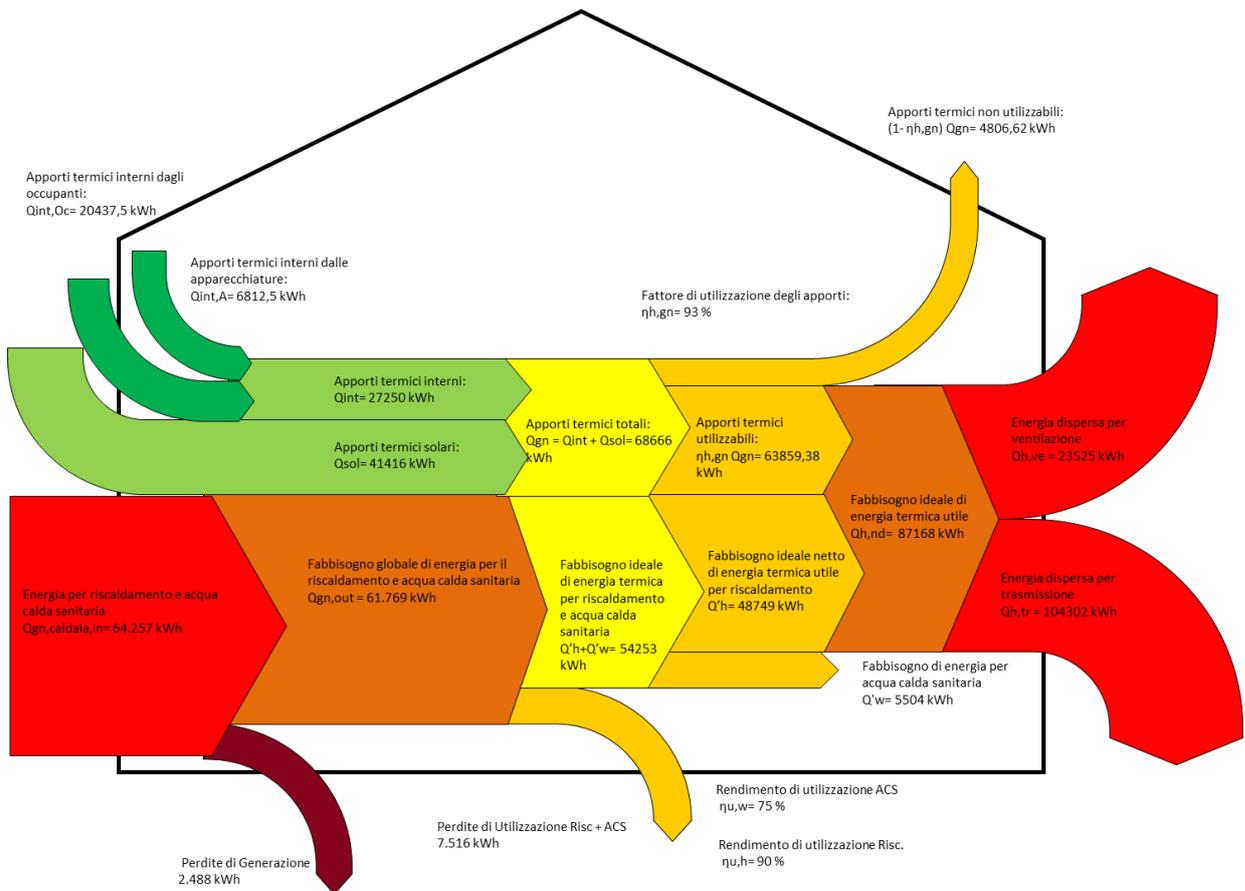
Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 Sostituzione caldaia +VT	14584	3208	17792
EEM4 FPO lampade LED	32582	7168	39750
Costi per la sicurezza	1415	311	1726
Costi per la progettazione	3302	726	4028
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>51882</b>	<b>11414</b>	<b>63296</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>Mo</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>Ms</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 O&M	7570	2012	9582
EEM4 O&M	0	0	0
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>7570</b>	<b>2012</b>	<b>9582</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	25319	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		5064	

L’incentivo complessivo è stato valutato secondo quanto riportato nell’Allegato I del Conto Termico 2.0, ovvero considerando il 40% dell’importo totale di ciascun intervento.

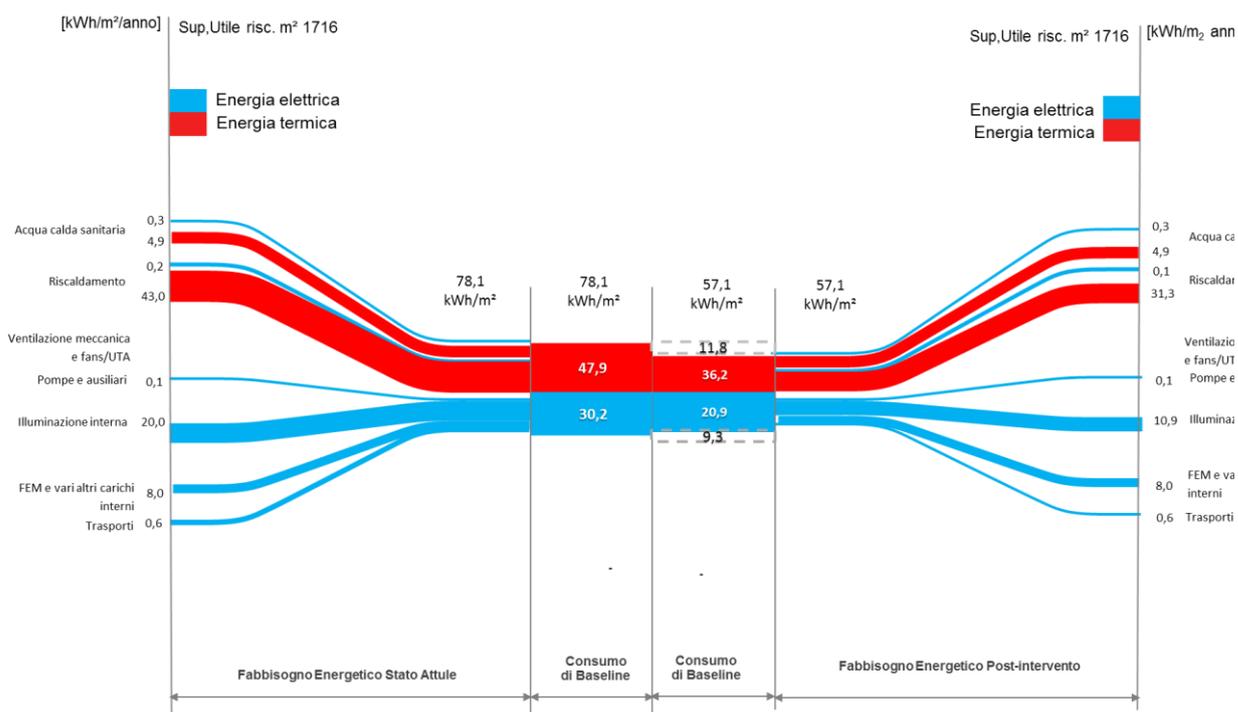
A seguito della modellazione dello scenario ottimale è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che si ha una diminuzione delle perdite di utilizzazione del riscaldamento grazie alla sostituzione del generatore e alla regolazione dell'impianto, di conseguenza una diminuzione del fabbisogno di energia termica dell'impianto. Tuttavia le alte temperature di distribuzione del fluido termovettore non permettono il recupero di energia da condensazione, che si verificherà solo con temperature esterne più alte grazie alla regolazione climatica dell'impianto.

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

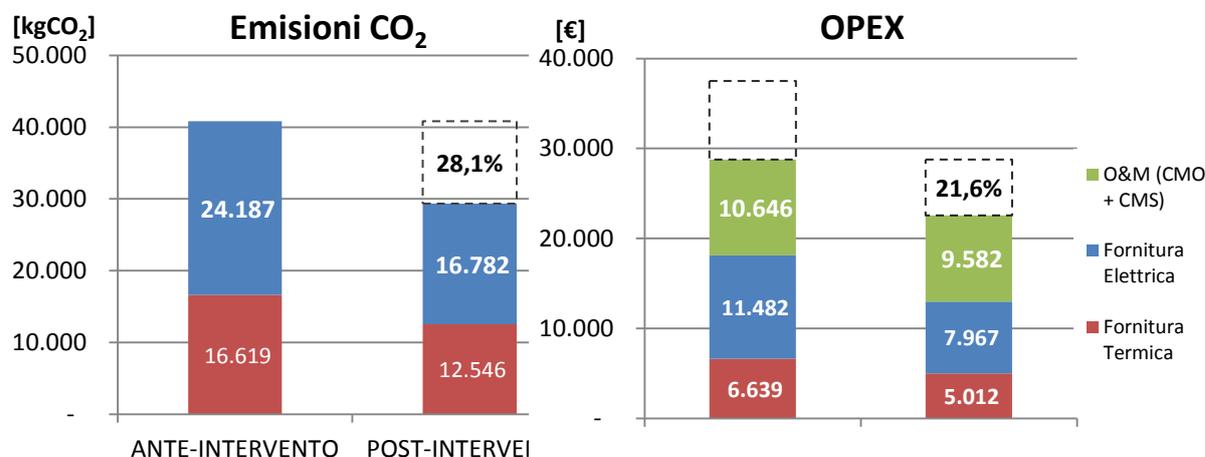


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.15.

Figura 9.13

Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – TRS &lt;15 anni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 [Rendimento globale medio stagionale]	[%]	107	148	38,3%
EM4 [Potenza lampade]	[kW]	21	9	57,1%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	85.117	64.257	24,5%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	52.346	36.320	30,6%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	82.272	62.109	24,5%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	51.792	35.936	30,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.619	12.546	24,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.187	16.782	30,6%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>40.806</b>	<b>29.328</b>	<b>28,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	6.639	5.012	24,5%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	11.482	7.967	30,6%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>18.121</b>	<b>12.978</b>	<b>28,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.411	7.570	10,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	2.236	2.012	10,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	10.646	9.582	10,0%
OPEX	[€]	28.767	22.560	21,6%
Classe energetica (APE)	[-]	D	D	+0 classi

Figura 9.13 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

Nell'elaborazione del PEF è stato possibile prevedere anche un margine di riduzione della spesa per la PA durante la gestione dell'investimento pari al 2%.

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

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	$n_i$		<b>1</b>
Anni Gestione Servizio	$n_s$		<b>14</b>
Anni Concessione	$n$		<b>15</b>
Anno inizio Concessione	$n_0$		<b>2020</b>
Anni dell'ammortamento	$n_A$		<b>10</b>
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{cdp}$		<b>2,00%</b>
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>		<b>4,00%</b>
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdp})$	$k_{progetto}$		<b>4,00%</b>
Inflazione ISTAT	$f$		<b>0,50%</b>
deriva dell'inflazione	$f'$		<b>0,70%</b>
%, interessi debito	$k_D$		<b>3,82%</b>
%, interessi equity	$k_E$		<b>9,00%</b>
Aliquota IRES	<b>IRES</b>		<b>24,0%</b>
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>		<b>3,9%</b>
Aliquota fiscale	$\tau$		<b>27,90%</b>
Anni debito (finanziamento)	$n_D$		<b>8</b>
Anni Equity	$n_E$		<b>14</b>
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€	<b>63.296</b>
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$		<b>3,00%</b>
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	$Of$	€	<b>1.899</b>
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€	<b>65.195</b>
%CAPEX a Debito	<b>D</b>		<b>80,0%</b>
%CAPEX a Equity	<b>E</b>		<b>20,00%</b>
Debito	$I_D$	€	<b>52.156</b>

Equity	$I_E$	€	13.039
Fattore di annualità Debito	$FA_D$		<b>6,88</b>
Rata annua debito	$q_D$	€	7.576
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	60.607
Costi per interessi debito, $INT_D$	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	8.451

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	14.853
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	8.726
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>23.579</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>28,4%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>10,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>2,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>3.778</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	472
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	41.009
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	6.091
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>14</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>14,38%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	670
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	604
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	2.033
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€	8.154
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	€	11.647
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$C_{nS}$	€	19.801
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$C_{nD}$	€	3.306
Canone Totale €/anno IVA escl.	$C_n$	€	<b>23.107</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	11.414
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	25.319
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>8,28</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>12,37</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>3.586</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>		<b>5,25%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>5,67%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>7,59</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>13,21</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>1.226</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>		<b>11,59%</b>

Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>1,057</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	<b>1,173</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>1,94%</b>

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



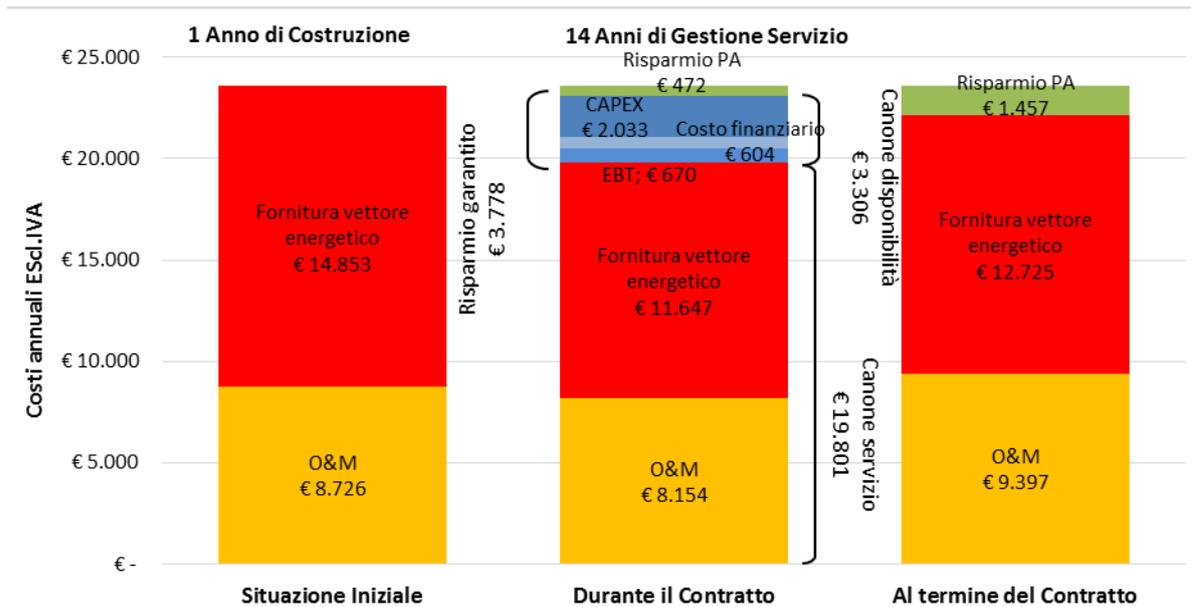
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

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

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: TRS < 25 ANNI

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

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

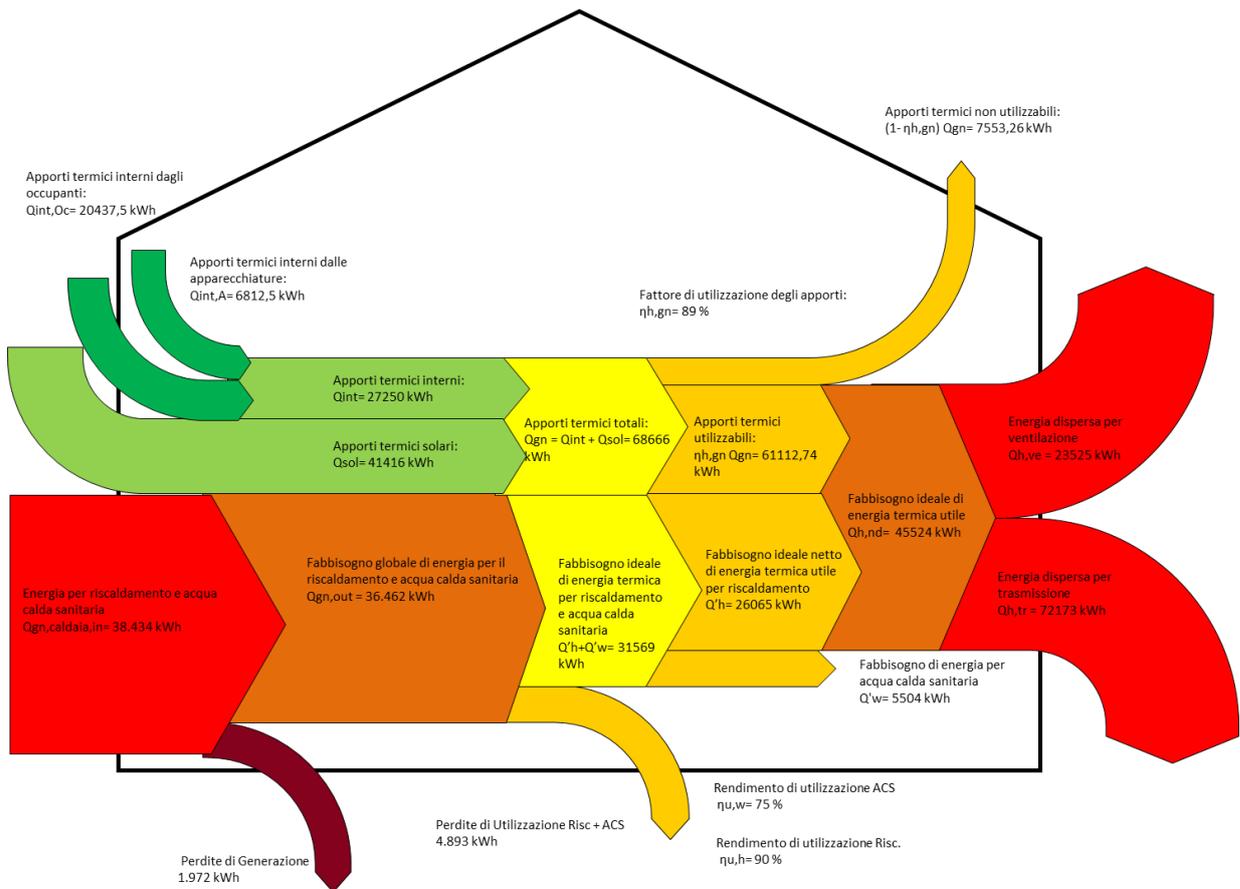
	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 FPO Cappotto interno	64736	14242	78978
EEM3 Sostituzione caldaia +VT	14584	3208	17792
EEM4 FPO lampade LED	32582	7168	39750
Costi per la sicurezza	3357	739	4096
Costi per la progettazione	7833	1723	9556
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>123092</b>	<b>27080</b>	<b>150173</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>Mo</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>Ms</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	0	0	0
EEM3 O&M	7149	1900	9049
EEM4 O&M	0	0	0
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>7149</b>	<b>1900</b>	<b>9049</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	69124	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		13825	

L'incentivo complessivo è stato valutato secondo quanto riportato nell'Allegato I del Conto Termico 2.0, ovvero considerando il 55% della spesa per gli interventi di cappotto e sostituzione impianto termico, ed il 40% per la sostituzione dei corpi illuminanti.

Nello scenario è stata considerata una riduzione dei costi di gestione degli impianti pari al 15%, tenendo conto, oltre che della maggiore affidabilità di un generatore nuovo, anche dei minori fabbisogni richiesti all'impianto dall'edificio stesso, grazie alla coibentazione dell'involucro, così da evitare manutenzioni per sforzi o sbilanciamenti dell'impianto stesso.

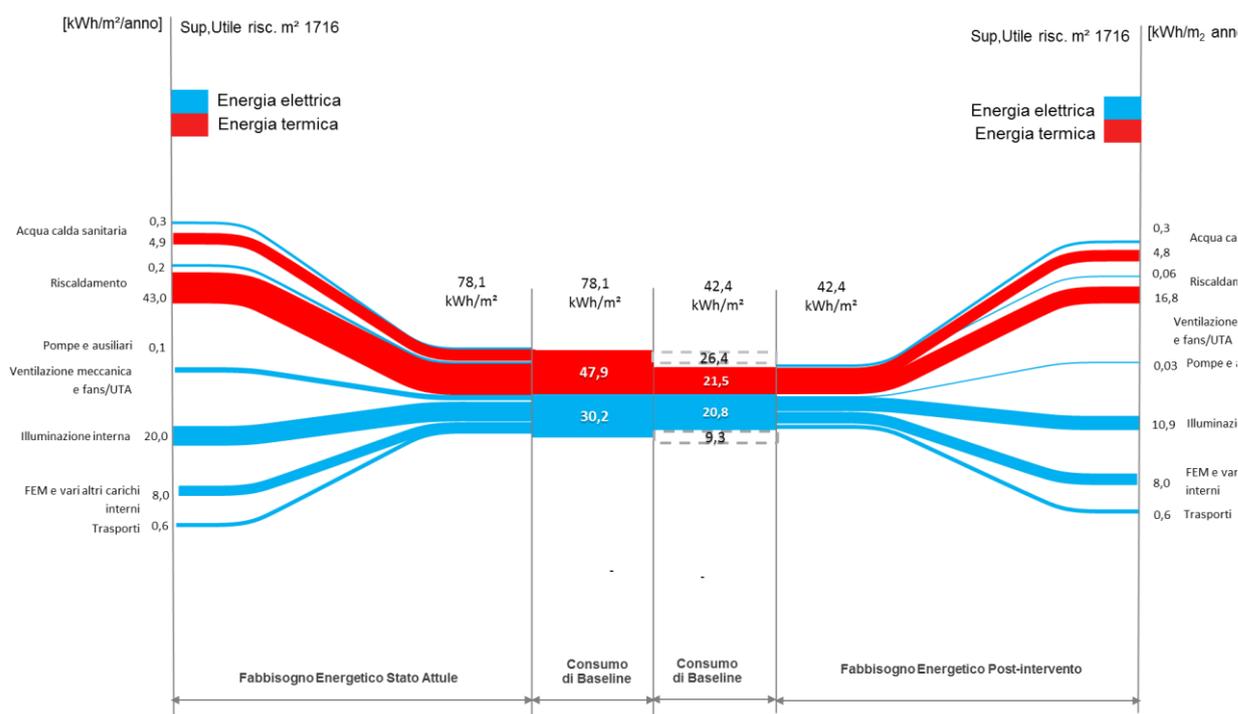
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



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

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



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

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – TRS &lt;25 anni

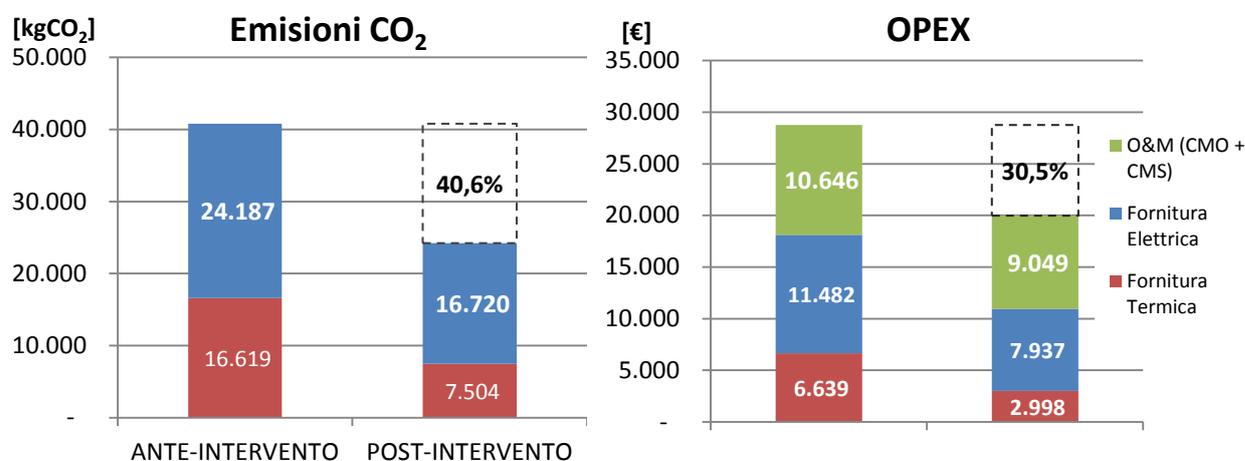
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM2 [Trasmittanza pareti]	[W/m²K]	1,1	0,25	<b>77,3%</b>
EM3 [Rendimento globale medio stagionale]	[%]	107	144	<b>38,3%</b>
EM4 [Potenza lampade]	[kW]	21	9	<b>57,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	85.117	38.434	<b>54,8%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	52.346	36.185	<b>30,9%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	82.272	37.149	<b>54,8%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	51.792	35.802	<b>30,9%</b>
Emiss. CO2 Termico <sup>(1)</sup>	[kgCO <sub>2</sub> ]	16.619	7.504	<b>54,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico <sup>(1)</sup>	[kgCO <sub>2</sub> ]	24.187	16.720	<b>30,9%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>40.806</b>	<b>24.224</b>	<b>40,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub> <sup>(2)</sup>	[€]	6.639	2.998	<b>54,8%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub> <sup>(2)</sup>	[€]	11.482	7.937	<b>30,9%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>18.121</b>	<b>10.935</b>	<b>39,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	8.411	7.149	<b>15,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2.236	1.900	<b>15,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>10.646</b>	<b>9.049</b>	<b>15,0%</b>
OPEX	[€]	<b>28.767</b>	<b>19.984</b>	<b>30,5%</b>
Classe energetica (APE)	[-]	D	C	+1 classe

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per

il vettore elettrico

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,222 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.19 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



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

Nell'elaborazione del PEF è stato possibile prevedere un margine di riduzione della spesa per la PA durante la gestione dell'investimento pari al 2%.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– TRS<25 ANNI

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	<b>1</b>
Anni Gestione Servizio	$n_s$	<b>24</b>
Anni Concessione	$n$	<b>25</b>
Anno inizio Concessione	$n_0$	<b>2020</b>
Anni dell'ammortamento	$n_A$	<b>10</b>
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	<b>2,00%</b>
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	<b>4,00%</b>
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	<b>4,00%</b>
Inflazione ISTAT	$f$	<b>0,50%</b>
deriva dell'inflazione	$f'$	<b>0,70%</b>
%, interessi debito	$k_D$	<b>3,82%</b>
%, interessi equity	$k_E$	<b>9,00%</b>
Aliquota IRES	<b>IRES</b>	<b>24,0%</b>
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	<b>3,9%</b>
Aliquota fiscale	$\tau$	<b>27,90%</b>
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	<b>13</b>
Anni Equity	$n_E$	<b>24</b>
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ <b>150.173</b>
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	<b>3,00%</b>
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€ <b>4.505</b>
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€ <b>154.678</b>
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	<b>80,0%</b>
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	<b>20,00%</b>
Debito	$I_D$	€ <b>123.743</b>
Equity	$I_E$	€ <b>30.936</b>

## E1646 – Scuola elementare “Dieci Dicembre”

Fattore di annualità Debito	$FA_D$		<b>10,24</b>
Rata annua debito	$q_D$	€	12.090
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€	157.169
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	33.427

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	14.853
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	8.726
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>23.579</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>39,7%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>15,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>2,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>5.243</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	472
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	106.683
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	9.718
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>24</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>14,63%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	943
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	1.393
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	2.436
Canone O&M €/anno	$CnM$	€	7.899
Canone Energia €/anno	$CnE$	€	10.437
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$CnS$	€	18.336
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$CnD$	€	4.772
Canone Totale €/anno IVA escl.	$Cn$	€	<b>23.107</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	27.080
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	69.124
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>10,88</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>19,34</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>7.910</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>		<b>4,89%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>5,27%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>11,51</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>11,87</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>5.144</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>		<b>20,81%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>		<b>1,031</b>

Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	0,956
Indice di Profitto Azionista	IP	3,43%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



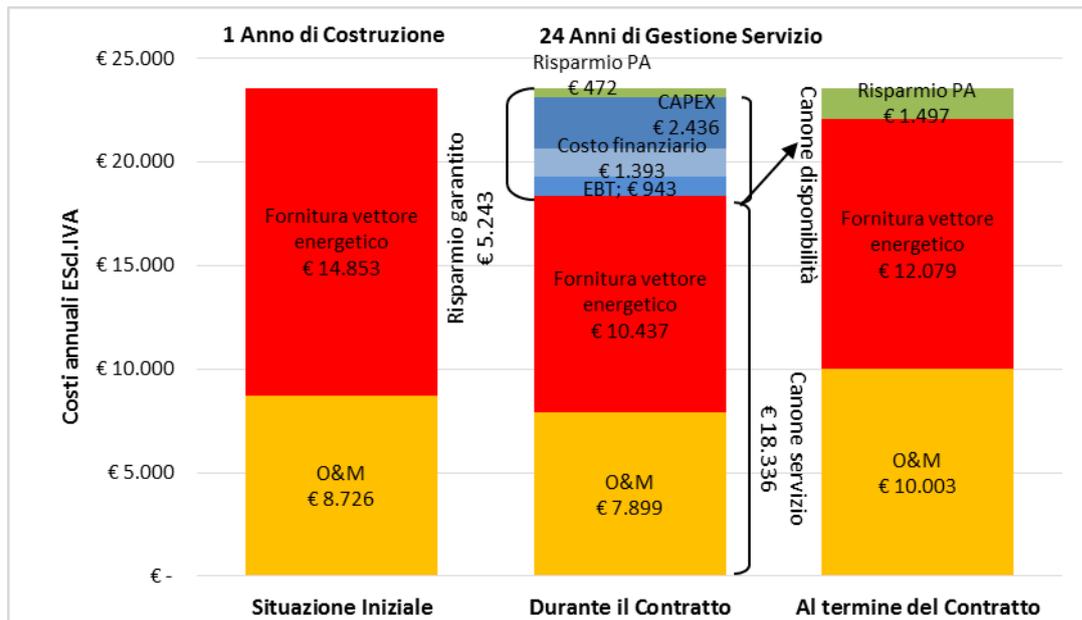
Figura 9.21 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

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

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract

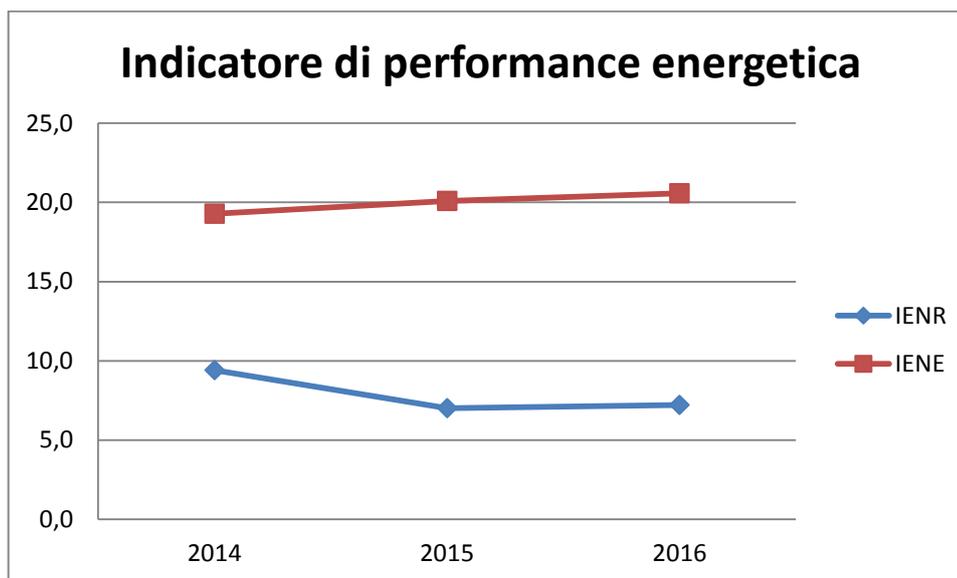


## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

Figura 10.1- Indicatori di performance energetica IEN



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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	162,21	148,10
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	85,40	85,14
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	6,32	6,16
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	2,32	1,87
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	66,79	53,82
Trasporto di persone e cose	EP <sub>Tr</sub>	kWh/mq anno	1,39	1,12
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	32	

Nelle

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	107,03	98,71
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	59,44	59,3
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	6,35	6,18
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	2,32	1,87
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno		
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	37,52	30,24
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	1,39	1,12
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno		21

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	77,73	69,49
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	30,14	30,07
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	6,35	6,18
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	2,32	1,87
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno		
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	37,52	30,24
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	1,39	1,12
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno		15

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

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

Descrizione	Cat. DPR 412	Sup. netta risc [mq]	Volume lordo risc [mc]	Epgl,nren	U.M.	Classe energetica	Miglioramento
Stato di Fatto	E.7	1.716	8.894	148,10	kWh/m <sup>2</sup> anno	<b>D</b>	-
Scenario 1 TRS<15anni				98,71	kWh/m <sup>2</sup> anno	<b>D</b>	+0 classi
Scenario 2 TRS<25anni				69,49	kWh/m <sup>2</sup> anno	<b>C</b>	+1 classe

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

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

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

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

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

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

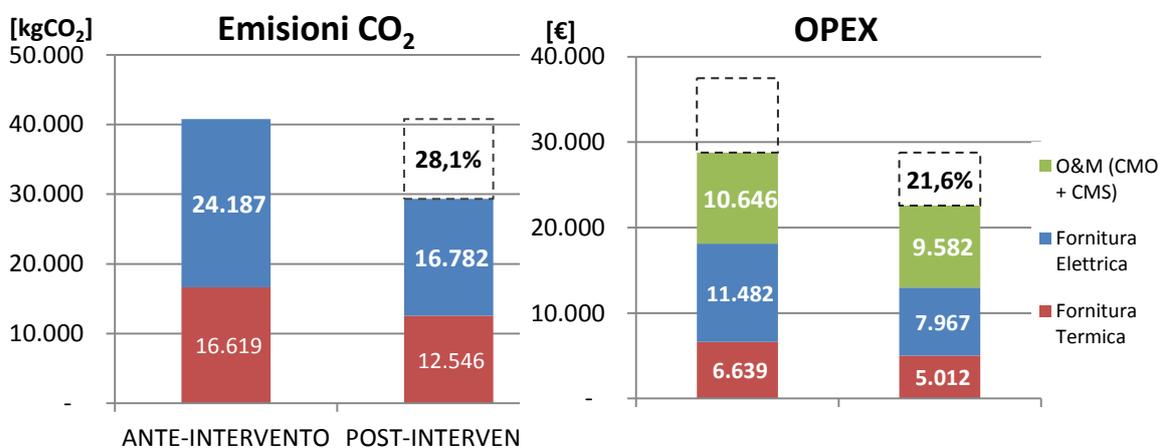
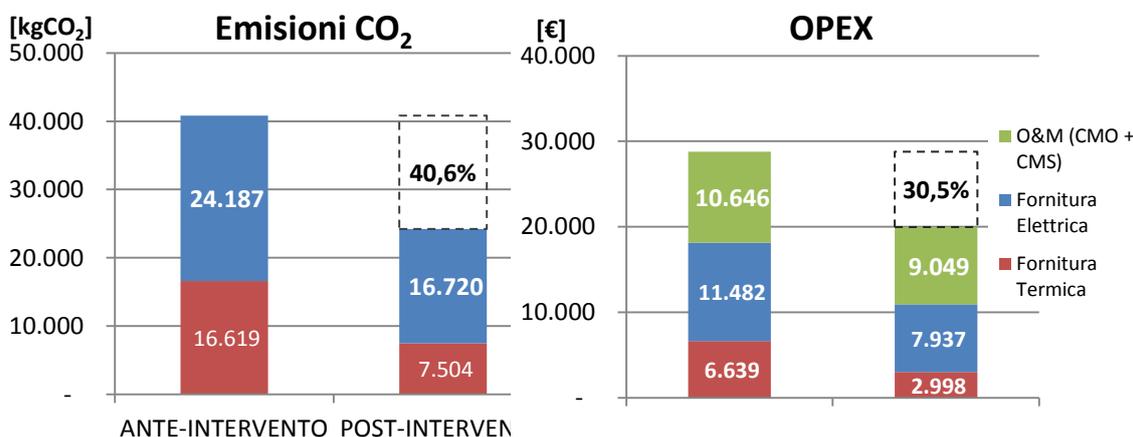


Figura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



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

L’edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere un buon margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sulla generazione e regolazione dell’impianto termico ed il relamping dell’impianto elettrico. Un intervento sull’involucro opaco permette inoltre di ridurre ulteriormente gli OPEX di un’ulteriore 10% rispetto ai soli interventi sugli impianti termico ed elettrico. Infine, anche la valutazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura dell’edificio permetterebbe di raggiungere quasi l’autosufficienza elettrica, soprattutto se congiunto all’intervento sull’illuminazione che diminuirebbe notevolmente i fabbisogni di energia elettrica. L’intervento sul fotovoltaico non è stato tuttavia inserito in uno scenario in quanto gli indici finanziari posti a capo dell’analisi non rendevano conveniente l’investimento.

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

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

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

### 10.3 RACCOMANDAZIONI

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

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Acquisti	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in classe A o superiore.  Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
<b>Apparecchiature elettriche</b>	<p>Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura.</p>	<p>stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.</p> <p>Per non avere sprechi nelle ore di chiusura dell’edificio è possibile spegnere manualmente le apparecchiature elettriche prima dell’uscita del personale o programmare adeguatamente il temporizzatore già inserito a bordo macchina dei modelli più recenti.</p> <p>Predisporre prese comandate per togliere l’alimentazione dai pc, dalle stampanti multifunzione e dalle apparecchiature informatiche in generale, in quanto il consumo in stand-by dei dispositivi elettrici / informatici può essere notevole quando questi sono molto numerosi all’interno dell’edificio (si stima che un pc spento consumi circa 7-8 Wh).</p> <p>Terminato l’uso, spegnere le macchinette portatili del caffè, in quanto il consumo di energia elettrica derivante da queste è significativo. Si stima che una macchinetta da caffè espresso consumi fino a 50 kWh all’anno dovuti al suo consumo in modalità stand-by.</p>
	<b>Climatizzazione</b>	<p>Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.</p> <p>Corretta regolazione delle centraline climatiche</p> <p>Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.</p> <p>Regolazione dell’impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.</p> <p>Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.</p> <p>Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.</p>	<p>spegnimento del terminale di emissione. Il beneficio dovuto a questo accorgimento può fare risparmiare dall'1% al 3% di energia primaria all'anno.</p> <p>L'apertura delle finestre deve essere limitata ad una durata di pochi minuti, specie con temperature esterne estreme, in quanto le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici. Tuttavia se ben utilizzata la ventilazione naturale garantisce un'adeguata qualità dell'aria degli ambienti. Le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici e per limitare questi effetti è importante che il ricambio d'aria venga realizzato quanto possibile negli orari corretti, ovvero la mattina presto in estate e nelle ore di piena insolazione in inverno.</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.</p> <p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell'ambiente e riduce l'efficienza dell'impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l'edificio mantiene una propria inerzia termica, è pertanto consigliabile spegnere l'impianto termico 30-60 minuti prima dell'uscita, ottenendo anche un adattamento alle condizioni esterne. Si può prevedere un ulteriore risparmio fino al 4%.</p>
<p><b>Formazione del personale</b></p>	<p>Eseguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.</p>	<p>Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all'interno dell'edificio.</p> <p>Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico.</p> <p>Distribuzione di materiale informativo sull'efficienza energetica negli edifici.</p>
<p><b>Illuminazione</b></p>	<p>Prediligere l'utilizzo della luce</p>	<p>Non tenere la tapparella abbassata con</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	naturale durante il giorno.  Evitare gli sprechi.	l'illuminazione accesa.  Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).  Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.

#### 10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in sufficienti condizioni manutentive, tuttavia le sue caratteristiche si prestano bene a interventi di efficientamento energetico.

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari con tempi di ritorno a 15 e 25 anni. E' stato possibile individuare un certo numero di interventi volti a ridurre il fabbisogno di energia avendo l'edificio buoni margini di miglioramento.

Gli interventi proposti riguardano sia l'involucro edilizio, in particolare la coibentazione della copertura e delle pareti perimetrali, i quali danno buoni margini di risparmio ma con alti investimenti, sia interventi sull'impianto termico, come la sostituzione del generatore di calore e l'installazione di valvole termostatiche sui corpi radianti, il cui investimento più contenuto permette alla PA di rientrare nella fattibilità economica dello stesso. Inoltre l'intervento sull'impianto elettrico, come l'installazione di lampade a tecnologia LED, consentono importanti risparmi ripagabili in pochi anni. Infine la proposta di installazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura dell'edificio permetterebbe di ridurre considerevolmente la spesa elettrica, che è quella che incide maggiormente sui costi operativi della scuola, e presenta tempi di ritorno accettabili rispetto alla sua vita utile.



## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco fatture vettori energetici		DE_Lotto.1-E1646_revB-AllegatoA-Elenco fatture
Elenco documenti forniti dalla committenza		DE_Lotto.1_E1646_revB-AllegatoA-Elenco doc committenza

**ALLEGATO B – ELABORATI**

Titolo	Data	Nome file
Planimetrie ubicazione impianti, contatori, zone termiche, misure, etc.		DE_Lotto.1-E1646_revB-AllegatoB-Planimetrie
Dettaglio calcoli		DE_Lotto.1-E1646_revB-AllegatoB-Grafici_Template
Analisi consumi		DE_Lotto.1-E1646_revB-AllegatoB-Analisi consumi
Schema a blocchi impianto elettrico		DE_Lotto.1-E1646_revB-AllegatoB-Schema a blocchi elettrico
Schema impianto termico		DE_Lotto.1-E1646_revB-AllegatoB-Schema impianto termico
Visura catastale		DE_Lotto.1-E1646_revB-AllegatoB-Visura catastale



## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Relazione analisi termografica		DE_Lotto.1_E1646_revB-AllegatoC-Report termografico



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

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche e strumentali		DE_Lotto.1-E1646_revB-AllegatoD-Report strumentali



## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo modellazione		DE_Lotto.1_E1646-revB-AllegatoE-Relazione dettaglio calcoli



## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificazione CTI Edilclima		DE_Lotto.1-E1646_revA-AllegatoF-CertCTI



## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE Stato di Fatto		DE_Lotto.1_E1646_revB-AllegatoG-APE SDF



## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE Scenario 15 anni		DE_Lotto.1_E1646_revB-AllegatoH-APE SCN1
Bozza APE Scenario 25 anni		DE_Lotto.1_E1646_revB-AllegatoH-APE SCN2

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici reali - stazione meteo Castellaccio		DE_Lotto.1-E1646_revB-AllegatoI-GG Castellaccio



## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede Audit Livello II AICARR		DE_Lotto.1-E1646_revB-AllegatoJ-Schede Audit

**ALLEGATO K – SCHEDE ORE**

Titolo	Data	Nome file
A2.5 - Chiusure verticali opache-coibentazione dall interno con pannelli		DE_Lotto.1-E1646_revA-AllegatoK-A2.5_Cappotto interno
A3.4 - Partizioni orizzontali - isolamento all'intradosso della copertura		DE_Lotto.1-E1646_revA-AllegatoK-A3.4_ isolamento intradosso copertura
H2 – Sostituzione di generatore obsoleto con altro a condensazione		DE_Lotto.1-E1646_revA-AllegatoK-H2_Sostituzione generatore
H15 - Installazione di pompe a portata variabile		DE_Lotto.1-E1646_revA-AllegatoK-H15_Pompe inverter
H16 - Installazione valvole termostatiche		DE_Lotto.1-E1646_revA-AllegatoK-H16_valvole termostatiche
L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza		DE_Lotto.1-E1646_revA-AllegatoK-L1_Illuminazione
R1 - Installazione impianto fotovoltaico		DE_Lotto.1-E1646_revA-AllegatoK-R1_Installazione impianto fotovoltaico

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Piano economico finanziario due scenari		DE_Lotto.1_E1646_revB-AllegatoL-AnalisiPEF

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark		DE_Lotto.1-E1646_revA-Allegato M_Benchmark

## **ALLEGATO N – CD-ROM**

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