

# SC. MATERNA ST. ED ELEMENTARE "S.PAOLO" E SC. MEDIA "BERTANI"

E1671

VIA FRANCESCA SAVERIO CABRINI, 2 – 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

**SC. MATERNA ST. ED ELEMENTARE  
“S.PAOLO” E SC. MEDIA “BERTANI”  
E1671**

**VIA FRANCESCA SAVERIO CABRINI, 2– 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	18/04/2018	Ing. G. De Pin	Ing. S. Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Prima emissione del documento di diagnosi energetica
B	03/08/2018	Ing. G. De Pin	Ing. S. Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Seconda emissione del documento di diagnosi energetica

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

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

## INDICE

## PAGINA

<b>REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI .....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>I</b>
<b>PAGINA.....</b>	<b>I</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1 PREMessa .....	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	6
<b>2 DATI DELL’EDIFICIO.....</b>	<b>7</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO .....	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO .....	10
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>12</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	13
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>15</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	16
<b>FIGURA 4.3 - PARTICOLARE DEGLI INFISSI CON TELAIO IN ALLUMINIO E VETROCAMERA. ....</b>	<b>16</b>
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> .....	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	24
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA .....	24
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	25
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	25
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE .....	26
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>27</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	27
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	27
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	30
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	34
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>38</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	38
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	39
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	40
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42



<b>7</b>	<b>ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO</b>	<b>44</b>
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	44
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	44
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	46
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI	49
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI	50
7.4	BASELINE DEI COSTI	51
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA</b>	<b>53</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	53
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	53
	<b>EEM1: COIBENTAZIONE ESTERNA PARETI VERTICALI</b>	<b>53</b>
	<b>EEM2: COIBENTAZIONE ESTERNA COPERTURA</b>	<b>55</b>
	8.1.2 <i>Impianto riscaldamento</i>	57
	<b>EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI</b>	<b>57</b>
	<b>EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE</b>	<b>59</b>
	8.1.3 <i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	60
	8.1.4 <i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i>	60
	8.1.5 <i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	61
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI INTERNI</b>	<b>61</b>
	8.1.6 <i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	63
	<b>EEM6: INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b>	<b>63</b>
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA</b>	<b>66</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	66
	<b>EEM1: COIBENTAZIONE ESTERNA PARETI VERTICALI</b>	<b>66</b>
	<b>EEM2: COIBENTAZIONE ESTERNA COPERTURA</b>	<b>66</b>
	<b>EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI</b>	<b>67</b>
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI</b>	<b>68</b>
	<b>EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE</b>	<b>69</b>
	<b>EEM6: INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b>	<b>70</b>
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	71
	<b>EEM1: COIBENTAZIONE ESTERNA PARETI VERTICALI</b>	<b>72</b>
	<b>EEM2: COIBENTAZIONE ESTERNA COPERTURA</b>	<b>73</b>
	<b>EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI</b>	<b>74</b>
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI INTERNI</b>	<b>75</b>
	<b>EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE</b>	<b>76</b>
	<b>EEM6: INSTALLAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b>	<b>77</b>
	<b>SINTESI</b>	<b>78</b>
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	79
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM1+EEM3+EEM4+EEM5</i>	81
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5+EEM6</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 .....	95
10.3	RACCOMANDAZIONI .....	97
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	99
<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		1936
Anno di ristrutturazione		2004
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7: Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. E.6 (2): Edifici adibiti ad attività sportive: palestre e assimilabili.
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2.130
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	4.246
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	12.660
Rapporto S/V	[1/m]	0,34
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	3.665
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.086
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	4.751
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento di tipo tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	465,2
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Assente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Produzione autonoma con boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	60,137
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	239.323
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	18.646
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	25.254
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.185

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione esterna pareti verticali
- EEM 2: Coibentazione esterna copertura
- EEM 3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 4: Sostituzione corpi illuminanti
- EEM 5: Sostituzione del generatore di calore
- EEM 6: Installazione impianto fotovoltaico
- SCN 1: EEM1+EEM3+EEM4+EEM5
- SCN 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5+EEM6

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ <sub>E</sub> [%]	%Δ <sub>CO2</sub> [%]	ΔC <sub>E</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MO</sub> [€/anno]	ΔC <sub>MS</sub> [€/anno]	I <sub>0</sub> [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM1	37,8%	34,6%	8.087	0	0	159.395	10,6	15,6	30	50.230	7,5%	0,32		
EEM2	4,9%	4,4%	1.022	0	0	48.637	22,8	35,8	30	-8.106	1,6%	-0,17		
EEM3	50,4%	45,3%	10.540	-17	-14	8.989	0,8	0,8	15	94.608	121%	10,53		
EEM4	1,7%	3,6%	944	0	9	23.612	12,8	17,1	15	-3.008	1,1%	-0,13		
EEM5	7,7%	7,0%	1.647	17	14	26.833	8,7	11,9	15	2.168	5,6%	0,08		

EEM6	4,5%	9,3%	3.388	-86	-23	54.821	15,7	23,3	20	-7.928	2,1%	-0,14
SCN1	71,3%	66,1%	15.498	0	9	218.829	6,89	9,69	15	38.739	7,61%	0,18 1,22 1,03
SCN2	77,2%	75,7%	18.897	-86	-14	322.287	10,84	17,02	25	44.419	6,01%	0,14 1,12 1,10

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

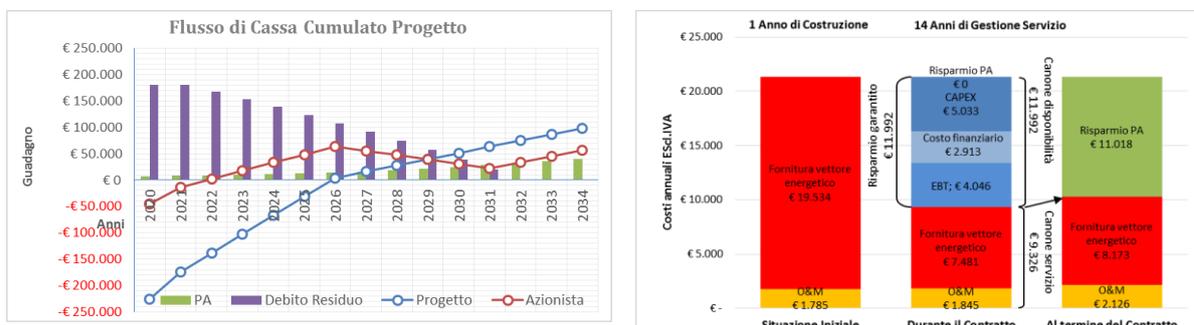


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



L’edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in discrete condizioni, almeno per quanto riguarda le aree utilizzate della struttura. Dall’intervista eseguita agli occupanti della struttura non sono emerse particolari criticità relative all’impianto termico o all’involucro edilizio.

La struttura risale agli anni Trenta del secolo scorso e si può notare come abbia subito nel corso degli anni varie ristrutturazioni edilizie, fra cui la sostituzione dei serramenti dei piani dal primo al quinto nel 2004.

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 buon numero di interventi volti a ridurre il fabbisogno di energia avendo l’edificio ampi margini di miglioramento, nonostante che parte delle misure proposte non siano economicamente vantaggiose se prese singolarmente e considerando i prezzi assunti per la valutazione.

Nei due scenari individuati invece la situazione prospettata è diversa, infatti nello SCN 2 si ha la realizzazione di una riqualificazione energetica completa che permetterebbe un salto di 5 classi energetiche all’edificio. Il VAN a 25 anni risulta positivo e la coibentazione della copertura e l’installazione dell’impianto fotovoltaico, non vantaggiosi se presi singolarmente, invece si prestano ad essere effettuati in combinazione, richiedendo per queste due opere un cantiere comune.

Nello SCN 1 il VAN a 15 anni è positivo rendendo molto appetibile l’investimento finanziario per la realizzazione degli interventi. In questo caso l’aver eliminato dalla valutazione le misure che portano a basse migliorie nelle performance energetiche e l’intervento di produzione fotovoltaica, che si basa su costi eccessivi rispetto a quelli attuali di mercato, permette di ottenere una buona prospettiva sia dal punto di vista energetico sia da quello economico-finanziario.

## 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"

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Sud-Est



### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

Per DE del sistema edificio-impianto s'intende pertanto una procedura sistematica finalizzata alla conoscenza degli usi finali di energia con l'individuazione e l'analisi delle eventuali inefficienze o criticità energetiche di un edificio e degli impianti presenti al suo interno.

La presente DE si inserisce in questo contesto ed analizza, pertanto, le possibili soluzioni tecniche e contrattuali, che potrebbero portare alla realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica volti ad una riduzione dei consumi e ad un conseguente abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

La DE è, inoltre, il principale strumento per la valutazione della fattibilità tecnica ed economica di **misure di miglioramento dell'efficienza energetica (Energy Efficiency Measures - EEM)** negli edifici e rappresenta un valido punto di partenza per la realizzazione di **contratti di prestazione energetica (Energy Performance Contract – EPC)**.

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

### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società Nier Ingegneria S.p.A. 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. Giuliano De Pin		Sopralluogo in sito
Ing. Giuliano De Pin		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Giuliano De Pin		Elaborazione dei dati geometrici e creazione del modello energetico
Ing. Giuliano De Pin		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

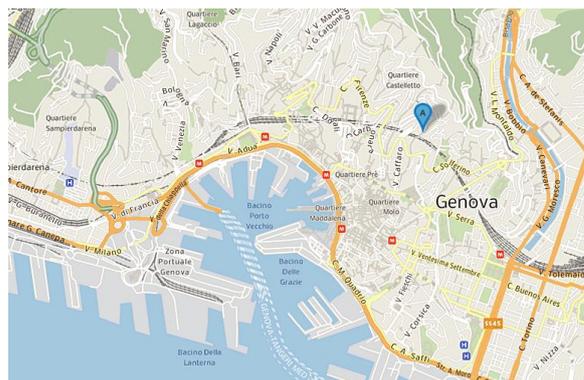
## 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU in Sez. GEC F. 12 Mapp. 551 Sub. 0, è sito nel Comune di Genova e più precisamente nella circoscrizione di Castelletto.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola Secondaria di Primo Grado, Scuola Primaria e Scuola dell'Infanzia.

Dalla visura catastale risulta che l'immobile appartiene alla categoria catastale B/5 (Scuole e laboratori scientifici).

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio (Fonte: Tutto Città)



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		1936
Anno di ristrutturazione		2004
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7: Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. E.6 (2): Edifici adibiti ad attività sportive: palestre e assimilabili.
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2.130
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	4.246
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	12.660
Rapporto S/V	[1/m]	0,34
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	3.299
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	3.665
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	1.086
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	4.751

Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento di tipo tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	465,2
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Assente
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Produzione autonoma con boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	60,137
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>tt</sub> /anno]	239.323
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	18.646
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	25.254
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	5.185

Nota (1): Valori di Baseline

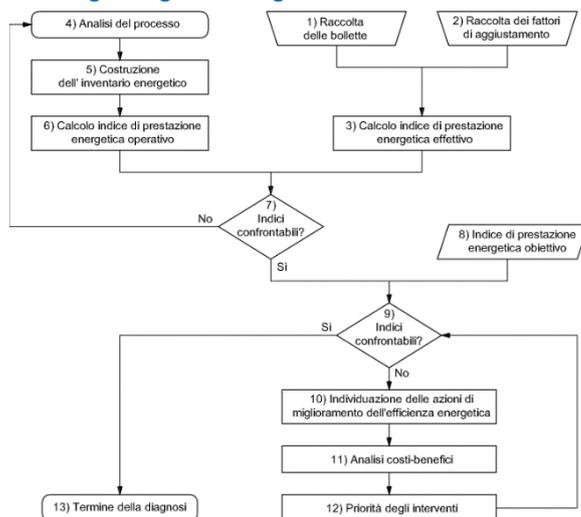
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza; **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 06/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per AgeSi, 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 del Centro Funzionale e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>rif</sub>);
- Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.

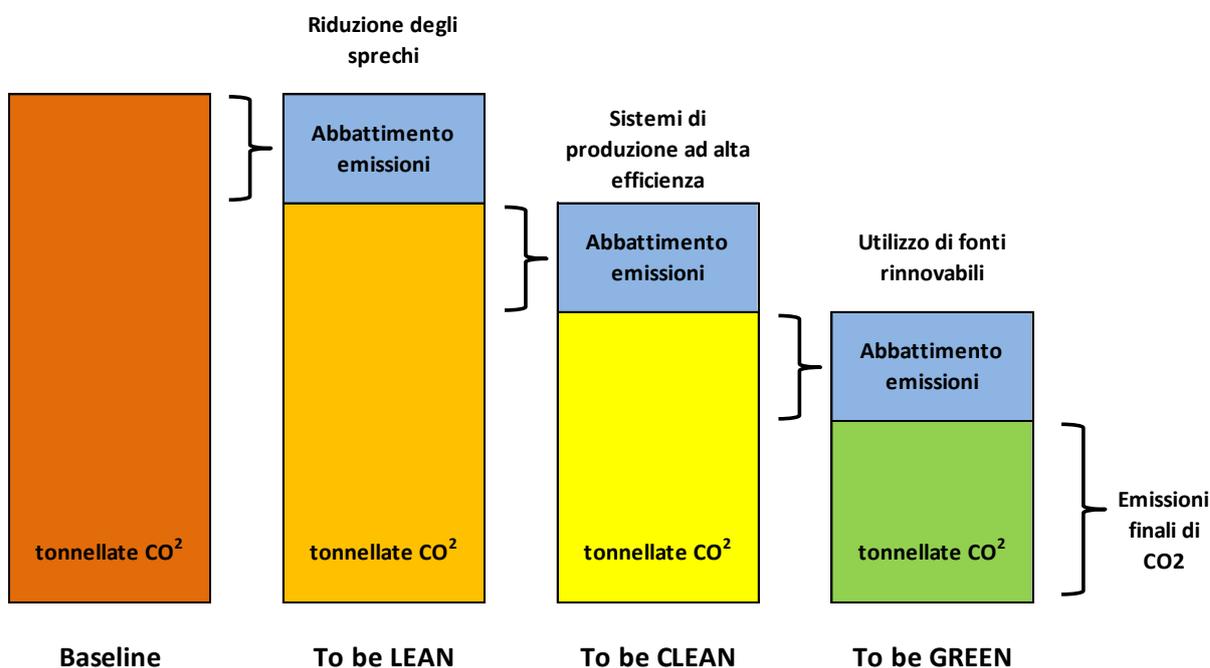
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub>, secondo tre livelli consequenziali:

- **To be Lean:** Utilizzo di EEM che limitino gli sprechi ed ottimizzino il funzionamento del sistema edificio-impianto (es: illuminazione a led, coibentazione strutture, efficientamento serramenti, termoregolazione, variazioni nelle modalità di utilizzo, ecc.);
- **To be Clean:** Aumento dell'efficienza dei sistemi di produzione in loco dell'energia tramite lo sfruttamento di tecnologie ad alto rendimento (es: sostituzione generatore di calore con uno ad alta efficienza, chiller ad alta efficienza, teleriscaldamento, teleraffrescamento, cogenerazione);
- **To be Green:** Produzione di energia da fonti rinnovabili (es: pompe di calore, fotovoltaico, ecc.).

Secondo questo modello di gerarchia energetica non è raccomandato riqualificare gli impianti di generazione della climatizzazione e gli impianti rinnovabili se non a partire da rinnovate e ridotte condizioni del fabbisogno energetico, conseguenti all'adozione di EEM preliminari atte a ridurre il fabbisogno 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:

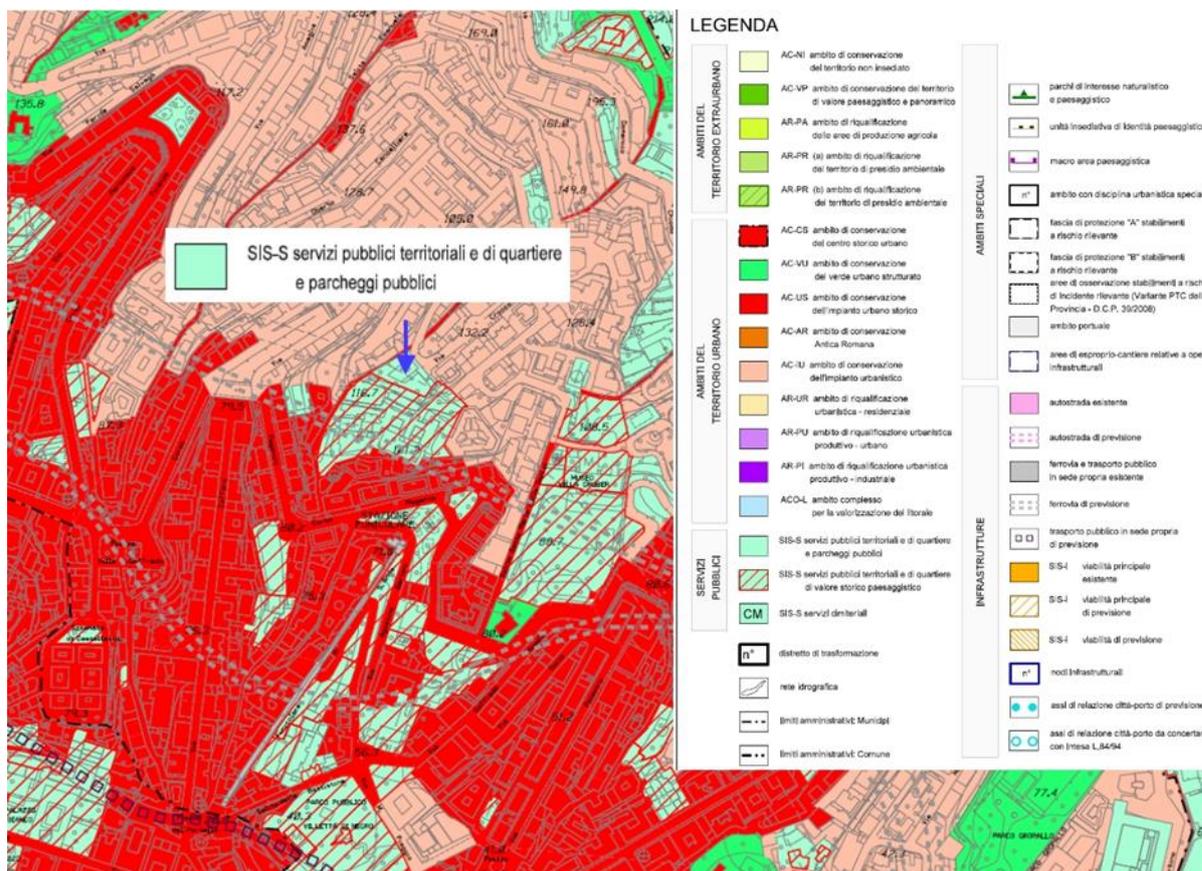
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 risale agli anni Trenta del XX secolo e l'ultima ristrutturazione importante risale al 2004 quando è stata sostituita parte dei componenti finestrati. Attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili e E.6 (2): Edifici adibiti ad attività sportive: palestre e assimilabili, viste le due palestre scolastiche presenti.

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

La Scuola dell'Infanzia ospita circa 85 persone fra alunni e personale, mentre la Scuola Primaria e la Scuola Secondaria ne ospitano rispettivamente 125 e 210.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 6 piani fuori terra più una sopraelevazione centrale in copertura, occupati da aule scolastiche e palestre, e da un livello interrato utilizzato come deposito.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(2)</sup>
Interrato	Magazzino, Deposito	[m <sup>2</sup> ]	377	0	-
Terra	Palestre scuola primaria e secondaria	[m <sup>2</sup> ]	644	505	-
Terra alto	Palestre sc. Prim. e Sec. e sala gioco sc. dell'infanzia	[m <sup>2</sup> ]	633	49	-
Primo	Ingresso, Scuola dell'Infanzia	[m <sup>2</sup> ]	490	387	-
Secondo	Scuola Primaria	[m <sup>2</sup> ]	490	385	-
Terzo	Scuola Primaria e Scuola Secondaria	[m <sup>2</sup> ]	490	381	-
Quarto	Scuola Secondaria	[m <sup>2</sup> ]	490	385	-
Quinto	Locali tecnici	[m <sup>2</sup> ]	51	38	-
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>3665</b>	<b>2130</b>	<b>-</b>

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 si trova nell'ex circoscrizione di Castelletto, un quartiere residenziale situato sulle alture che sovrastano il centro storico di Genova, compreso tra i quartieri Prè, Maddalena, Portoria e San Vincenzo a sud, Oregina a ovest e tre quartieri della Val Bisagno (San Fruttuoso, Marassi e Staglieno) a est.

L'ex circoscrizione "Castelletto" fa parte del Municipio I Centro Est e comprende le unità urbanistiche "Castelletto", "Manin" e "San Nicola".

La massiccia urbanizzazione di quest'area risale alla seconda metà dell'Ottocento.

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 né a vincoli architettonici né paesaggistici.

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

Nell'analisi delle EEM non 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
EEM1 – Cappotto esterno pareti verticali	-		-
EEM2 – Coibentazione esterna copertura	-		-
EEM3 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili	-		-
EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti	-		-
EEM5 – Sostituzione del generatore di calore	-		-
EEM6 – Installazione impianto fotovoltaico	-		-

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.

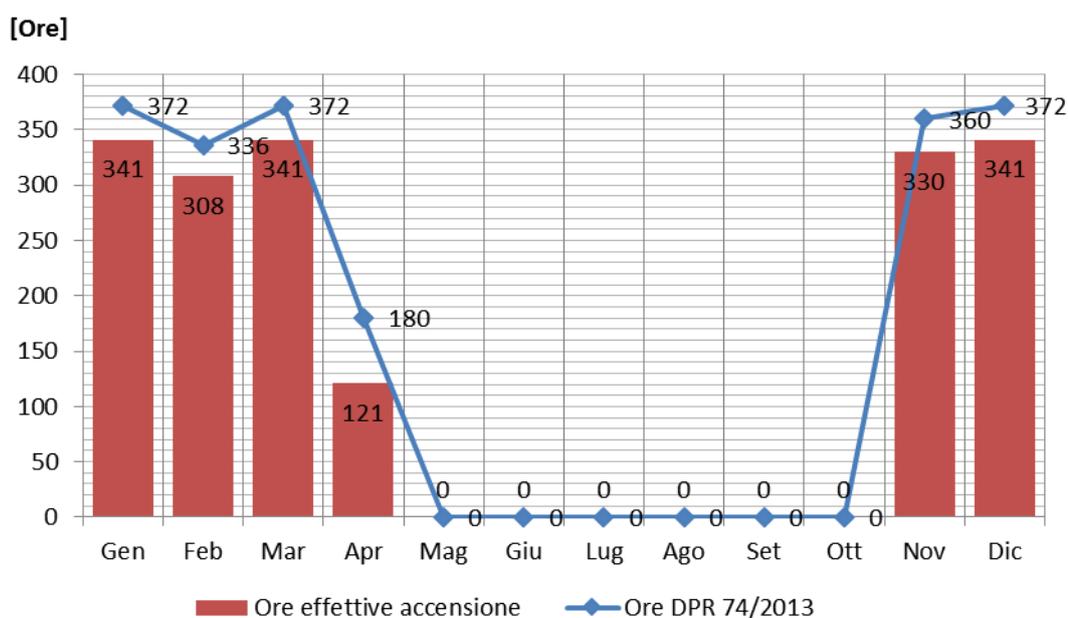
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati dalle apparecchiature presenti nella centrale termica a servizio della scuola.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Settembre - Ottobre	Da Lunedì a Venerdì	7.30 – 18.30	Spento
	Sabato e Domenica	Chiuso	Spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Da Lunedì a Venerdì	7.30 – 18.30	6.30 – 17.30
	Sabato e Domenica	Chiuso	Spento
Dal 16 Aprile a Giugno	Da Lunedì a Venerdì	7.30 – 18.30	Spento
	Sabato e Domenica	Chiuso	Spento
Luglio	Da Lunedì a Venerdì	7.30 – 17.00	Spento
	Sabato e Domenica	Chiuso	Spento
Agosto	Da Lunedì a Venerdì	Chiuso	Spento
	Sabato e Domenica	Chiuso	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 e non presentano particolari criticità.

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

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

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

### 3 DATI CLIMATICI

#### 3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

Tali temperature sopra indicate sono quelle utilizzate per la creazione del modello energetico termico, a cui corrispondono 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 890 GG calcolati su 105 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG<sub>rif</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

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

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
<b>Gennaio</b>	31	10,4	31	298	18	18	173	19%
<b>Febbraio</b>	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
<b>Marzo</b>	31	11,1	31	276	21	21	187	21%
<b>Aprile</b>	30	15,3	15	71	20	11	56	6%
<b>Maggio</b>	31	18,7	-	-	21	-	-	0%
<b>Giugno</b>	30	22,4	-	-	20	-	-	0%
<b>Luglio</b>	31	24,6	-	-	21	-	-	0%
<b>Agosto</b>	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
<b>Settembre</b>	30	22,2	-	-	20	-	-	0%
<b>Ottobre</b>	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
<b>Novembre</b>	30	13,3	30	201	20	20	134	15%
<b>Dicembre</b>	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>217</b>	<b>105</b>	<b>890</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.

Da una ricerca sulle 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 s.l.m.

Nell'edificio oggetto di diagnosi, posto ad un'altitudine di circa 115 m s.l.m., sono stati utilizzati i dati climatici rilevati dalla centralina meteo del Centro Funzionale, in quanto le condizioni climatiche sono più simili rispetto alla centralina di Castellaccio posta a circa 360 m sul livello del mare.

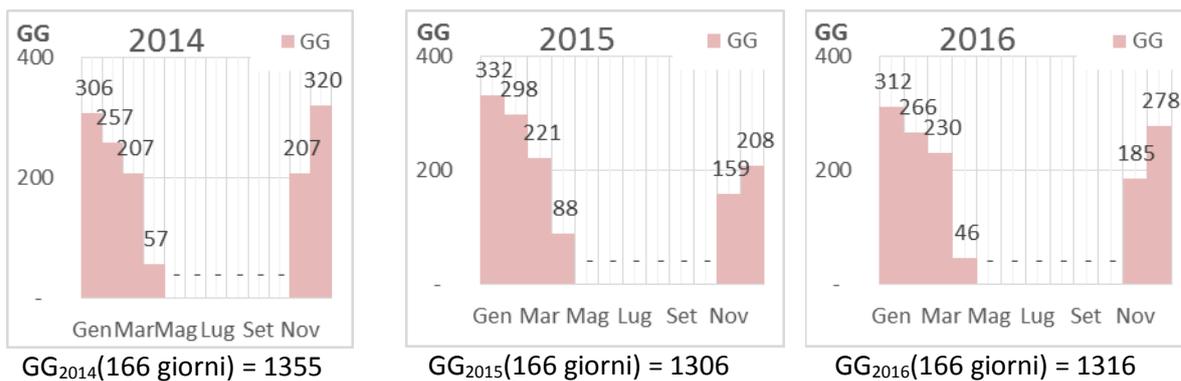
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



### 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

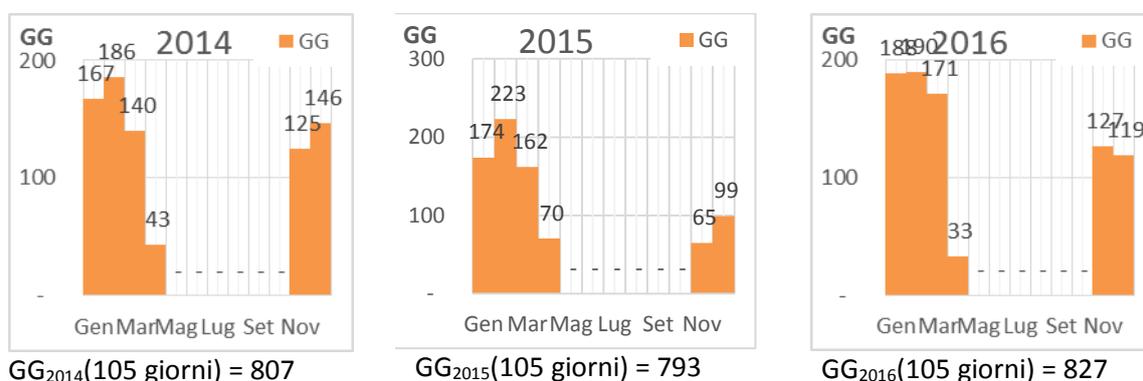


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 809 GG calcolati su 105 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG<sub>real</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

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, seppur minime, nel periodo considerato e si attesta 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 composto da un unico blocco strutturale, le cui pareti verticali sono caratterizzate da telaio in calcestruzzo armato e tamponamenti in mattoni pieni e debitamente intonacate.

La struttura risulta omogenea senza particolari discontinuità.

La copertura dell'edificio è completamente verso esterno; si tratta di una copertura piana realizzata in latero-cemento non coibentata, rivestita con guaina impermeabilizzante.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro; in evidenza i piani sfalsati e l'intercapedine

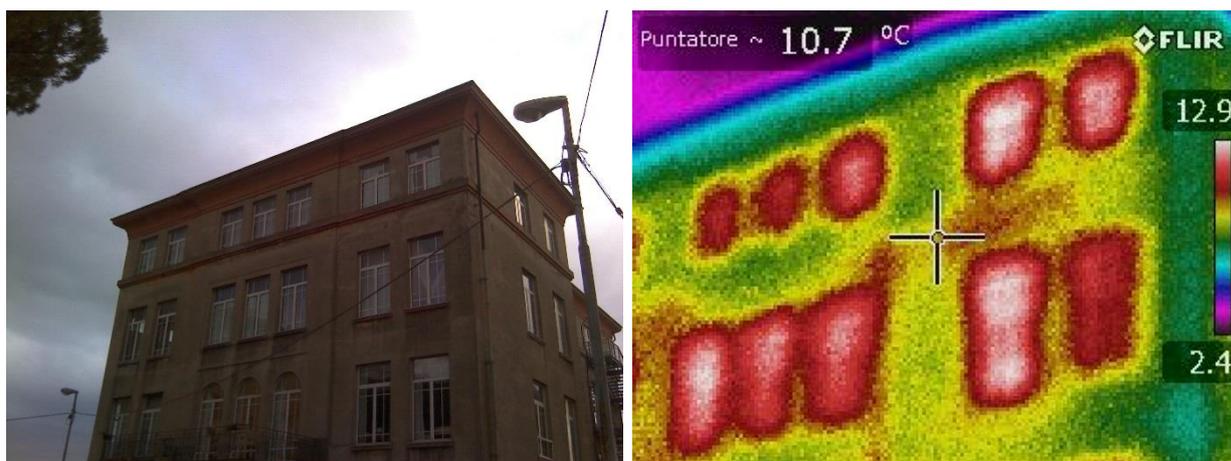


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Non sono state rilevate particolari discontinuità nella struttura edilizia, con presenza di significativi ponti termici

Figura 4.2 – Rilievo termografico della parete esterna Nord-Est



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

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 TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Muro verso esterno 42 cm	M1	420,0	Assente	1,352	Sufficiente
Muro verso non climatizzato	M2	200,0	Assente	1,587	Sufficiente
Porta tagliafuoco	M3	64,0	Presente	0,465	Sufficiente
Porta in legno	M4	80,0	Assente	1,136	Sufficiente
Vetrate verso non climatizzato	M5	4,0	Assente	3,788	Sufficiente
Porta alluminio	M6	44,0	Presente	0,683	Sufficiente
Pavimento contro terra palestra	P1	436,0	Assente	0,453	Sufficiente
Pavimento contro terra spogliatoi	P2	436,0	Assente	0,845	Sufficiente
Pavimento verso non climatizzato	P3	435,0	Assente	1,390	Sufficiente
Copertura	S1	450,0	Assente	1,328	Sufficiente
Terrazzo	S2	480,0	Assente	1,257	Sufficiente
Controsoffitto cartongesso	S3	20,0	Assente	3,387	Sufficiente

L’elenco completo dei componenti dell’involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell’Allegato J – Schede di audit e nell’**Errore**. **L’origine riferimento non è stata trovata.**

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto per la maggior parte da serramenti con telaio in alluminio e vetro camera 6/13/6, installati in occasione della ristrutturazione del 2004. Essi costituiscono i componenti finestrati dei piani in cui sono presenti le aule dei tre istituti scolastici ospitati nella struttura, ossia dei piani dal primo al quarto. Lo stato di conservazione degli stessi è abbastanza buono. Per quanto riguarda i piani terra e terra-alto in cui sono presenti le due palestre e alcuni altri locali si riscontrano principalmente serramenti con telaio in acciaio e vetro singolo da 3 mm; sono altresì presenti serramenti in legno con vetro singolo e all’interno della palestra della scuola media una porzione di parete è occupata da una vetrata tipo U-glass. Lo stato di conservazione di questi infissi risulta piuttosto scadente.

Figura 4.3 - Particolare degli infissi con telaio in alluminio e vetrocamera.



Figura 4.4 – Infisso con telaio in acciaio e vetro singolo zona palestre.



Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione del rilievo termografico.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli infissi presentano un comportamento normale con presenza di ponte termico perimetrale
- Il grado di isolamento offerto dagli infissi in vetrocamera è sufficiente.
- Il grado di isolamento offerto dagli infissi con vetro singolo è insufficiente e dovrebbe essere migliorato.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti esterni facciata Nord-Est



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

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	ALTEZZA	LARGHEZZA	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA - U <sub>w</sub> [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
		[mm]	[mm]				
Finestra 150x215	W1	150,0	150,0	Alluminio	Doppio	2,850	Discreto
Finestra 120x215	W2	150,0	120,0	Alluminio	Doppio	2,897	Discreto
Finestra 75x215	W3	150,0	75,0	Alluminio	Doppio	2,875	Discreto
Finestra vano scala (sl tonda) 120x300	W4	240,0	120,0	Alluminio	Doppio	2,889	Discreto
Finestra vano scala (sl tonda) 150x280	W5	205,0	150,0	Alluminio	Doppio	2,835	Discreto
Finestra 150x280	W6	215,0	150,0	Alluminio	Doppio	2,827	Discreto
Finestra 120x280	W7	215,0	120,0	Alluminio	Doppio	2,879	Discreto
Finestra 75x280	W8	215,0	75,0	Alluminio	Doppio	2,846	Discreto
Porta-finestra (sl tonda) 150x380	W9	305,0	150,0	Alluminio	Doppio	2,847	Discreto
Finestra (sl tonda) 50x280	W10	205,0	150,0	Alluminio	Doppio	2,835	Discreto
Finestra 90x280	W11	215,0	90,0	Alluminio	Doppio	2,808	Discreto
Finestra 120x285	W12	215,0	120,0	Alluminio	Doppio	2,875	Discreto
Finestra 140x215	W13	150,0	140,0	Alluminio	Doppio	2,863	Discreto
Finestra 160x290	W14	225,0	160,0	Alluminio	Doppio	2,811	Discreto
Finestra vano scala (sl tonda) 150x90	W15	10,0	150,0	Alluminio	Doppio	3,111	Discreto
Sopraluce porta refettorio	W16	77,0	120,0	Alluminio	Singolo	4,210	Discreto
Porta-finestra ingresso est 150x380	W17	305,0	150,0	Alluminio	Singolo	5,759	Discreto
Porta-finestra 200x385	W18	310,0	200,0	Alluminio	Doppio	4,641	Discreto
Porta-finestra fronte ct 90x275	W19	240,0	90,0	Alluminio	Doppio	3,995	Discreto

Finestra locali palestra 180x180	W20	180,0	180,0	Acciaio	Singolo	5,122	Scadente
Finestra locali palestra 150x160	W21	160,0	150,0	Acciaio	Singolo	5,136	Scadente
Finestra locali palestra 140x106	W22	106,0	140,0	Acciaio	Singolo	5,218	Scadente
Finestra legno 110x65	W23	65,0	110,0	Legno	Singolo	3,727	Scadente
Finestra legno 70x80	W24	80,0	70,0	Legno	Singolo	3,888	Scadente
Finestra legno 110x180	W25	180,0	110,0	Legno	Singolo	4,088	Scadente
Finestra legno 160x160	W26	160,0	160,0	Legno	Singolo	4,139	Scadente
Finestra locali palestra 140x180	W27	180,0	140,0	Acciaio	Singolo	5,174	Scadente
Porta-finestra vd 120x240	W28	240,0	120,0	Alluminio	Doppio	3,652	Discreto
Porta-finestra vs 120x240	W29	240,0	120,0	Acciaio	Singolo	5,916	Scadente
Finestra legno 70x200	W30	200,0	70,0	Legno	Singolo	3,737	Scadente
Finestra legno 150x220	W31	200,0	153,0	Alluminio	Singolo	4,181	Scadente
Finestra U-glass 320x290	W32	290,0	320,0	Alluminio	Doppio	2,747	Sufficiente

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'Errore. **L'origine riferimento non è stata trovata.** Si fa notare che in tabella l'altezza dell'infisso è priva della quota relativa alla sopra-luce; inoltre i serramenti con parte superiore semicircolare sono stati modellati con un serramento rettangolare di pari superficie.

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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto ad acqua alimentato da una caldaia a basamento di tipo tradizionale a gas naturale

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa e acciaio

I terminali di cui sopra sono per la maggior parte posizionati su parete esterna non isolata.

In fase di sopralluogo è stata verificata anche la presenza di un aerotermo all'interno dei servizi igienici della scuola materna; a seguito di intervista al personale ausiliario si è riscontrato che il suo funzionamento durante il periodo invernale è talmente ridotto che se ne è trascurato il contributo in fase di modellazione.

Figura 4.6 – Particolare radiatore.



Figura 4.7 - Particolare radiatore in ghisa con protezione



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 <sup>(1)</sup>
Tutte	Radiatori in ghisa o acciaio	90,3%

Nota (1): Valore ricavato da modellazione energetica

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.4; tali caratteristiche sono state recepite dalla documentazione fornita dalla PA e verificate in sede di sopralluogo. Dalla modellazione energetica eseguita con software certificato Edilclima si è ottenuto un valore globale di potenza installata per l'emissione pari a 190 kW, considerando un salto termico nominale lato aria di 50°C e lato acqua di 10°C; tale valore risulta in linea con quanto riportato in tabella.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA <sup>(1)</sup>	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Interrato	-	0	0	0	-	-
Terra	A parete	18	0,79 – 2,36	28,51	-	-
Terra Alto	A parete	3	1,03 – 2,3	4,41	-	-
Primo	A parete	21	0,63 - 4,05	43,44	-	-
Secondo	A parete	21	0,71 – 3,24	45,73	-	-
Terzo	A parete	17	0,71 – 3,65	35,5	-	-
Quarto	A parete	20	0,95 – 2,7	35,97,	-	-
Quinto	-	0	0	0	-	-
<b>TOTALE</b>		<b>100</b>	-	<b>193,56</b>	-	-

Nota (1): Potenze ricavate dalle checklist sull'impianto termico fornite dalla PA

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell’impianto avviene attraverso cronotermostato con orari pre-impostati, inoltre in centrale termica è presente un sistema di telegestione e telecontrollo dotato anche di una centralina climatica con sonda esterna.

Figura 4.8 – Quadro sistema di telegestione

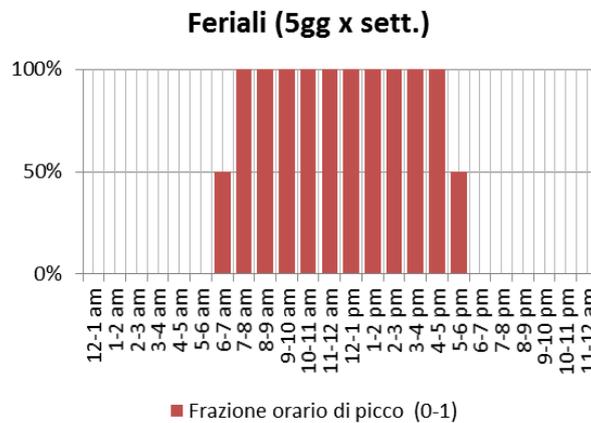


Figura 4.9 – Quadro di regolazione impianto.



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

Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale feriale dell’impianto per tutte le zone termiche



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

I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO <sup>(1)</sup>
Tutte	Solo climatica (compensazione con sonda esterna)	75,1%

Nota (1): Valore ricavato da modellazione energetica

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

#### 4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito primario di collegamento tra la caldaia ed i due collettori caldo e freddo (fluido termovettore acqua) e successiva mandata ai terminali a radiatore

1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione gemellare a velocità fissa, a servizio del circuito di distribuzione. Ai collettori di mandata caldo e freddo è collegato un singolo ramo, non provvisto di circolatori dedicati.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME		SERVIZIO	PORTATA <sup>(1)</sup> [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA <sup>(1)</sup> [kPa]	POTENZA ASSORBITA <sup>(1)</sup> [kW]
Caldaia a basamento	EG01	Riscaldamento	0 - 51	8,8 – 62,8	0,35 – 0,73
TOTALE			0 - 51	8,8 – 62,8	0,35 – 0,73

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

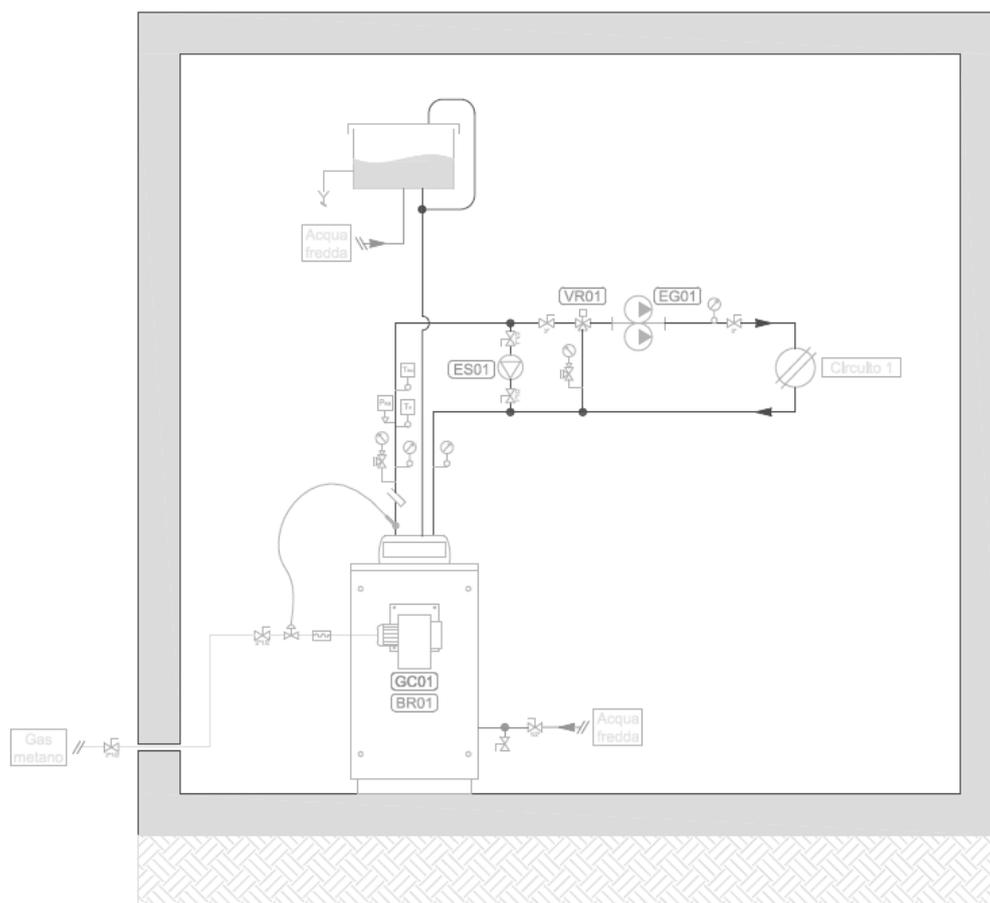
CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA <sup>(2)</sup> °C	TEMPERATURA CALCOLO <sup>(1)</sup> °C
Caldaia a basamento	Mandata	Caldo	58	80
	Ritorno	Caldo	45	60

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo in condizioni di progetto

Nota (2): Valori rilevati il giorno 06/12/2017 in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 12°C

La differenza fra temperature rilevate e temperature di calcolo dipende dalla presenza della regolazione di caldaia mediante curva climatica e sonda esterna di temperatura. Le condizioni di progetto sono riferite ad una temperatura esterna di 0°C.

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 153-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è risultato nella DE pari al 98,4%, così come ricavato da modellazione energetica mediante software certificato Edilclima.

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 basamento di tipo tradizionale alimentata a gas naturale, che produce acqua calda dedicata al servizio di riscaldamento invernale.

Il generatore è inoltre equipaggiato con un bruciatore ad aria soffiata Baltur TBG 60P con potenza massima di 600 kW. Entrambi i dispositivi sono in sufficiente stato di conservazione.

Figura 4.12 – Particolare del generatore di calore a basamento e del relativo bruciatore.



Figura 4.13 - Particolare della pompa gemellare per la distribuzione dell'acqua calda per il riscaldamento.



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche caldaia

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE <sup>(1)</sup>	POTENZA TERMICA UTILE <sup>(1)</sup>	RENDIMENTO <sup>(1)</sup>	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA <sup>(1)</sup>
				[kW]	[kW]		[kW]
GC01 Riscaldamento	ECOFLAM	ECOMAX C	1997	465,2	421	90,1%	1,3

Nota (1). Valori ricavati dai dati di targa

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è risultato nella DE pari al 89,8%, così come ricavato da modellazione energetica mediante software certificato Edilclima. Risulta inferiore rispetto al valore ottenuto dall'ultima prova fumi eseguita sull'impianto nel 2017 e pari a 94,1%.

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 non è particolarmente significativo, considerando le destinazioni d'uso dell'edificio oggetto di diagnosi energetica. Tuttavia la presenza di una Scuola dell'Infanzia va ad aumentare in modo non trascurabile il consumo di acqua calda sanitaria rispetto ad una situazione in cui siano presenti soltanto le Scuole Primaria e Secondaria.

La produzione è eseguita tramite 5 bollitori elettrici ad accumulo, a servizio dei quattro piani che ospitano le aule scolastiche, per una potenza elettrica totale installata di 6,9 kW.

Figura 4.14 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di ACS



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE <sup>(1)</sup>	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE <sup>(1)</sup>	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO <sup>(1)</sup>	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO <sup>(1)</sup>	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE <sup>(1)</sup>	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE <sup>(1)</sup>
100%	92,6%	-	-	75%	35,6%

Nota(1). Valori ricavati da modellazione energetica

Il rendimento globale medio stagionale riportato in tabella è riferito all'energia primaria non rinnovabile.

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

### 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Non sono presenti impianti per la climatizzazione estiva.

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

Non sono presenti impianti di ventilazione meccanica

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

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

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Tutte	LIM + PC	19	400	7600	1200
	PC	15	100	1500	600
	Fotocopiatrice	2	1200	2400	6000
	Stampante	2	200	400	6000
	Scaldavivande	2	1000	2000	600
	Router	4	50	200	6000
	Rack rete	1	200	200	6000
	Frigorifero	1	500	500	6000
	Stereo	2	50	100	600
	Tastiera/Pianola elettrica	7	100	700	200
	Distributore bevande calde	1	600	600	6000

Le potenze nominali riportate in tabella sono state rimodulate per il calcolo del fabbisogno elettrico delle apparecchiature attraverso un fattore di carico adeguato.

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

#### 4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito quasi esclusivamente da lampade a fluorescenza di tipo T8. Sono stati rilevati faretto alogeni nei locali della Palestra Elementari. Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a fluorescenza 1x18W
- Lampade a fluorescenza 1x36W
- Lampade a fluorescenza 1x58W
- Faretto alogeni 100W

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti a fluorescenza tipo T8 2x36W



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Scuola Media	Fluorescente T8 1x18W	3	1x18	54
Scuola Media	Fluorescente T8 1x36W	13	1x36	468
Scuola Media	Fluorescente T8 1x58W	4	1x58	232
Scuola Media	Fluorescente T8 2x36W	37	2x36	2664
Scuola Elementare	Fluorescente T8 1x36W	3	1x36	108
Scuola Elementare	Fluorescente T8 1x58W	1	1x58	58
Scuola Elementare	Fluorescente T8 2x36W	37	2x36	2664
Scuola Materna	Fluorescente T8 1x18W	3	1x18	54
Scuola Materna	Fluorescente T8 1x36W	3	1x36	108
Scuola Materna	Fluorescente T8 1x58W	1	1x58	58
Scuola Materna	Fluorescente T8 2x36W	35	2x36	2520
Palestra Media	Fluorescente T8 1x36W	1	1x36	36
Palestra Media	Fluorescente T8 1x58W	2	1x58	116
Palestra Media	Fluorescente T8 2x36W	8	2x36	576
Palestra Elementare	Faretti Alogeni	3	100	300
Palestra Elementare	Fluorescente T8 2x36W	6	2x36	432

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.

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare come i corpi illuminanti siano in buono stato di conservazione.

Figura 4.16 - Particolare dei faretti alogeni



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

Non sono presenti impianti per la produzione di energia elettrica o cogenerazione.

## 5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas naturale;
- Energia elettrica.

#### 5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il gas naturale.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [kWh/kg]	DENSITÀ [kWh/Sm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Nm <sup>3</sup> ]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> ]	PCI [kWh/Sm <sup>3</sup> ]
Metano	n/a	n/a	9,94 <sup>(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 1 contatore il quale risultato a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento dell'intero edificio

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

L'analisi dei consumi storici di gas naturale si basa sui m<sup>3</sup> di gas rilevati annualmente dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento e forniti dalla PA nel file kyotoBaseline-EXXXX.

Tali consumi sono riportati nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.** con indicazione dei PDR di riferimento.

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270038178541	Riscaldamento	19.426	24.227	25.632	182.993	228.218	241.453

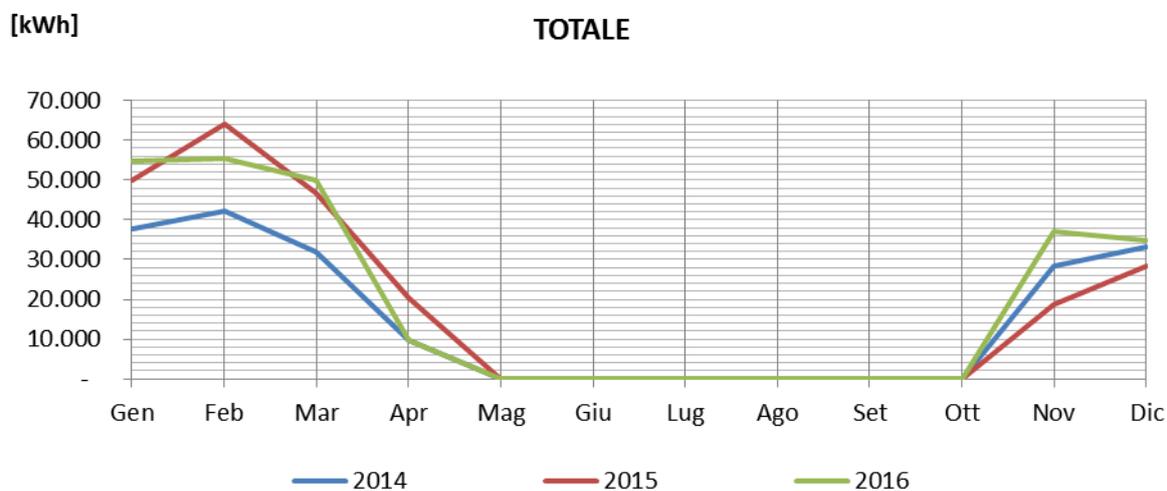
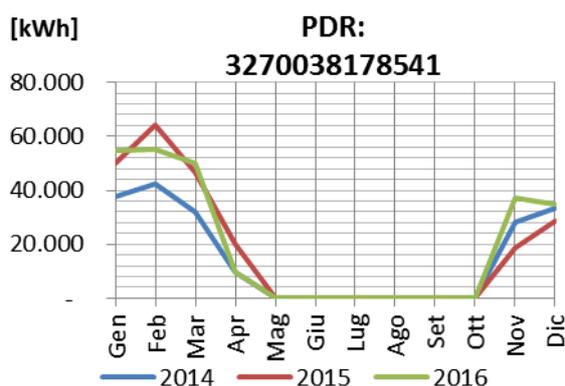
Data l'indisponibilità della fatturazione per il consumo di gas naturale, si è provveduto alla valutazione dei consumi nel triennio di riferimento ridistribuendoli sulla base dei gradi giorno reali illustrati precedentemente, utilizzando i consumi forniti alla PA da parte della società di distribuzione. I consumi redistribuiti sono riportati nella Tabella 5.3.

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

PDR: 3270038178541	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.017	5.310	5.827	37.837	50.018	54.895
Febbraio	4.479	6.819	5.872	42.192	64.235	55.318
Marzo	3.377	4.943	5.295	31.814	46.565	49.875
Aprile	1.031	2.151	1.025	9.709	20.260	9.660
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	3.003	1.977	3.928	28.287	18.620	37.005
Dicembre	3.519	3.028	3.684	33.153	28.520	34.700
Totale	19.426	24.227	25.632	182.993	228.218	241.453

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 19.426 Sm<sup>3</sup> del 2014 e un valore massimo prelevato di 25.632 Sm<sup>3</sup> nel 2016. Confrontando l'andamento dei consumi con i GG<sub>real</sub> del triennio di riferimento si può notare che non esiste una chiara correlazione fra i consumi e i gradi giorno.

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

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

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

Dove:

GG<sub>real,i</sub> = 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<sub>real,i</sub> = Consumo termico reale per riscaldamento dell'edificio nell'anno *i-esimo*, kWh/anno.

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

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

GG<sub>rif</sub> = Gradi giorno di riferimento utilizzati nella modellazione dell'edificio, così come definiti al Capitolo 3.1;

$\bar{Q}_{ACS}$  = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l'ACS nel triennio di riferimento; tale contributo è nullo in quanto la produzione di ACS avviene mediante boiler elettrici ad accumulo

$\bar{Q}_{ALTRO}$  = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento.

Si sottolinea che ai fini della normalizzazione e della successiva validazione del modello energetico si utilizzeranno per la definizione dei consumi reali, Q<sub>real,i</sub>, i consumi di gas metano forniti dalla società di distribuzione.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REAL</sub> SU 105 GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU 105 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A 1158 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	807	890	19.426	183.045	226,9	201.881	0	0
2015	793	890	24.227	228.284	287,9	256.124	0	0
2016	827	890	25.632	241.522	291,9	259.727	0	0
<b>Media</b>	<b>809</b>	<b>890</b>	<b>23.095</b>	<b>217.617</b>	<b>269,0</b>	<b>239.323</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento nei consumi non dipendente dai gradi giorno reali. Infatti il consumo reale minimo dell'impianto si è verificato nel 2014, a cui corrisponde invece il valore intermedio di GG reali calcolati.

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{Q}_{ACS}$	0
$\bar{Q}_{ALTRO}$	0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	239.323
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>239.323</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore il quale risulta a servizio dei seguenti utilizzi:

- Intero edificio;

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 riportati nella Tabella 5.6 con indicazione del POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097872	Edificio	26.396	24.367	25.000	25.254
<b>TOTALE</b>		<b>26.396</b>	<b>24.367</b>	<b>25.000</b>	<b>25.254</b>

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E1671) e sono emerse le seguenti differenze: uno scostamento nullo nel 2014, e rispettivamente del 5,1% e del 7,7% negli anni 2015 e 2016.

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

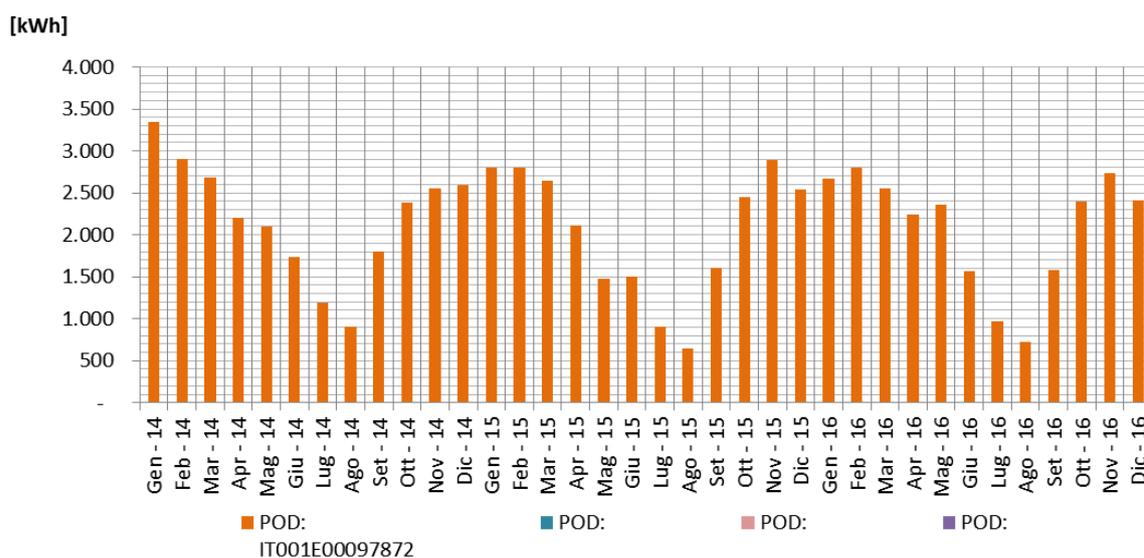
Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 25.254 kWh.

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

POD: IT001E00097872	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.218	400	729	3.347
Feb - 14	2.127	331	440	2.898
Mar - 14	1.814	348	517	2.679
Apr - 14	1.507	266	433	2.206
Mag - 14	1.346	310	442	2.098
Giu - 14	1.010	263	468	1.741
Lug - 14	632	217	347	1.196
Ago - 14	333	203	373	909

Set - 14	1.178	272	351	1.801
Ott - 14	1.759	282	339	2.380
Nov - 14	1.887	275	393	2.555
Dic - 14	1.824	309	453	2.586
<b>Totale</b>	<b>17.635</b>	<b>3.476</b>	<b>5.285</b>	<b>26.396</b>
<b>POD: IT001E00097872</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2015</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gen - 15	2.035	312	447	2.794
Feb - 15	2.136	300	359	2.795
Mar - 15	1.933	301	408	2.642
Apr - 15	1.510	236	372	2.118
Mag - 15	1.057	165	260	1.482
Giu - 15	997	216	291	1.504
Lug - 15	533	145	229	907
Ago - 15	220	143	284	647
Set - 15	1.099	229	279	1.607
Ott - 15	1.856	288	305	2.449
Nov - 15	2.225	300	360	2.885
Dic - 15	1.763	251	523	2.537
<b>Totale</b>	<b>17.364</b>	<b>2.886</b>	<b>4.117</b>	<b>24.367</b>
<b>POD: IT001E00097872</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>TOTALE</b>
<b>Anno 2016</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>	<b>[kWh]</b>
Gen - 16	1.953	284	433	2.670
Feb - 16	2.191	294	316	2.801
Mar - 16	1.848	280	424	2.552
Apr - 16	1.595	281	371	2.247
Mag - 16	1.764	268	324	2.356
Giu - 16	1.041	230	297	1.568
Lug - 16	490	179	297	966
Ago - 16	272	161	293	726
Set - 16	1.038	246	292	1.576
Ott - 16	1.738	314	343	2.395
Nov - 16	2.045	294	391	2.730
Dic - 16	1.616	310	487	2.413
<b>Totale</b>	<b>17.591</b>	<b>3.141</b>	<b>4.268</b>	<b>25.000</b>

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



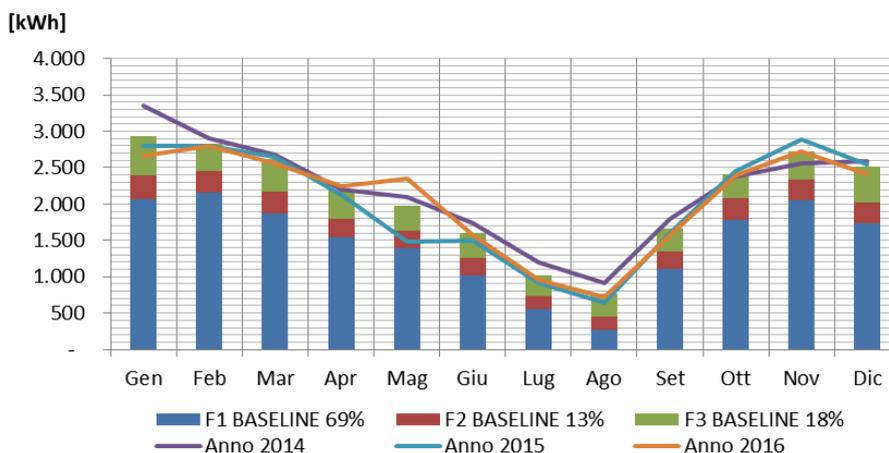
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.069	332	536	2.937
Febbraio	2.151	308	372	2.831
Marzo	1.865	310	450	2.624
Aprile	1.537	261	392	2.190
Maggio	1.389	248	342	1.979
Giugno	1.016	236	352	1.604
Luglio	552	180	291	1.023
Agosto	275	169	317	761
Settembre	1.105	249	307	1.661
Ottobre	1.784	295	329	2.408
Novembre	2.052	290	381	2.723
Dicembre	1.734	290	488	2.512
Totale	17.530	3.168	4.557	25.254

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.3.

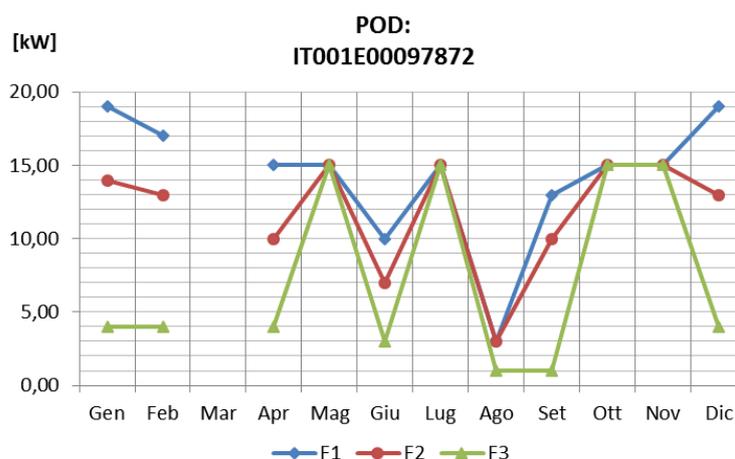
Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti in linea con l'utilizzo della struttura, ossia si nota un forte calo nei mesi estivi, con i consumi maggiori registrati nei mesi invernali. Si osserva che anche nei mesi di luglio e agosto si hanno consumi non nulli, nonostante sia periodo di interruzione delle lezioni. In tale periodo tuttavia vengono svolte attività da parte del personale ausiliario, tecnico e amministrativo che concorrono al consumo mensile mediante l'utilizzo di attrezzature elettriche e di illuminazione. Inoltre nel mese di luglio la struttura ospita i Centri Estivi per i bambini della Scuola dell'Infanzia e della Scuola Primaria.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, in quanto non esiste sovrapposizione fra periodo di riferimento e curve disponibili. Dalle fatture del 2015 è stato invece possibile ricostruire i profili di assorbimento di potenza del POD nelle 3 fasce orarie e per tutti i mesi dell'anno, tranne che per il mese di marzo per il quale non ci sono dati disponibili, che presentano il seguente andamento.

Figura 5.4 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00122685



Il prelievo di potenza massima è pari a 19 kW e si verifica in fascia F1 nel mese di gennaio e dicembre. Tale potenza richiesta risulta non coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato pari a 16,5 kW. Inoltre si riscontrano anomalie riguardanti il prelievo di potenza nelle fasce F2 e F3, in quanto elevate e uguali a quelle della fascia F1, come avviene nel mese di maggio, luglio, ottobre e

novembre. Infine per il mese di marzo si rileva un prelievo nullo, del tutto incoerente con il reale utilizzo, per cui non rappresentato nel grafico.

## 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.

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

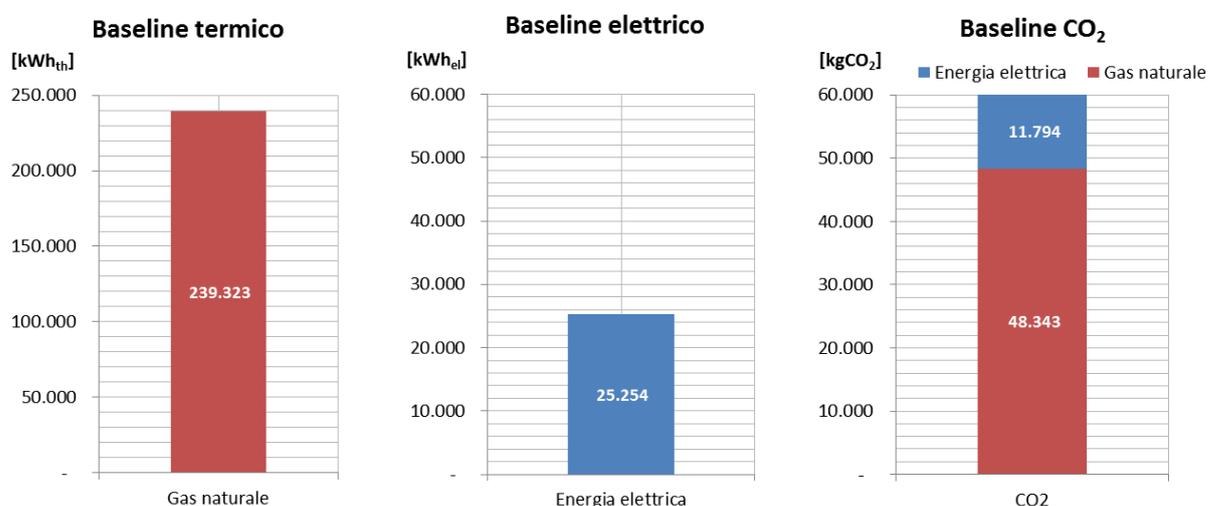
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.10 e nella Figura 5.5.

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	25.254	* 0,467	11,794
Gas naturale	239.323	* 0,202	48,343

Figura 5.5 – 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	$F_{P,nren}$	$F_{P,ren}$	$F_{P,tot}$
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.130	m <sup>2</sup>
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3.299	m <sup>2</sup>
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	14.503	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	239.323	1,05	251.289	118,0	76,2	17,3	22,70	14,65	3,33
Energia elettrica	25.254	2,42	61.115	28,7	18,5	4,2	5,54	3,57	0,81
<b>TOTALE</b>			<b>312.405</b>	<b>147</b>	<b>95</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>18</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	239.323	1,05	251.289	118,0	76,2	17,3	22,70	14,65	3,33
Energia elettrica	25.254	1,95	49.246	23,1	14,9	3,4	5,54	3,57	0,81
<b>TOTALE</b>			<b>300.535</b>	<b>141</b>	<b>91</b>	<b>21</b>	<b>28</b>	<b>18</b>	<b>4</b>

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldata

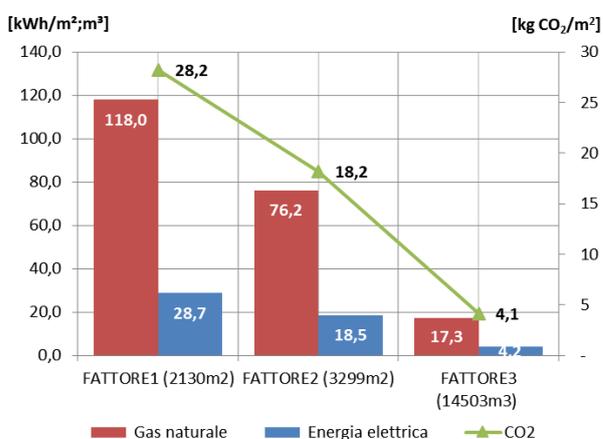
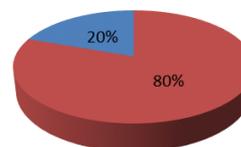
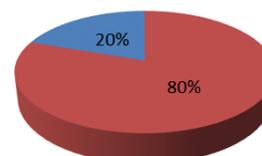


Figura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

Ripartizione % energia primaria



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



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

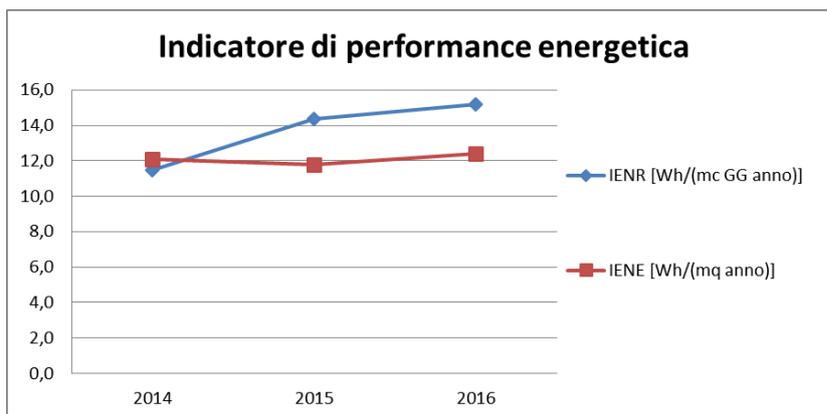
COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	11,5	14,3	15,2	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	12,1	11,8	12,4

Data la compresenza di diverse destinazioni d'uso all'interno della struttura, con zone di cubatura paragonabile tra loro, i valori riportati in tabella sono stati mediati sul volume lordo riscaldato di ciascuna tipologia di attività (scuola media, elementare, materna, palestre).

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, anche queste mediate sul volume lordo riscaldato. Si ottiene relativamente ad  $IEN_R$  un progressivo aumento del valore di benchmark, dovuto ad un incremento del consumo di gas metano tra il 2014 ed il 2016. Il giudizio per questo indicatore è buono per il primo anno e sufficiente per gli altri due (i limiti per la definizione della classe di merito rimodulati sul volume lordo riscaldato sono 14,4 e 19,4 Wh/(m<sup>3</sup> GG anno)).

$IEN_E$  invece si mantiene nell'intorno di 12 Wh/(mq anno). Il giudizio per questo indicatore è insufficiente per tutti e tre gli anni di riferimento.

Figura 5.8 – Indicatori di performance energetica IEN



Per effettuare una valutazione riassuntiva degli indicatori di performance energetica e un confronto rispetto agli altri edifici del lotto, si faccia riferimento all'Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

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

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno		131,40
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	99,73	99,37
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	6,18	4,98
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	32,91	26,52
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	0,67	0,54
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	27,49	-

L'indice di prestazione energetica relativo all'energia primaria totale vale 166,98 kWh/(mq anno).

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	
	[m <sup>3</sup> /anno]	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Gas Naturale	19.978	208.514
Energia Elettrica		71.420

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H,aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve,el} + E_{aux,e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l’illuminazione interna dell’edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(1)}$
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

### 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 il reale funzionamento, con il proprio orario di accensione e spegnimento della centrale termica ed inserendo nel modello tutti i dati tecnici disponibili e rilevati in sede di sopralluogo e di analisi successiva.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	133,92

Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	120,41	119,98
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	6,18	4,98
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	10,45	8,42
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0,67	0,54
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	27,35	

L'indice di prestazione energetica relativo all'energia primaria totale vale 165,06 kWh/(mq anno). Gli indici globali appena riportati in tabella sono confrontabili e in linea con i totali calcolati al capitolo precedente e riportati in Tabella 5.14, i quali contengono anche la parte relativa alla quota FEM, non contenuta nella modellazione energetica mediante software certificato ma valutata a parte. Per tale motivo gli indicatori appena mostrati risultano inferiori a quelli calcolati al capitolo precedente.

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	25.450	239.785
Energia Elettrica	-	17.185

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ( $Q_{baseline}$ ) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico ( $Q_{teorico}$ ) derivante dalla modellazione energetica.

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
239.786	239.323	0,2

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

### 6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
25.331	25.254	0,3

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

La stima dei consumi di energia elettrica attribuibili a illuminazione, climatizzazione, produzione di ACS e trasporto di persone o cose deriva dalla modellazione sviluppata mediante software certificato. Per quanto riguarda invece la quota parte relativa alle utenze identificate con il nome

FEM, e identificabili con le attrezzature in Tabella 4.10, è stata fatta una valutazione dei valori di potenze assorbite, fattori di carico e ore di funzionamento medi annuali, ottenendo un valore di 8.146 kWh/anno. Il dettaglio del calcolo si può trovare nell’Allegato B – Elaborati.

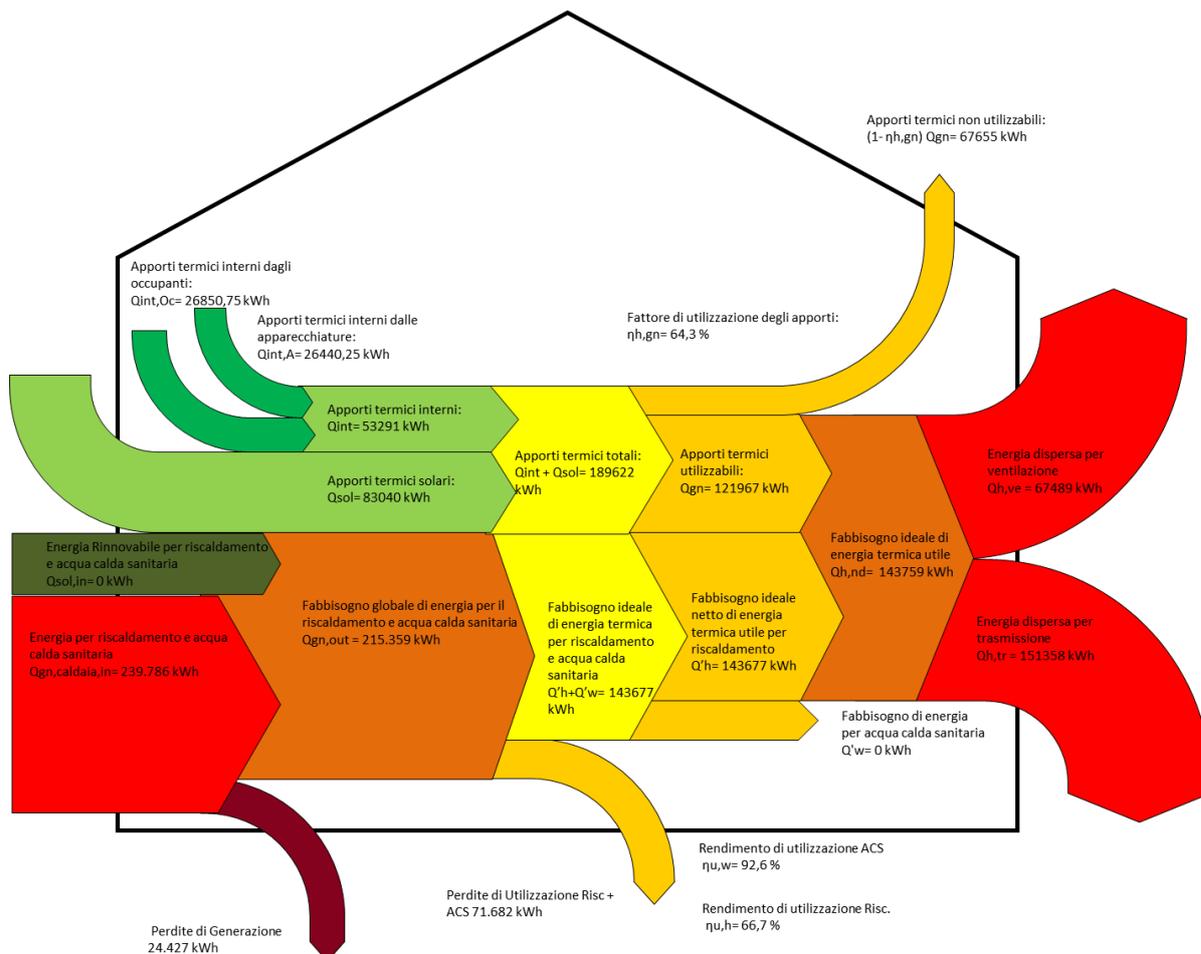
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento del 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

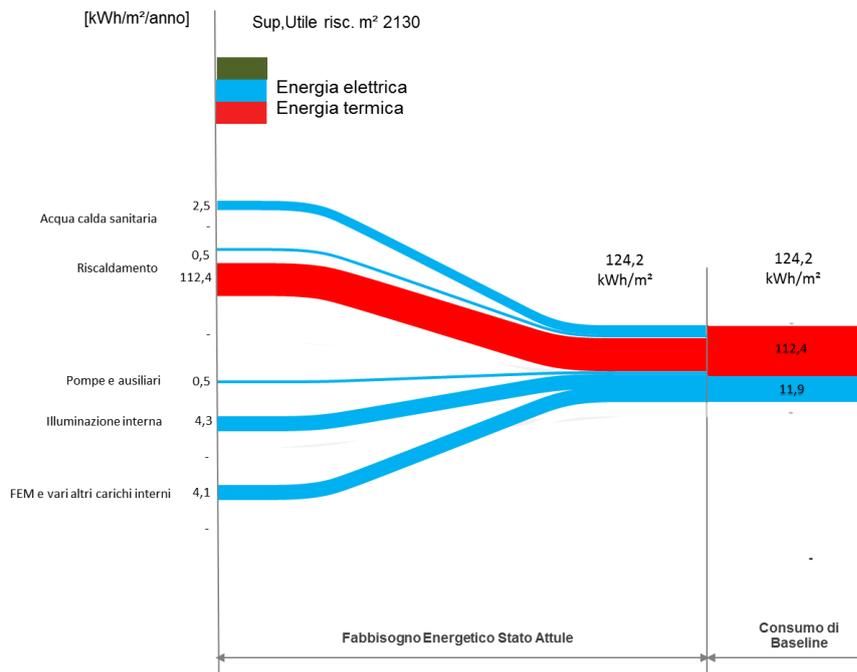
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che la quota per l’ACS risulta nulla in quanto prodotta mediante boiler ad accumulo elettrici, mentre vengono ampiamente sfruttati gli apporti gratuiti interni e solari per sopperire a parte del fabbisogno energetico per la climatizzazione invernale. Tuttavia il rendimento di utilizzazione per riscaldamento risulta piuttosto scarso.

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

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



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

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

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

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

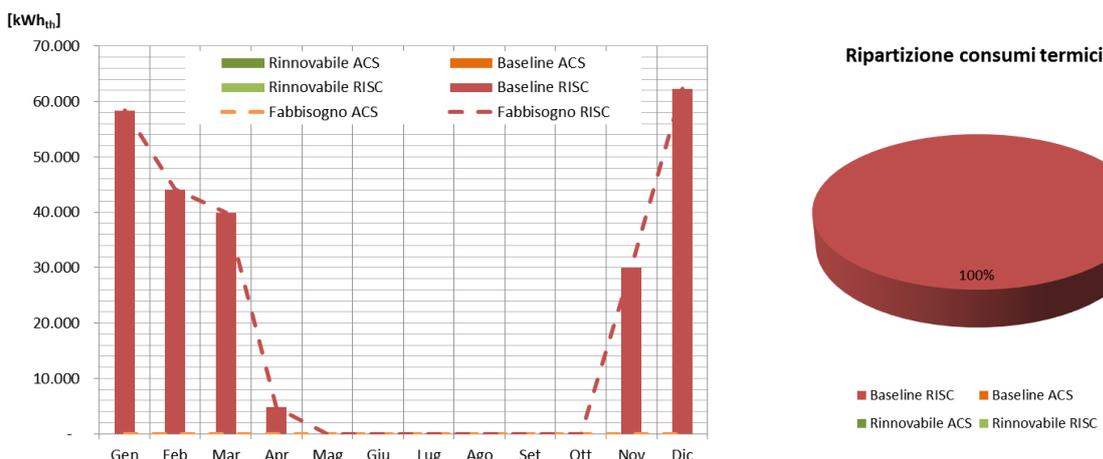
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che il riscaldamento risulta essere la voce predominante dei fabbisogni di energia, ben al di sopra del secondo contributo dato dall'illuminazione artificiale. Si fa inoltre notare come ci sia una parte non trascurabile attribuibile alla produzione di ACS, a causa della destinazione d'uso di parte della struttura adibita a Scuola dell'Infanzia. Più in generale la quota relativa all'energia termica è circa 10 volte superiore a quella dell'energia elettrica.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



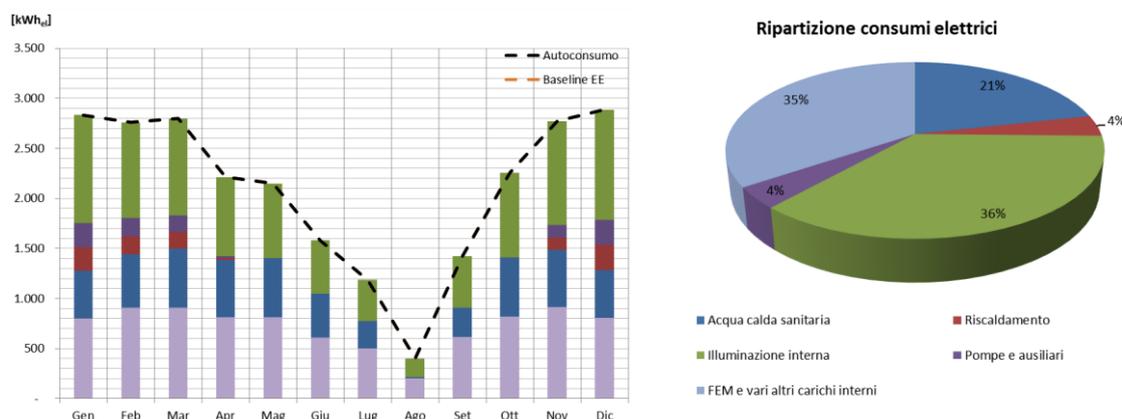
I grafici rappresentano i consumi termici distribuiti durante l'anno relativi al riscaldamento, essendo l'unica utenza servita dal gas naturale. Pertanto si andrà ad intervenire sull'edificio in modo da ridurre il fabbisogno per la climatizzazione invernale, sia mediante opere sull'involucro sia per quanto riguarda l'efficiamento degli impianti.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione. Per quanto riguarda i consumi relativi alla voce FEM si faccia riferimento alla Tabella 4.10 e all'Allegato B – Elaborati.

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione artificiale e alle attrezzature scolastiche, che insieme raggiungono una quota annua che supera il 70% dei consumi. L'altro consumo elettrico importante fa riferimento alla produzione di ACS. Gli interventi prioritari riguarderanno quindi il relamping della struttura.

## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

### 7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

#### 7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite un singolo contatore, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270038178541: 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. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;

Per la fornitura di gas metano gestita tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3 relative al PDR1, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico trimestre per trimestre dal gennaio 2014 al dicembre 2016 come definito da AEEGSI (Autorità per l'energia elettrica il gas ed il sistema idrico) per utenza tipo “condomini uso domestico” in servizio di maggior tutela, funzione del consumo annuo reale per una classe del contatore nel campo G10-G40 per il PDR in esame. L'importo risultante è quindi solo indicativo della spesa. In Tabella 7.1 si riporta l'andamento della stima del costo del vettore termico nel triennio di riferimento ricavato come appena descritto

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

PDR: 3270049563458	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio						3.462	37.837	0,092
Febbraio						3.861	42.192	0,092
Marzo						2.911	31.814	0,092
Aprile						854	9.709	0,088
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						2.456	28.287	0,087
Dicembre						2.878	33.153	0,087
<b>Totale</b>	-	-	-	-	-	<b>16.422</b>	<b>182.993</b>	<b>0,090</b>
PDR: 3270049563458	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]
Gennaio						4.418	50.018	0,088
Febbraio						5.673	64.235	0,088
Marzo						4.113	46.565	0,088
Aprile						1.717	20.260	0,085

Maggio	-	-	-					
Giugno	-	-	-					
Luglio	-	-	-					
Agosto	-	-	-					
Settembre	-	-	-					
Ottobre	-	-	-					
Novembre	1.601	18.620	0,086					
Dicembre	2.452	28.520	0,086					
<b>Totale</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>					
	<b>19.974</b>	<b>228.218</b>	<b>0,088</b>					
PDR: 3270049563458	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio						4.393	54.895	0,080
Febbraio						4.427	55.318	0,080
Marzo						3.991	49.875	0,080
Aprile						690	9.660	0,071
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						2.737	37.005	0,074
Dicembre						2.567	34.700	0,074
<b>Totale</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>18.804</b>	<b>241.453</b>	<b>0,078</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 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI. Nel grafico di figura il costo unitario si annulla quando nel mese corrispondente è nullo il consumo di gas naturale, come si può verificare nella tabella precedente.

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

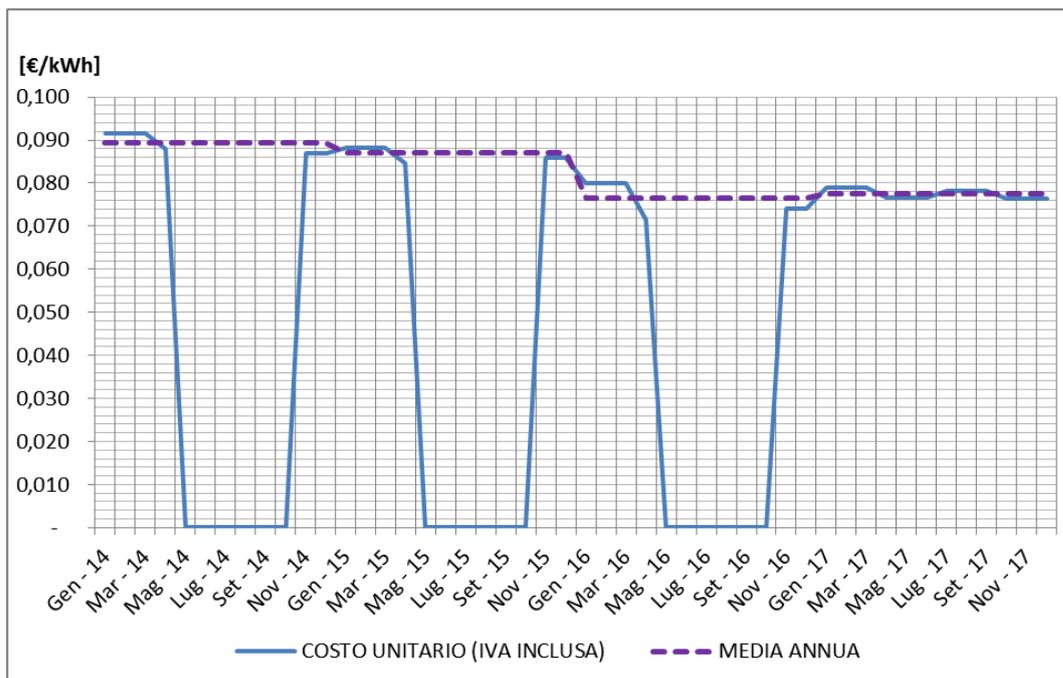
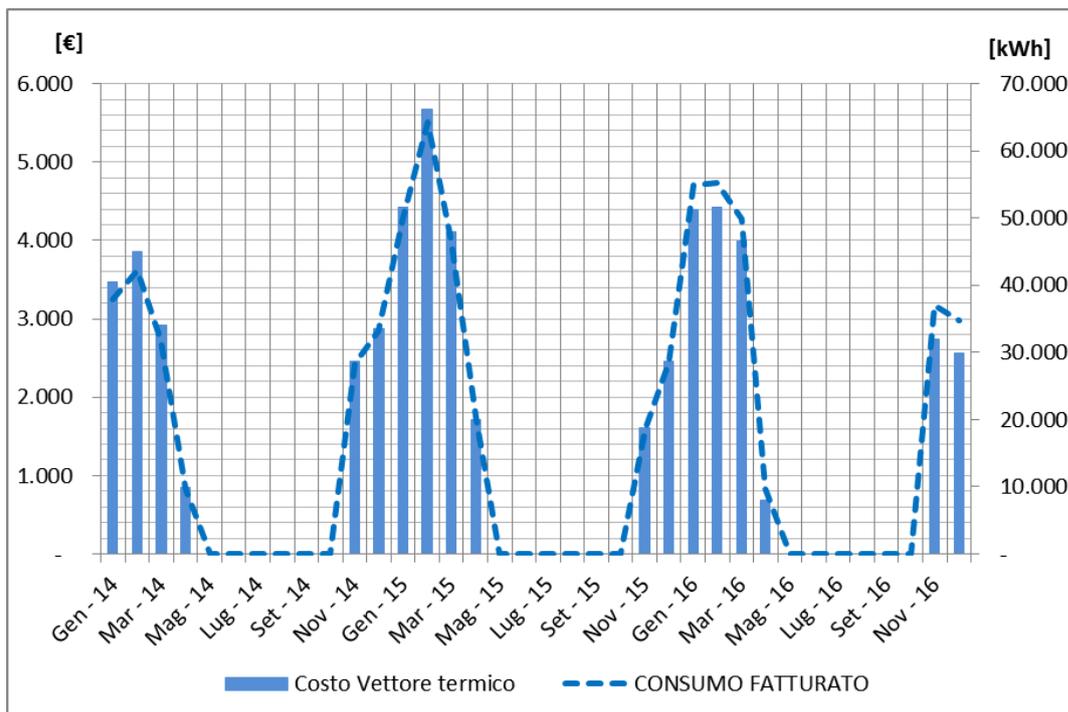


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto per il POD presente all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00097872: 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: IT001E00097872	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	EDISON ENERGIA SPA – GALA SPA	GALA SPA – IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	Precedente	CONTRATTO GALA DA APRILE 2015	CONTRATTO IREN MERCATO DA APRILE 2015
Fine periodo fornitura	-	CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA MARZO 2015	CHIUSURA CONTRATTO CON GALA SPA DA MARZO 2016
Potenza elettrica impegnata	16,5 kW	15 kW	15 kW
Potenza elettrica disponibile	16,5 kW	16,5 kW	16,5 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	CONSIP EE12 - L2 - Delibera 308/2016/R/eel	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	nd	nd	nd
Prezzi del fornitore dell'energia elettrica (IVA esclusa) <sup>(2)</sup>	0,076 €/kWh	0,052 €/kWh	0,064 €/kWh

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

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

Nella Tabella 7.3 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: IT001E00097 872	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen – 14	258	56	296	42	65	716	3.347	0,214
Feb – 14	227	56	256	36	58	633	2.898	0,218
Mar – 14	207	56	237	33	53	587	2.679	0,219
Apr – 14	171	56	209	28	46	510	2.206	0,231
Mag – 14	161	47	199	26	43	477	2.098	0,227
Giu – 14	131	44	170	22	37	403	1.741	0,231
Lug – 14	89	56	113	15	27	300	1.196	0,251
Ago – 14	65	56	86	11	22	240	909	0,264
Set – 14	138	56	170	23	39	424	1.801	0,236
Ott – 14	184	56	225	30	50	545	2.380	0,229
Nov – 14	195	56	242	32	53	578	2.555	0,226
Dic – 14	192	56	245	32	53	578	2.586	0,223
<b>Totale</b>	<b>2.017</b>	<b>650</b>	<b>2.447</b>	<b>330</b>	<b>544</b>	<b>5.989</b>	<b>26.396</b>	<b>0,227</b>
POD: IT001E00097	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO

872	PARTE FISSA		PARTE VARIABILE				(IVA INCLUSA)	
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen – 15	201	57	268	35	56	617	2.794	0,221
Feb – 15	193	57	268	35	55	609	2.795	0,218
Mar – 15	174	57	254	33	52	570	2.642	0,216
Apr – 15	97	57	203	26	38	422	2.118	0,199
Mag – 15	65	57	142	19	28	311	1.482	0,210
Giu – 15	63	57	144	19	28	312	1.504	0,207
Lug – 15	37	58	87	11	19	213	907	0,235
Ago – 15	27	58	85	11	18	199	647	0,308
Set – 15	58	58	155	20	29	320	1.607	0,199
Ott – 15	84	58	239	31	41	453	2.449	0,185
Nov – 15	100	58	281	36	47	522	2.885	0,181
Dic – 15	172	58	249	32	51	562	2.537	0,221
<b>Totale</b>	<b>1.272</b>	<b>690</b>	<b>2.375</b>	<b>308</b>	<b>465</b>	<b>5.110</b>	<b>24.367</b>	<b>0,210</b>
POD: IT001E00097 872	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA  PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA  PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO  (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen – 16	157	60	253	33	50	553	2.670	0,207
Feb – 16	126	55	265	35	48	529	2.801	0,189
Mar – 16	104	55	241	32	43	476	2.552	0,186
Apr – 16	119	55	187	28	39	428	2.247	0,191
Mag – 16	134	55	197	29	41	456	2.356	0,194
Giu – 16	94	55	131	20	30	329	1.568	0,210
Lug – 16	69	55	80	12	22	238	966	0,247
Ago – 16	46	55	60	9	17	188	726	0,259
Set – 16	115	55	131	20	32	353	1.576	0,224
Ott – 16	195	55	201	30	48	529	2.395	0,221
Nov – 16	244	55	230	34	56	619	2.730	0,227
Dic – 16	204	55	203	30	49	541	2.413	0,224
<b>Totale</b>	<b>1.607</b>	<b>665</b>	<b>2.180</b>	<b>313</b>	<b>476</b>	<b>5.241</b>	<b>25.000</b>	<b>0,210</b>

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

Figura 7.3 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

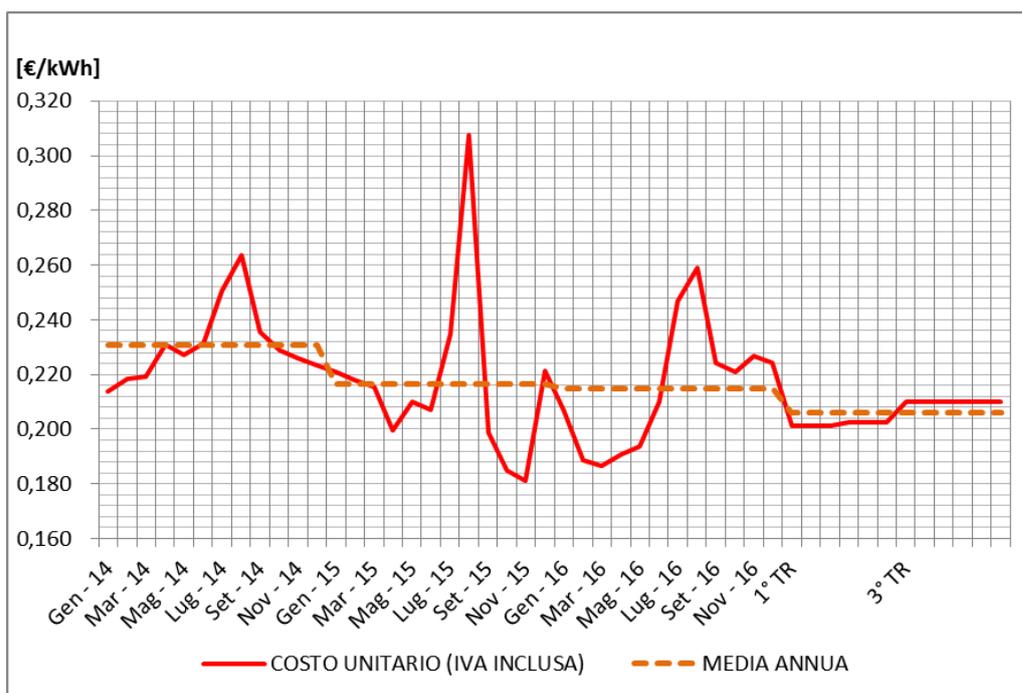
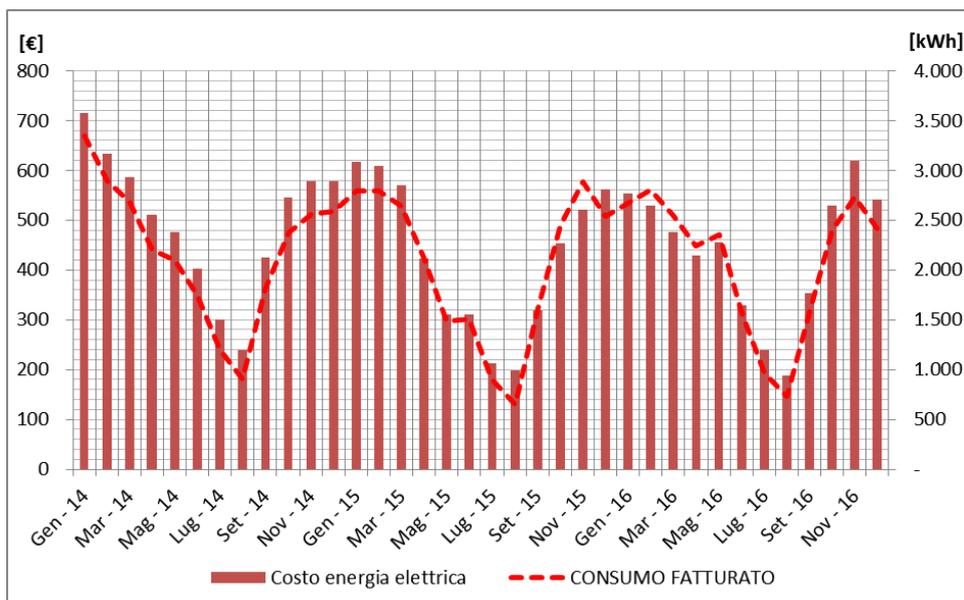


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue l'andamento dei consumi fatturati. Tuttavia si riesce anche a notare come il contratto stabilito con la società di fornitura GALA SPA sia stato il più conveniente nei tre anni di riferimento, essendo maggiore lo scostamento fra linea tratteggiata e barre. Tale valutazione risulta anche dai prezzi di fornitura dell'energia riportati per i tre anni.

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

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

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

Tabella 7.4 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	182.993	16.422	0,090	26.396	5.989	0,227	22.410
2015	228.218	19.974	0,088	24.367	5.110	0,210	25.084
2016	241.453	18.804	0,078	25.000	5.241	0,210	24.046
2017	-	-	0,078	-	-	0,205	-
Media	217.555	18.400	0,083	28.266	5.447	0,213	23.847

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>UQ</sub>	0,0779 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>UEE</sub>	0,205 [€/kWh]

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

### 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:

- L1-042-153: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 17.068,19 € IVA esclusa (20.823,19 € IVA inclusa), comprensivi della fornitura di gas naturale.

Nel caso di impianti su cui è attivo il Servizio A all'interno del vigente contratto SIE3, i costi di manutenzione C<sub>M</sub> sono stimati come segue:

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

e sono ripartiti in una quota ordinaria (C<sub>MO</sub>) e in una quota straordinaria (C<sub>MS</sub>) come segue:

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

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

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

Tabella 7.6 – Valori di costo 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	$C_{MO}$	1.720 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	$C_{MS}$	457 [€/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:

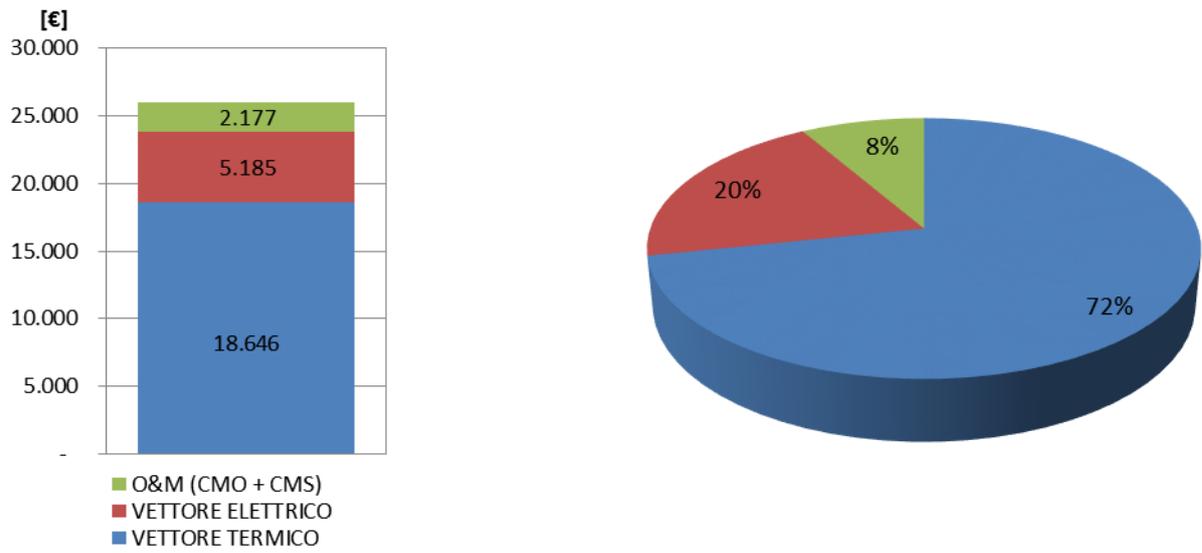
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un  $C_E$  pari a € 23.831 e un  $C_{baseline}$  pari a € 26.008.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )		TOTALE	
$Q_{baseline}$	$C_{uQ}$	$C_Q$	$EE_{baseline}$	$C_{uEE}$	$C_{EE}$	$C_M$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
239.323	0,078	18.646	25.254	0,205	5.185	2.177	1.720	457	26.008

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

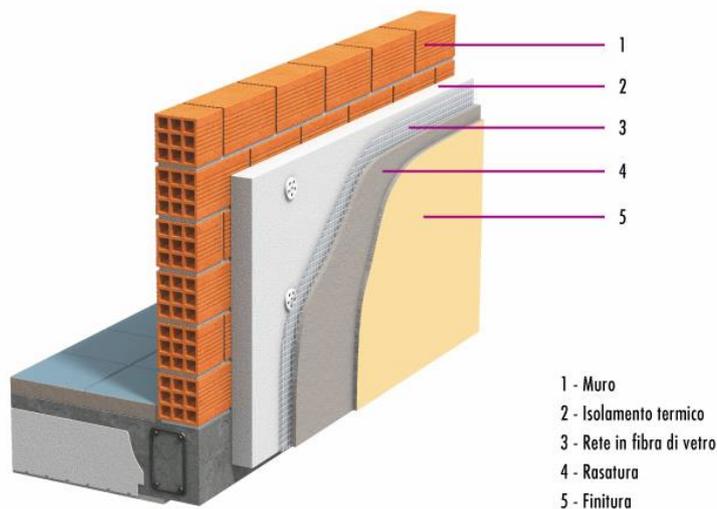
##### EEM1: Coibentazione esterna pareti verticali

###### Generalità

La misura prevede l'isolamento delle pareti perimetrali esterne dell'edificio, il cosiddetto isolamento a "cappotto", allo scopo di ridurre i flussi termici tra l'ambiente interno e l'esterno dell'edificio.

Viene generalmente preferito all'isolamento termico interno in quanto permette di risolvere più facilmente i ponti termici presenti nella struttura ed evitare così la formazione di condense e muffe sulle pareti. Il "cappotto" è realizzabile quando si ha la possibilità di aumentare, verso l'esterno, lo

spessore delle pareti (non si hanno vincoli di distanza né vincoli di natura architettonica o paesaggistica) e quando si ha uno spessore di muratura tale da generare abbastanza inerzia termica per garantire ottime prestazioni anche nel periodo estivo. Nel caso di vincolo paesaggistico, l'intervento può essere comunque realizzato previa autorizzazione paesaggistica rilasciata dagli enti preposti.



L'isolamento termico esterno permette dunque di:

- migliorare il comfort interno sia in estate che in inverno
- garantire risparmi economici
- preservare la durata della struttura dell'edificio
- aumentare il valore dell'immobile
- contribuire al limitare le emissioni di gas ad effetto serra

###### Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede l'installazione di un cappotto esterno alle pareti verticali dell'edificio con l'applicazione di:

- uno strato isolante applicato con tasselli e malta collante ad elevato potere adesivo: gli isolanti impiegati possono essere di natura plastica, come ad esempio, polistirene estruso o polietilene, di natura minerale come lana di roccia o lana di vetro, o di natura organica come sughero o fibre vegetali; l'isolante impiegato deve avere un basso coefficiente di dilatazione al calore, buone caratteristiche di traspirabilità e una buona resistenza meccanica;
- un ciclo di rete e rasatura per cappotto come finitura esterna con intonachino colorato o successiva tinteggiatura finale.

La valutazione delle migliorie ottenibili è stata effettuata considerando l'installazione di uno strato di materiale isolante esternamente alle murature esistenti, di spessore tale da rispondere positivamente alla verifica delle trasmittanze limite imposte dal Conto Termico 2.0.

In particolare per l'edificio oggetto di diagnosi si propone la coibentazione del muro perimetrale identificato nel documento con il codice M1, attraverso l'applicazione di pannelli in poliuretano da 130 mm di spessore, conduttività 0,28 W/(mK) e densità 40 kg/m<sup>3</sup>. L'isolamento permette di ottenere una trasmittanza termica media, comprensiva di ponti termici, pari a 0,244 W/(m<sup>2</sup>K).

### Descrizione dei lavori

Il cappotto dovrà preservare l'estetica dell'edificio sia a livello delle proprie peculiarità architettoniche sia a livello di corretta integrazione con il contesto, specie se sottoposto a vincolo.

L'applicazione dei pannelli termoisolanti avverrà previa verifica e conseguimento dell'idoneità del sottofondo che dovrà essere ben asciutto, pulito, privo di polvere, senza umidità e sali, planare. Le parti ammalorate ed incoerenti dovranno essere bonificate con speciali malte di ripristino.

Si avrà cura di risvoltare il cappotto in corrispondenza delle rientranze degli infissi fino al massimo dell'accostamento consentito dal sistema-infisso al fine di ridurre al massimo i ponti termici.

I materiali dovranno essere dotati di apposita marcatura CE ed in generale i lavori dovranno essere eseguiti secondo le regole dell'arte e delle norme vigenti.

### Prestazioni raggiungibili

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

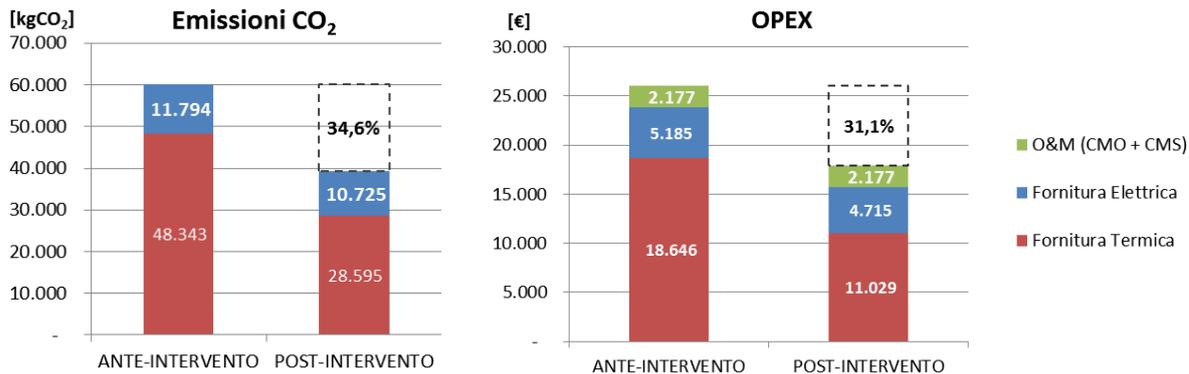
Dato che il componente opaco oggetto di coibentazione contribuisce per oltre il 40% alle dispersioni per trasmissione nello stato di fatto a causa dell'elevata superficie disperdente, l'intervento determina un importante effetto sulla riduzione dei consumi, delle emissioni di anidride carbonica e della spesa energetica. Si ottiene inoltre un miglioramento di 2 classi energetiche.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione esterna pareti verticali

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Trasmittanza termica media pareti verticale M1	[W/m <sup>2</sup> K]	1,352	0,244	<b>82,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	239.786	141.834	<b>40,8%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.331	23.035	<b>9,1%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	239.323	141.560	<b>40,8%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.254	22.965	<b>9,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	48.343	28.595	<b>40,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.794	10.725	<b>9,1%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>60.137</b>	<b>39.320</b>	<b>34,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	18.646	11.029	<b>40,8%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.185	4.715	<b>9,1%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>23.831</b>	<b>15.744</b>	<b>33,9%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	1.720	1.720	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	457	457	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.177</b>	<b>2.177</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>26.008</b>	<b>17.922</b>	<b>31,1%</b>
Classe energetica	[-]	F	D	+2 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,205 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

## EEM2: Coibentazione esterna copertura

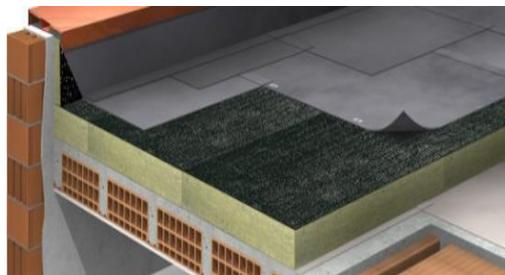
### Generalità

La misura prevede la coibentazione della copertura sull'estradosso del solaio esistente, in grado di ridurre le dispersioni di calore dagli ambienti interni riscaldati verso l'esterno.

Le prestazioni dell'involucro devono garantire il comfort termico e igrometrico degli spazi confinati e il contenimento dei consumi energetici mediante il soddisfacimento dei requisiti prestazionali ambientali (comfort termico all'interno sia nel periodo invernale che estivo) e tecnologici (Controllo dei fenomeni di condensa superficiale e interstiziale). Le prestazioni energetiche dell'edificio dipendono dall'efficienza dell'involucro che lo racchiude.

L'isolamento di una copertura piana dall'esterno consente di intervenire molto efficacemente in quelle coperture che per vetustà o carenze tecniche non sono più in grado di garantire il comfort termico.

La riduzione dei valori sopra citati, porta ad una riduzione dei fabbisogni di energia termica utile dell'involucro e conseguentemente una riduzione dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> in ambiente.



### Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, al di sopra della struttura esistente, costituita dal solaio, dal massetto per creare la pendenza, dal manto impermeabile esistente con funzione di barriera al vapore, l'applicazione di:

- un nuovo strato isolante: gli isolanti impiegati possono essere, ad esempio, polistirene estruso o vetro cellulare; l'isolante impiegato deve in ogni caso essere impermeabile all'acqua, avere un basso coefficiente di dilatazione al calore e una buona resistenza meccanica;
- un nuovo manto impermeabilizzante in doppia guaina bituminosa;
- (opzionale) una protezione del manto stesso conforme all'uso che tale copertura dovrà avere: ghiaia ed argilla espansa se non praticabile, pavimentazione se praticabile.
- In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'applicazione del Conto Termico 2.0. In particolare per l'edificio oggetto di diagnosi si propone la coibentazione della copertura della scuola identificata nel documento con il codice S1, attraverso l'applicazione di pannelli in poliuretano da 150 mm di spessore, conduttività 0,28 W/(mK) e densità 40 kg/m<sup>3</sup>. L'isolamento permette di ottenere una trasmittanza termica media, comprensiva di ponti termici, pari a 0,215 W/(m<sup>2</sup>K).
- Si rimanda comunque alle fasi successive la scelta più opportuna ed accurata dei materiali da installare.

### Descrizione dei lavori

I lavori devono essere effettuati da impresa specializzata che rilasci una garanzia di corretta posa di tutti i componenti, con particolare attenzione agli elementi di tenuta all'acqua e all'aria. Dovranno essere utilizzate tutte le procedure di sicurezza per i lavori in quota, compresa l'installazione di ponteggi o parapetti. E' importante utilizzare il giusto materiale in relazione ai carichi agenti e alle condizioni climatiche e stratigrafiche presenti.

La manutenzione deve essere realizzata con una verifica visiva dello stato di salute della guaina, con cadenze anche biennali, e in caso di forature della stessa, intervenire con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale.

### Prestazioni raggiungibili

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

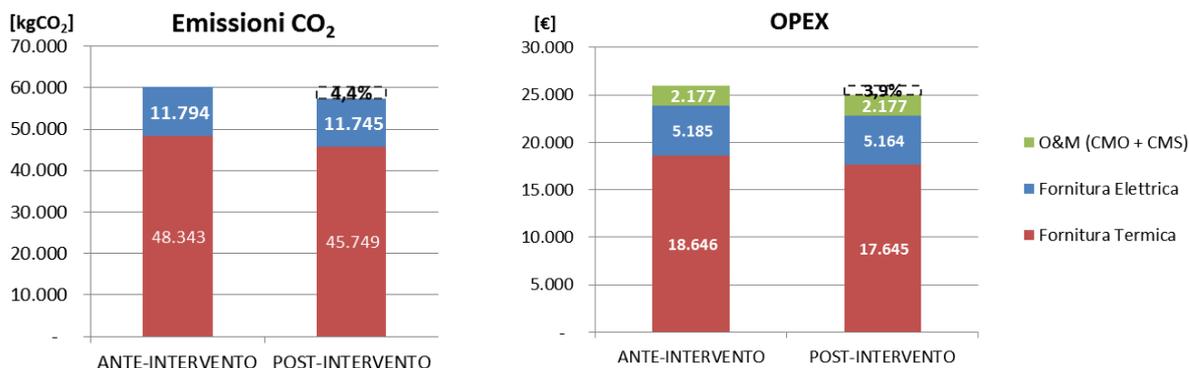
Le superficie opaca orizzontale considerate nell'intervento contribuisce per circa 10% alla potenza dispersa per trasmissione per l'intero edificio. Nonostante l'efficacia dell'intervento in termini di riduzione della trasmittanza termica, l'azione migliorativa non permette di ottenere importanti risultati per quel che riguarda la riduzione dei consumi di energia termica, né si ottiene un miglioramento di classe energetica rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Coibentazione esterna copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 Trasmittanza media copertura S1	[W/m <sup>2</sup> K]	1,384	0,215	<b>84,5%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	239.786	226.920	<b>5,4%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.331	25.227	<b>0,4%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	239.323	226.482	<b>5,4%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.254	25.151	<b>0,4%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	48.343	45.749	<b>5,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.794	11.745	<b>0,4%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>60.137</b>	<b>57.495</b>	<b>4,4%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	18.646	17.645	<b>5,4%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.185	5.164	<b>0,4%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>23.831</b>	<b>22.809</b>	<b>4,3%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	1.720	1.720	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	457	457	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.177</b>	<b>2.177</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>26.008</b>	<b>24.987</b>	<b>3,9%</b>
Classe energetica	[-]	F	F	+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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,205 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

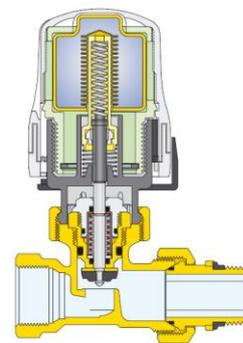
### 8.1.2 Impianto riscaldamento

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

##### Generalità

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

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



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

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



raggiungendo ottimi risultati sia nel comfort che nel risparmio energetico.

### Descrizione dei lavori

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

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella L'intervento contribuisce notevolmente al miglioramento del rendimento di regolazione dell'impianto passando dal 71 % al 99%, agendo in collaborazione con la già presente regolazione con curva climatica e raggiungendo una notevole diminuzione dei consumi di gas naturale. I costi manutentivi andranno leggermente ad aumentare visto che si rende necessario un controllo periodico del corretto funzionamento di valvole e termostati di zona. L'azione permette inoltre di migliorare di 1 classe energetica l'edificio rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.3 e nella Figura 8.3.

L'intervento contribuisce notevolmente al miglioramento del rendimento di regolazione dell'impianto passando dal 71 % al 99%, agendo in collaborazione con la già presente regolazione con curva climatica e raggiungendo una notevole diminuzione dei consumi di gas naturale. I costi manutentivi andranno leggermente ad aumentare visto che si rende necessario un controllo periodico del corretto funzionamento di valvole e termostati di zona. L'azione permette inoltre di migliorare di 1 classe energetica l'edificio rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

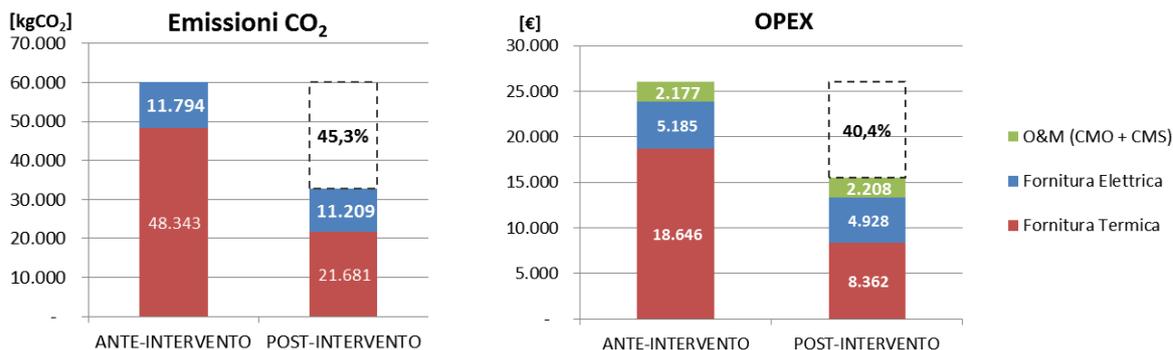
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 Rendimento di regolazione	[%]	70,9	99	-39,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	239.786	107.541	55,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	25.331	24.076	5,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	239.323	107.333	55,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	25.254	24.003	5,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	48.343	21.681	55,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.794	11.209	5,0%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>60.137</b>	<b>32.891</b>	<b>45,3%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	18.646	8.362	55,2%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.185	4.928	5,0%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>23.831</b>	<b>13.291</b>	<b>44,2%</b>
$C_{MO}$	[€]	1.720	1.737	-1,0%
$C_{MS}$	[€]	457	471	-3,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>2.177</b>	<b>2.208</b>	<b>-1,4%</b>
OPEX	[€]	<b>26.008</b>	<b>15.499</b>	<b>40,4%</b>
Classe energetica	[-]	F	E	+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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,205 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

### EEM5: Sostituzione del generatore di calore

#### Generalità

Si propone pertanto la sostituzione dell'attuale generatore di calore di centrale termica con una nuova caldaia a condensazione con bruciatore modulante, classe di rendimento 4 Stelle secondo dir. CEE 92/42 e D.P.R. 660.

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

Si sottolinea che la sostituzione del generatore di calore necessita anche dell'installazione delle valvole termostatiche e del circolatore a inverter per l'accesso agli incentivi del Conto Termico. Tuttavia in questa valutazione dell'intervento singolo si andrà a valutare l'efficacia della sola sostituzione del generatore.

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

#### Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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 delle nuove caldaie; verificare l'idoneità del condotto di evacuazione fumi; verificare la necessità di garantire una continuità di servizio all'edificio in fase di sostituzione. Verificare 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).

#### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.4 L'intervento contribuisce notevolmente al miglioramento del rendimento di regolazione dell'impianto passando dal 71 % al 99%, agendo in collaborazione con la già presente regolazione con curva climatica e raggiungendo una notevole diminuzione dei consumi di gas naturale. I costi manutentivi andranno leggermente ad aumentare visto che si rende necessario un controllo periodico del corretto

funzionamento di valvole e termostati di zona. L'azione permette inoltre di migliorare di 1 classe energetica l'edificio rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.3 e nella Figura 8.4.

L'intervento contribuisce a migliorare di circa il 9% il rendimento di generazione, con un vantaggio in termini di consumo di gas naturale intorno all'8%. Le spese per la manutenzione straordinaria subiranno un leggero decremento considerando che si tratta di un impianto nuovo, ma la parte relativa alla gestione e alla manutenzione ordinaria rimarranno pressoché costanti.

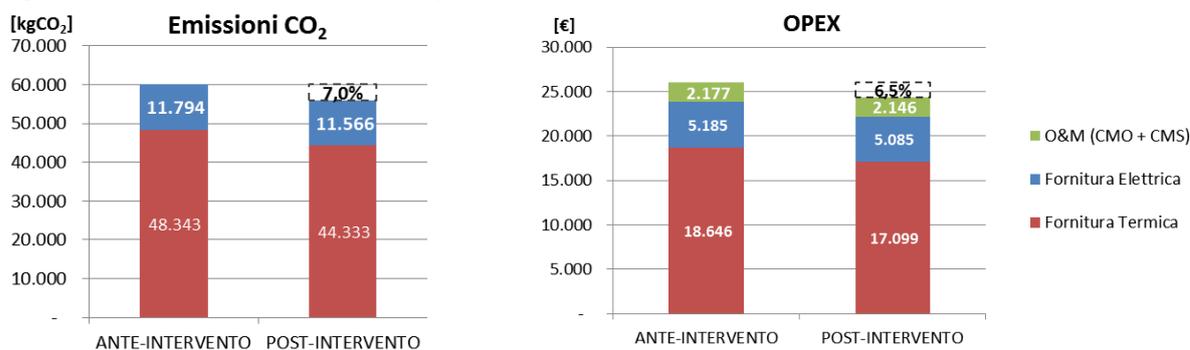
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM5 – Sostituzione del generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 Rendimento di generazione	[%]	89,8	98,0	-9,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	239.786	219.893	8,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	25.331	24.842	1,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	239.323	219.468	8,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	25.254	24.767	1,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	48.343	44.333	8,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.794	11.566	1,9%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>60.137</b>	<b>55.899</b>	<b>7,0%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	18.646	17.099	8,3%
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.185	5.085	1,9%
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>23.831</b>	<b>22.184</b>	<b>6,9%</b>
$C_{MO}$	[€]	1.720	1.703	1,0%
$C_{MS}$	[€]	457	444	3,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	2.177	2.146	1,4%
OPEX	[€]	26.008	24.331	6,5%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,205 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.4 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Non sono previsti interventi sull'impianto di produzione ACS, composto da boiler elettrici. Azioni migliorative, come la produzione centralizzata con generatore dedicato, non sarebbero sostenibili dal

punto di vista economico in quanto si necessiterebbe di una cospicua quantità di opere edilizie e impiantistiche.

#### 8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Non sono previsti interventi sugli impianti di ventilazione e climatizzazione estiva, in quanto non presenti nell'edificio.

#### 8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

##### EEM4: Sostituzione corpi illuminanti interni

###### Generalità

Il presente capitolo illustra la proposta di sostituire i corpi illuminanti presenti all'interno dei locali costituenti l'edificio con nuovi corpi illuminanti 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.

I corpi illuminanti presenti sono di 4 tipologie principali che nel progetto di efficientamento dei corpi illuminanti hanno trovato le corrispondenze riportate nella seguente tabella.

Tabella 8.5 –Sostituzione corpi illuminanti

Potenza [W]	Tipologia	Corrispondenza LED [W]
1X18	Fluo T8	1X9
1X36	Fluo T8	1X22
1X58	Fluo T8	1X28
2X36	Fluo T8	32
100W	Faretto alogeno	10

Tubo acceso 12 ore al giorno, 312 giorni all'anno



In particolare per le plafoniere con lampade a fluorescenza 1x18W, 1x36W, 1x58W è stata prevista la sola sostituzione delle lampade, mentre per le restanti tipologie è prevista la sostituzione completa di plafoniera e lampada.

### **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.

### **Prestazioni raggiungibili**

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.6 e nella Figura 8.5.

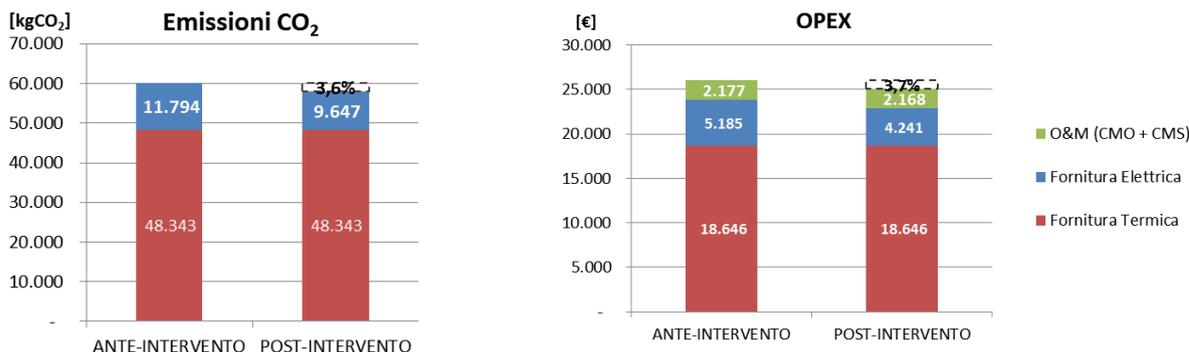
Con l'intervento in oggetto si riesce a ridurre di oltre il 55% la potenza installata per l'illuminazione interna dell'edificio, riducendo così del 18% il consumo di energia elettrica totale. I costi di manutenzione straordinaria subiranno una leggera diminuzione, considerando la loro vita utile superiore rispetto alle lampade a fluorescenza. L'azione migliorativa determina tuttavia un peggioramento della classe energetica.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti interni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 Potenza elettrica installata per l'illuminazione	[kW]	10,45	4,68	<b>55,2%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	239.786	239.783	<b>0,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.331	20.720	<b>18,2%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	239.323	239.320	<b>0,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25.254	20.657	<b>18,2%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	48.343	48.343	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.794	9.647	<b>18,2%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>60.137</b>	<b>57.990</b>	<b>3,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	18.646	18.646	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.185	4.241	<b>18,2%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>23.831</b>	<b>22.887</b>	<b>4,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	1.720	1.720	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	457	448	<b>2,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>2.177</b>	<b>2.168</b>	<b>0,4%</b>
OPEX	[€]	<b>26.008</b>	<b>25.055</b>	<b>3,7%</b>
Classe energetica	[-]	F	G	-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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,205 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

### 8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

#### EEM6: 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).

##### 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 16,56 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: 230 W (STC)
- Dimensioni modulo: 990 x 1660 mm
- Numero di moduli: 72
- Orientamento rispetto a Sud: 0° (SUD)
- Inclinazione rispetto all'orizzontale: 34°
- Albedo: 0,13
- Fattore di efficienza: 0,75
- Superficie totale



La radiazione globale annua sulla superficie orizzontale ricavata dalla UNI 10349 per Genova corrisponde a 1299,8 kWh/m<sup>2</sup>.

Non è stato possibile per questa stima considerare completamente la superficie di copertura piana disponibile, a causa della presenza di un locale tecnico determinante ombreggiamenti su un'area limitata della copertura. Si rimanda all'Allegato B – Elaborati il layout in copertura dei pannelli fotovoltaici.

### 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 EEM6 sono riportati nella Tabella 8.7 e nella Figura 8.6.

L'intervento proposto permette una copertura del 47,5% del fabbisogno elettrico dell'edificio, con una produzione annua di energia pari a 17957 kWh. Ha quindi un effetto positivo sulla spesa energetica, con una riduzione globale di circa il 10%. Inoltre l'energia prodotta dall'impianto non è utilizzata totalmente in autoconsumo, ma parte di essa è immessa in rete; in particolare 5923 kWh all'anno si considerano immessi e venduti alla rete. Considerando una tariffa in scambio sul posto, il Contributo in Conto Scambio risulta di 924,46 € all'anno, assumendo come controvalore dell'energia 5,7 c€/kWh (PUN febbraio 2018) e corrispettivo di scambio forfettario 9,908 c€/kWh (valore medio annuo del 2016 per “altre utenze”, ultimo anno disponibile). Aggiungendo il risparmio derivante dallo scambio sul posto alla spesa per la fornitura elettrica, così come riportato in tabella, si arriva ad una riduzione complessiva del 14,2%. Tali valutazioni sono state effettuate non considerando i consumi derivanti dalle attrezzature elettriche, i quali non possono essere modellati mediante Edilclima. In queste circostanze i risultati riportati sono conservativi.

I costi di manutenzione subiscono un incremento in quanto si va ad aggiungere un impianto alla struttura, che tuttavia non necessita di particolari azioni manutentive se non la verifica periodica di corretto funzionamento e la pulizia dei pannelli.

Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM6 – Installazione impianto fotovoltaico

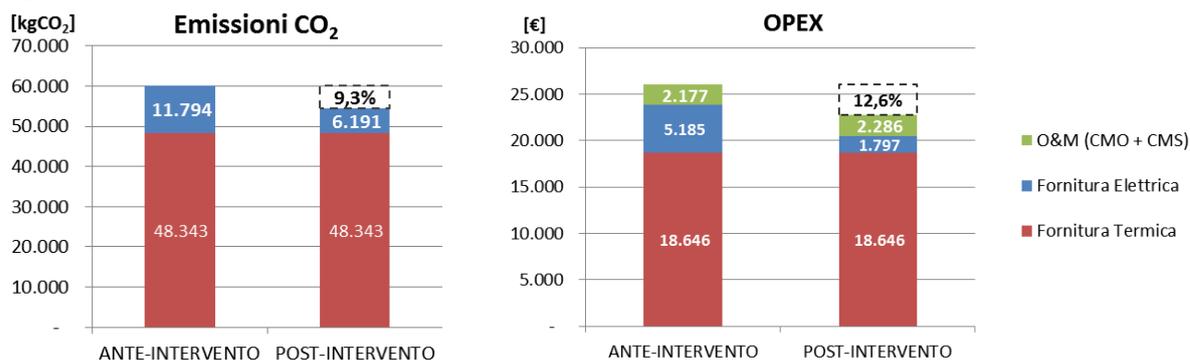
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM6 Potenza di picco installata	[%]	0	16,56	-
$Q_{teorico}$	[kWh]	239.786	239.786	<b>0,0%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	25.331	13.297	<b>47,5%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	239.323	239.323	<b>0,0%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	25.254	13.257	<b>47,5%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	48.343	48.343	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.794	6.191	<b>47,5%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>60.137</b>	<b>54.534</b>	<b>9,3%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	18.646	18.646	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.185	1.797	<b>65,3%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>23.831</b>	<b>20.443</b>	<b>14,2%</b>
$C_{MO}$	[€]	1.720	1.806	<b>-5,0%</b>

C <sub>MS</sub>	[€]	457	480	-5,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	2.177	2.286	-5,0%
OPEX	[€]	26.008	22.730	12,6%
Classe energetica	[-]	F	F	+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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,205 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.6 – EEM6: 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 esterna pareti verticali

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM 1, che consiste nella coibentazione verso l'esterno delle pareti verticali dell'immobile.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo iniziale inferiore ai 400000 €, il costo unitario inferiore agli 80 €/m<sup>2</sup> e la trasmittanza della copertura inferiore a 0,260 W/(m<sup>2</sup>K).

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione esterna pareti verticali

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
					[€/m <sup>2</sup> ]	(IVA ESCLUSA) [€]	[%]	(IVA INCLUSA) [€]
95.B10.S10.010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo"	Prezzario Regione Liguria	2425	m <sup>2</sup>	€ 12,98	€ 31.480,91	22%	€ 38.406,71
25.A05.E20.010	Picchettatura di intonaco	Prezzario Regione Liguria	1853	m <sup>2</sup>	€ 5,15	€ 9.534,53	22%	€ 11.632,12
01.P09.G10.025	Pannelli tipo sandwich in poliuretano espanso spessore mm 50	Prezzario Regione Piemonte	3706	m <sup>2</sup>	€ 8,56	€ 31.736,84	22%	€ 38.718,94
01.P09.G10.015	Pannelli tipo sandwich in poliuretano espanso spessore mm 30	Prezzario Regione Piemonte	1853	m <sup>2</sup>	€ 5,25	€ 9.736,67	22%	€ 11.878,74
03.A07.A01.005	Realizzazione di isolamento termico a cappotto con lastre di qualsiasi dimensione e spessore	Prezzario Regione Piemonte	1853	m <sup>2</sup>	€ 12,95	€ 24.004,77	22%	€ 29.285,82
25.A90.A20.010	Tinteggiatura di superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	1853	m <sup>2</sup>	€ 6,63	€ 12.280,34	22%	€ 14.982,01
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 3.563,22	22%	€ 4.347,13
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 8.314,18	22%	€ 10.143,30
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 130.651,46</b>	<b>22%</b>	<b>€ 159.394,78</b>
<b>Incentivi</b>		<b>Conto termico</b>						<b>€ 63.757,91</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 12.751,58</b>

#### EEM2: Coibentazione esterna copertura

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione verso l'esterno della copertura piana della scuola.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo iniziale

inferiore ai 400000 €, il costo unitario inferiore ai 200 €/m<sup>2</sup> e la trasmittanza del solaio di copertura inferiore a 0,220 W/(m<sup>2</sup>K).

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Coibentazione esterna copertura

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
					[€/m <sup>2</sup> ] o [€/m]	(IVA ESCLUSA) [€]	[%]	(IVA INCLUSA) [€]
25.A05.C10.010	Demolizione di manti impermeabili su superfici piane o inclinate	Prezzario Regione Liguria	477	m <sup>2</sup>	€ 6,25	€ 2.983,42	22%	€ 3.639,77
01.P09.G20.025	Pannelli tipo sandwich in poliuretano espanso spessore mm 50	Prezzario Regione Piemonte	1431	m <sup>2</sup>	€ 8,99	€ 12.865,99	22%	€ 15.696,51
03.P10.B01.005	Guaina in fibre di polietilene, barriera al vento e all'acqua, traspirante, esente da esalazioni di sostanze tossiche. Rotolo	Prezzario Regione Piemonte	477	m <sup>2</sup>	€ 13,95	€ 6.656,32	22%	€ 8.120,71
25.A44.A50.010	Solo posa di isolamento termico-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezzario Regione Liguria	477	m <sup>2</sup>	€ 6,07	€ 2.896,69	22%	€ 3.533,96
25.A48.A30.010	Solo posa in opera di membrane bituminose semplici, autoprotette, rivestite con lamine metalliche e simili	Prezzario Regione Liguria	477	m <sup>2</sup>	€ 10,74	€ 5.121,25	22%	€ 6.247,92
AT.N20.S10.065	Ponteggio per castello di servizio 3,60x1,10 m (due castelli affiancati) misurato in altezza	Prezzario Regione Liguria	25	m	€ 174,59	€ 4.364,77	22%	€ 5.325,02
28.A05.B10	Parapetto anticaduta in assi di legno	Prezzario Regione Piemonte	97	m	€ 13,95	€ 1.353,59	22%	€ 1.651,38
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.087,26	22%	€ 1.326,46
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.536,94	22%	€ 3.095,07
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM2)</b>						<b>€ 39.866,23</b>	<b>22%</b>	<b>€ 48.636,80</b>
<b>Incentivi</b>		<b>Conto termico</b>						<b>€ 19.454,72</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 3.890,94</b>

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

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche sui radiatori dell'impianto di riscaldamento, di un circolatore gemellare ad inverter e del relativo sistema di termoregolazione

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo iniziale inferiore ai 50000 € e il costo unitario inferiore ai 25 €/m<sup>2</sup>.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
					[€/n°] o [€/h]	(IVA ESCLUSA) [€]	[%]	(IVA INCLUSA) [€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica	Prezzario Regione Liguria	100	cad	€ 32,20	€ 3.220,00	22%	€ 3.928,40
PR.C47.H10.115	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 1.742,25	€ 1.742,25	22%	€ 2.125,55
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 45,51	€ 45,51	22%	€ 55,52
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
PR.C74.B05.010	Termostato ambiente tipo elettronico, con display a cristalli liquidi	Prezzario Regione Liguria	5	cad	€ 123,34	€ 616,68	22%	€ 752,35
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. Ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	36	h	€ 28,98	€ 1.053,01	22%	€ 1.284,67
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 200,94	22%	€ 245,15
	Costi progettazione	-	7%	%		€ 468,87	22%	€ 572,02
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM4)</b>						<b>€ 7.367,89</b>	<b>22%</b>	<b>€ 8.988,82</b>
<b>Incentivi</b>		<b>Conto termico</b>						<b>€ 3.595,53</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>1</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 3.595,53</b>

**EEM4: Sostituzione corpi illuminanti**

Nella Tabella 9.4 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti a fluorescenza tipo T8 e dei faretto alogeni, con lampade e proiettori a led.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo iniziale inferiore ai 70000 €, il costo unitario inferiore ai 35 €/m<sup>2</sup> e la riduzione della potenza installata superiore al 50%.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione lampade corpi illuminanti

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
					[€/n°] o [€/h]	(IVA ESCLUSA) [€]	[%]	(IVA INCLUSA) [€]
1E.06.060.0210.a	Lampade a led a tubo - Lunghezza 600 mm	Prezzario Milano	6	cad	21,46	€ 128,78	22%	€ 157,11

1E.06.060.0210.c	Lampade a led a tubo - Lunghezza 1200 mm	Prezzario Milano	266	cad	31,54	€ 8.388,67	22%	€ 10.234,18
1E.06.060.0210.d	Lampade a led a tubo - Lunghezza 1500 mm	Prezzario Milano	8	cad	41,21	€ 329,67	22%	€ 402,20
1E.06.060.0040.a	Proiettore orientabile da esterno / interno idoneo per impianti sportivi equipaggiato con lampade led	Prezzario Milano	3	cad	259,36	€ 778,09	22%	€ 949,27
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 255,52	22%	€ 311,74
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 596,22	22%	€ 727,39
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM5)</b>						<b>€ 10.476,96</b>	<b>22%</b>	<b>€ 12.781,90</b>
<b>Incentivi</b>		<b>Conto termico</b>						<b>€ 5.112,76</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 1.022,55</b>

### EEM5: Sostituzione del generatore di calore

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM5, che consiste nella sostituzione della caldaia di tipo tradizionale presente con una caldaia a condensazione.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0 se effettuato insieme all'installazione di valvole termostatiche e circolatore ad inverter (EEM3). In tal caso il valore dell'incentivo è quantificato nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo iniziale inferiore ai 40000 € e il costo unitario inferiore ai 130 €/kWt.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Sostituzione del generatore di calore

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
					[€/n°] o [€/h] o [€/m³km]	[€]	[%]	[€]
PR.C76.B10.030	Caldaie a condensazione a basamento della potenza termica nominale di: 320 kW circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 17.077,50	€ 17.077,50	22%	€ 20.834,55
PR.C84.C05.505	Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 163,30	€ 163,30	22%	€ 199,23
40.C10.B10.120	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie da 101 kW a 350 kW	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 357,07	€ 357,07	22%	€ 435,63
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 109,64	€ 109,64	22%	€ 133,76

40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 31,28	€ 469,23	22%	€ 572,46
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. Ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 28,98	€ 1.159,27	22%	€ 1.414,31
20.A15.B10.015	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni	Prezzario Regione Liguria	100	m³km	€ 4,29	€ 429,09	22%	€ 523,49
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 599,85	22%	€ 731,82
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.399,65	22%	€ 1.707,58
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM6)</b>						<b>€ 21.994,53</b>	<b>22%</b>	<b>€ 26.833,33</b>
<b>Incentivi</b>						-		<b>€ 10.733,33</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 2.146,67</b>

### EEM6: Installazione impianto fotovoltaico

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM6, 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 alla rete attraverso la tariffa stabilita dallo Scambio sul Posto. Il contributo in conto scambio calcolato nel capitolo precedente risulta pari a 924,46 €/anno.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6 – Installazione impianto fotovoltaico

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(%)	(IVA INCLUSA)
					[€/kW <sub>p</sub> ]	[€]	[%]	[€]
1E.17.010.0010	Fornitura e posa di impianto fotovoltaico	Prezzario Milano	16,56	kWp	2.466,80	€ 40.850,21	22%	€ 49.837,25
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.225,51	22%	€ 1.495,12
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 2.859,51	22%	€ 3.488,61
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM7)</b>						<b>€ 44.935,23</b>	<b>22%</b>	<b>€ 54.820,98</b>
<b>Incentivi</b>						-		-
<b>Durata incentivi</b>								-
<b>Incentivo annuo</b>								-

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

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

### EEM1: Coibentazione esterna pareti verticali

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione esterna pareti verticali

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	159.395
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	12.752
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	18,2	10,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	31,2	15,6
Valore attuale netto	VAN	- 6.538	50.230
Tasso interno di rendimento	TIR	3,6%	7,5%
Indice di profitto	IP	-0,04	0,32

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

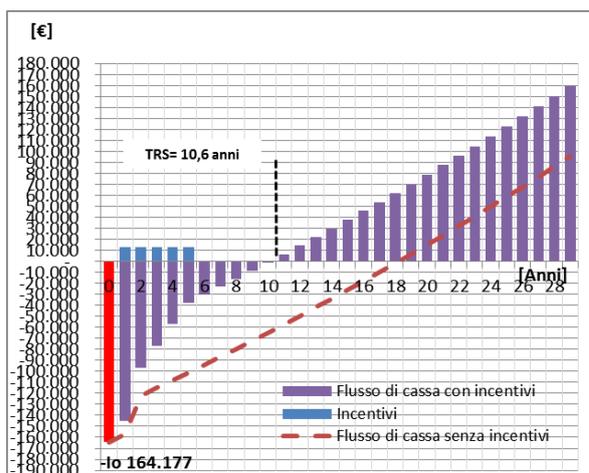
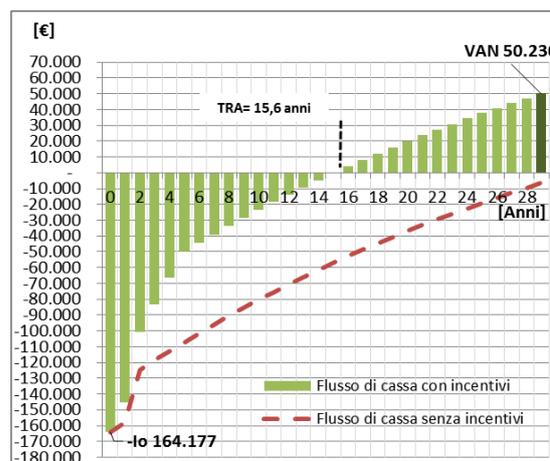


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno semplice dell’intervento senza incentivi è di circa 18 anni, su un tempo di vita dell’intervento stimato essere di 30 anni. Il tempo di ritorno attualizzato risulta ben al di sotto del tempo di vita dell’intervento nel caso di accesso all’incentivo previsto, rendendo quindi l’EEM1 conveniente, con un VAN al trentesimo anno di oltre 50000€.

### EEM2: Coibentazione esterna copertura

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– Coibentazione esterna copertura

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	48.637
Oneri Finanziari % $l_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	3.891
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	39,6	22,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	60,9	35,8
Valore attuale netto	VAN	- 25.428	- 8.106
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,0%	1,6%
Indice di profitto	IP	-0,52	-0,17

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

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

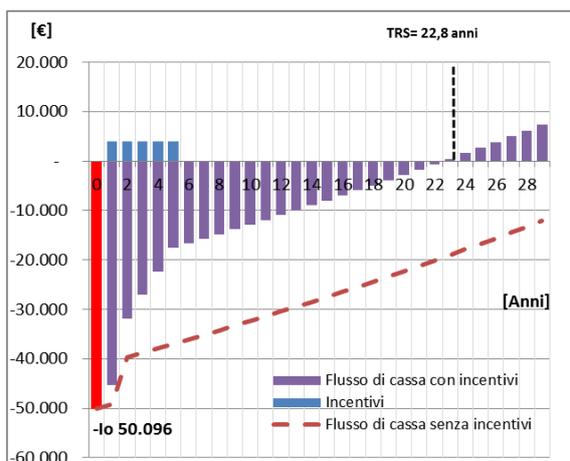
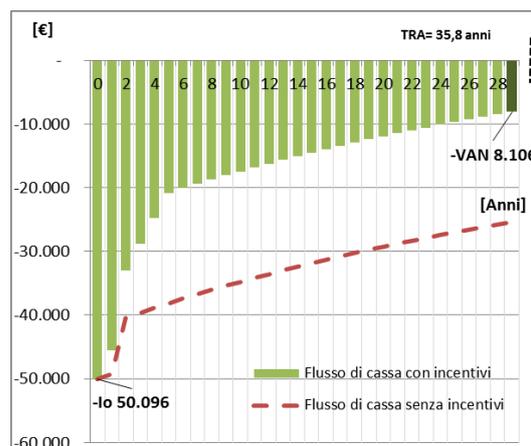


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dal punto di vista economico l'intervento proposto non può essere considerato sostenibile, infatti determina un VAN negativo al trentesimo anno di vita nonostante il vantaggio derivante dagli incentivi. I risparmi derivanti da tale coibentazione sono relativamente ridotti a causa della bassa incidenza sui fabbisogni energetici determinati dal componente oggetto di intervento, tuttavia è stata presentata come azione migliorativa in quanto potrebbe contribuire alla costruzione di uno scenario valido, soprattutto considerando l'installazione dell'impianto fotovoltaico sulla copertura da coibentare.

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

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	8.989
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	3.596
Durata incentivo	$n_B$	anni	1
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	1,0	0,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	1,0	0,8
Valore attuale netto	VAN	91.151	94.608
Tasso interno di rendimento	TIR	99,7%	120,7%
Indice di profitto	IP	10,14	10,53

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

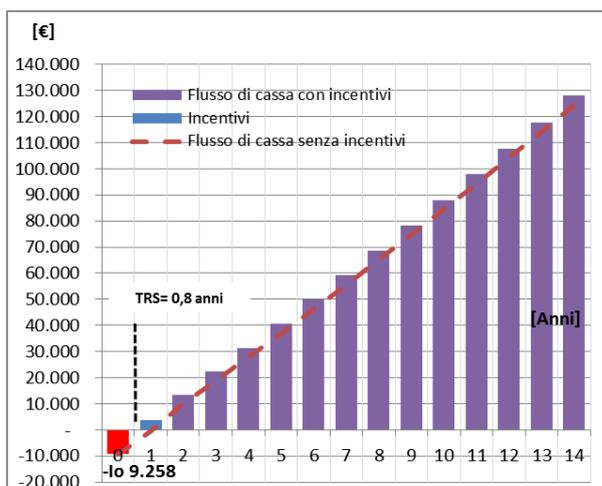
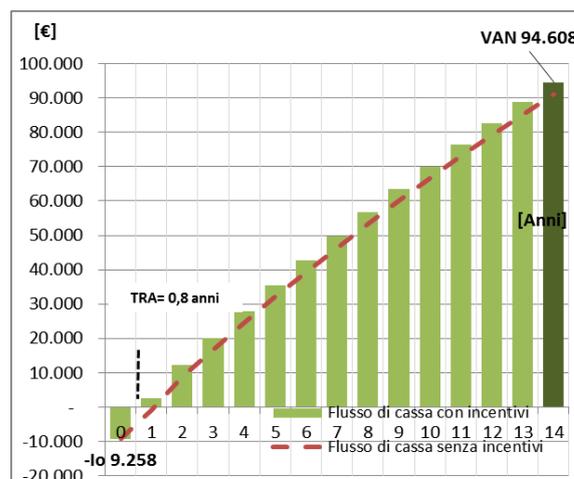


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



L'installazione delle valvole termostatiche sui terminali di emissione dell'edificio si conferma essere un intervento fortemente vantaggioso, essendo determinato da un investimento iniziale relativamente ridotto ma portando con sé un notevole vantaggio in termini di risparmio energetico ed economico. L'investimento ha infatti un tempo di ritorno attualizzato inferiore a 1 anno con un VAN a 15 anni superiore ai 94000€.

#### EEM4: Sostituzione corpi illuminanti interni

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti interni

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	23.612
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	1.889
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	22,5	12,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	28,3	17,1
Valore attuale netto	VAN	- 11.417	- 3.008
Tasso interno di rendimento	TIR	-5,8%	1,1%
Indice di profitto	IP	-0,48	-0,13

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

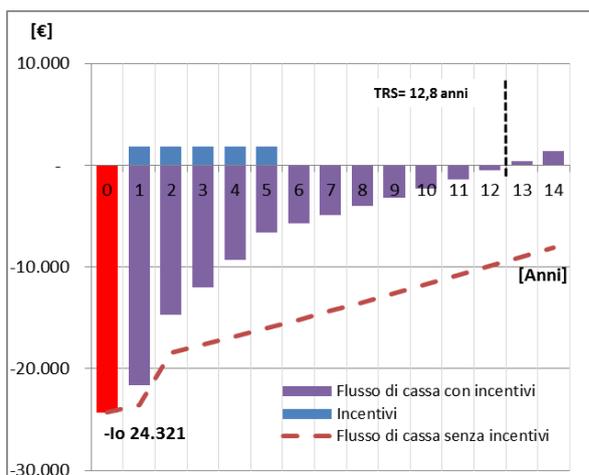
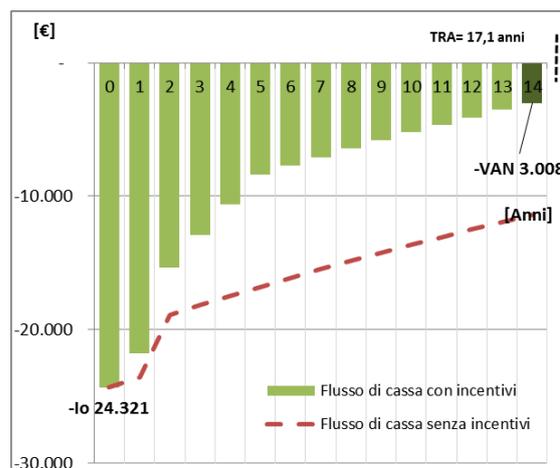


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno semplice dell'intervento con incentivi è di circa 13 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 15 anni. Il tempo di ritorno attualizzato risulta invece superiore al tempo di vita dell'intervento nel caso di accesso all'incentivo previsto.

#### EEM5: Sostituzione del generatore di calore

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

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5 – Sostituzione del generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	26.833
Oneri Finanziari % $l_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	$n$	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	2.147
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	$i$	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	16,0	8,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,5	11,9
Valore attuale netto	VAN	- 7.389	2.168
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,0%	5,6%
Indice di profitto	IP	-0,28	0,08

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

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

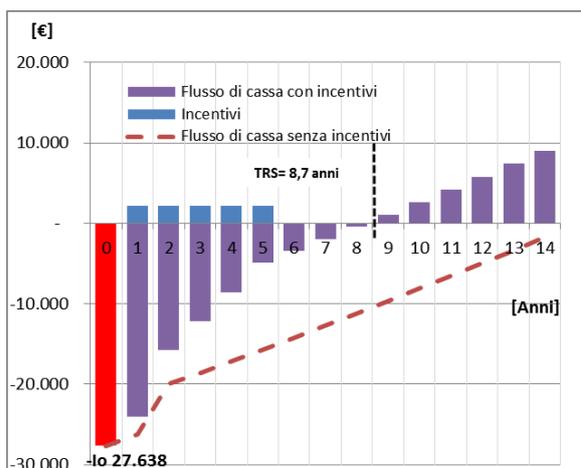
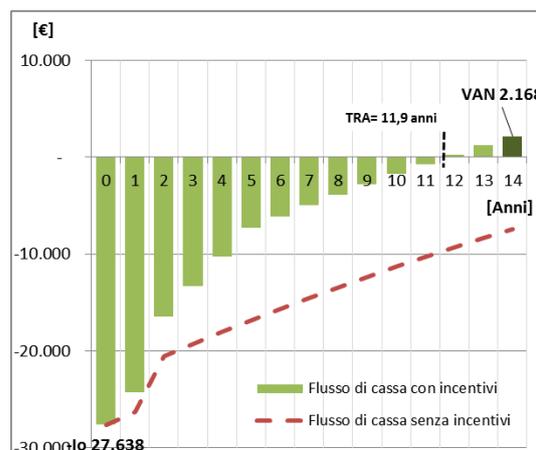


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno semplice dell'intervento con incentivi è di circa 9 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 15 anni. Anche il tempo di ritorno attualizzato risulta inferiore al tempo di vita dell'intervento nel caso di accesso all'incentivo previsto, con un VAN al quindicesimo anno di circa 2000 €, rendendo la misura di efficientamento vantaggiosa.

#### EEM6: Installazione impianto fotovoltaico

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

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6 – Installazione impianto fotovoltaico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	54.821
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	20
Incentivo annuo	B	€/anno	0
Durata incentivo	$n_B$	anni	0
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	15,7	15,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	23,3	23,3
Valore attuale netto	VAN	- 7.928	- 7.928
Tasso interno di rendimento	TIR	2,1%	2,1%
Indice di profitto	IP	-0,14	-0,14

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

Figura 9.11 – EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

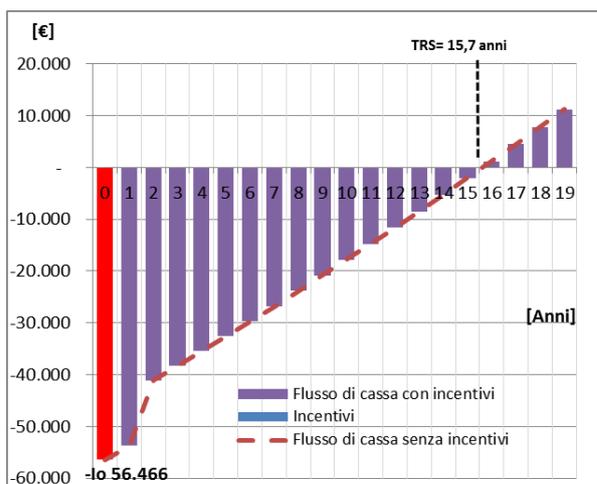
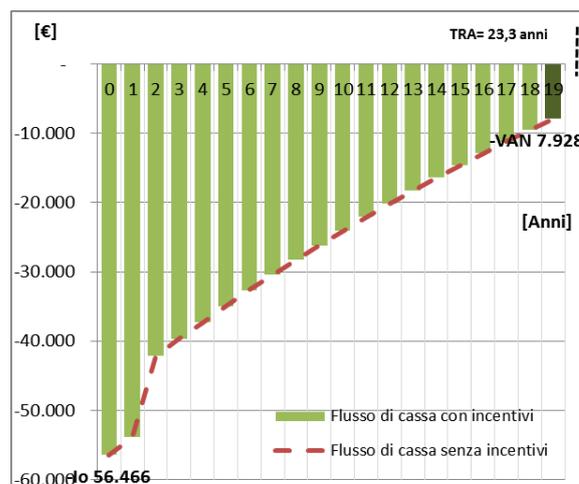


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi economica effettuata sull'installazione di un impianto fotovoltaico in copertura, ne risulta un investimento non troppo conveniente avendo un tempo di ritorno attualizzato di circa 23 anni. Tuttavia si può considerare che il prezzo al kW di picco assunto per le valutazioni economiche, così come ricavato dai prezziari, sia eccessivo rispetto all'attuale prezzo di mercato; si può infatti stimare che l'investimento iniziale utilizzato per il calcolo economico sia quasi il doppio di un investimento ottenuto dai valori di mercato.

### Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.13 e Tabella 9.14.

Tabella 9.13 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI												
	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta_{CO2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	
EEM1	37,8%	34,6%	8.087	0	0	159.395	18,2	31,2	30	-6.538	3,6%	-0,04	
EEM2	4,9%	4,4%	1.022	0	0	48.637	39,6	60,9	30	-25.428	-2,0%	-0,52	
EEM3	50,4%	45,3%	10.540	-17	-14	8.989	1,0	1,0	15	91.151	99,7%	10,14	
EEM4	1,7%	3,6%	944	0	9	23.612	22,5	28,3	15	-11.417	-5,8%	-0,48	
EEM5	7,7%	7,0%	1.647	17	14	26.833	16,0	20,5	15	-7.389	-1,0%	-0,28	
EEM6	4,5%	9,3%	3.388	-86	-23	54.821	15,7	23,3	20	-7.928	2,1%	-0,14	

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

Dall'analisi dei risultati valutati senza gli incentivi emerge che l'unico intervento con VAN positivo è l'EEM3 relativo all'installazione di valvole termostatiche e circolatore ad inverter. Gli altri riportano un VAN negativo senza il Conto Termico.

Tabella 9.14 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta CO_2$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	37,8%	34,6%	8.087	0	0	159.395	10,6	15,6	30	50.230	7,5%	0,32
EEM2	4,9%	4,4%	1.022	0	0	48.637	22,8	35,8	30	-8.106	1,6%	-0,17
EEM3	50,4%	45,3%	10.540	-17	-14	8.989	0,8	0,8	15	94.608	120,7%	10,53
EEM4	1,7%	3,6%	944	0	9	23.612	12,8	17,1	15	-3.008	1,1%	-0,13
EEM5	7,7%	7,0%	1.647	17	14	26.833	8,7	11,9	15	2.168	5,6%	0,08
EEM6	4,5%	9,3%	3.388	-86	-23	54.821	15,7	23,3	20	-7.928	2,1%	-0,14

Con l'accesso agli incentivi del Conto Termico anche la coibentazione delle pareti verticali (EEM1) e la sostituzione del generatore di calore (EEM5) raggiungono un VAN positivo, mentre l'intervento di coibentazione della copertura continua ad essere non vantaggioso, insieme alla sostituzione dei corpi illuminanti. Nonostante questa situazione si è proceduto ugualmente a considerarli tutti negli scenari di miglioramento SCN1 ed SCN2, dato che la combinazione di diverse azioni di efficientamento può portare a benefici superiori rispetto alla semplice somma aritmetica dei risparmi determinati dai singoli interventi.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I<sub>0</sub>
- E è l'Equity, pari a 20% di I<sub>0</sub>
- $\frac{D}{D+E}$  è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- $\tau$  è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

- FCO<sub>n</sub> sono i flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo;
- K<sub>n</sub> è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;
- I<sub>n</sub> è la quota interessi da ripagare nell'anno tn-esimo.

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

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

Dove:

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

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

ottimali bancabili sono stati considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLLCR maggiori di 1.

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

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

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

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

- **Scenario 1: EEM1+EEM3+EEM4+EEM5** - Tale scenario consiste nella realizzazione di un cappotto esterno sulle pareti verticali, nell'installazione di un sistema di *building automation* mediante l'uso di valvole termostatiche e di una pompa di circolazione a giri variabili, nella sostituzione dei corpi illuminanti e nella sostituzione del generatore di calore
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5+EEM6** - Tale scenario consiste nella realizzazione di un cappotto esterno sulle pareti verticali, nella coibentazione verso l'esterno della copertura, nell'installazione di un sistema di *building automation* mediante l'uso di valvole termostatiche e di una pompa di circolazione a giri variabili, nella sostituzione dei corpi illuminanti, nella sostituzione del generatore di calore e nell'installazione di un impianto fotovoltaico in copertura.

### 9.3.1 Scenario 1: EEM1+EEM3+EEM4+EEM5

La realizzazione dello scenario 1 (TRS<15anni) consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

- EEM 1: Coibentazione esterna pareti verticali
- EEM 3: Installazione valvole termostatiche e elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 4: Sostituzione corpi illuminanti
- EEM 5: Sostituzione del generatore di calore

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 - Fornitura e posa coibentazione pareti verticali	€ 118.774,05	€ 26.130,29	€ 144.904,35
EEM3 – Fornitura e posa valvole termostatiche e pompa ad inverter	€ 6.698,08	€ 1.473,58	€ 8.171,66
EEM4 – Fornitura e posa lampade a led	€ 19.278,48	€ 4.241,27	€ 23.519,75
EEM5 – Fornitura e posa generatore di calore a condensazione	€ 19.995,03	€ 4.398,91	€ 24.393,93
Costi per la sicurezza	€ 4.386,80	€ 965,10	€ 5.351,90
Costi per la progettazione	€ 10.235,87	€ 2.251,89	€ 12.487,76
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>€ 179.368,31</b>	<b>€ 39.461,03</b>	<b>€ 218.829,34</b>

VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	€ 1.720,06	€ 457,23	€ 2.177,29
EEM3 O&M	€ 1.737,26	€ 470,95	€ 2.208,21
EEM4 O&M	€ 1.720,06	€ 448,09	€ 2.168,15
EEM5 O&M	€ 1.702,86	€ 443,51	€ 2.146,38
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>€ 1.720,06</b>	<b>€ 448,09</b>	<b>€ 2.168,15</b>

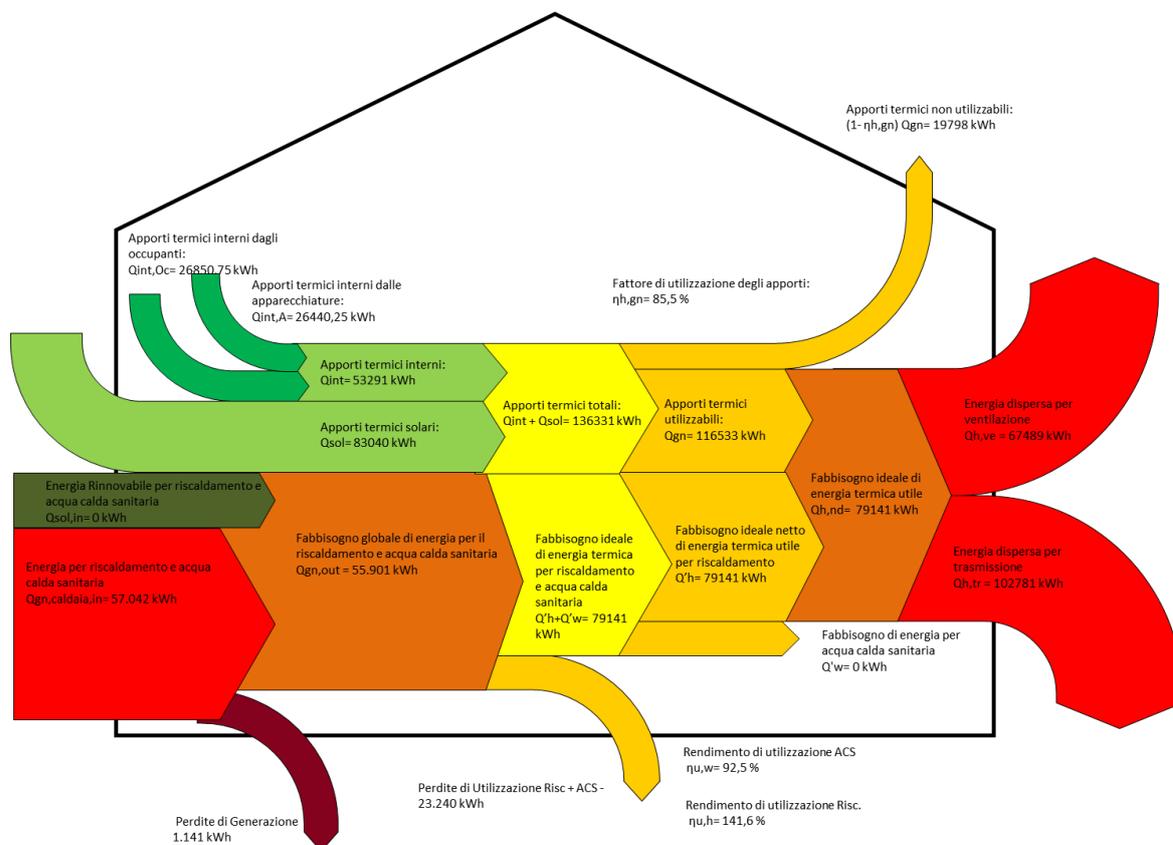
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>€ 115.465,95</b>
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>		<b>€ 23.093,19</b>

L'incentivo per lo scenario in esame non è la somma aritmetica degli incentivi dei singoli interventi, bensì è pari alla somma dei seguenti contributi

- 55% dell'investimento iniziale per le EEM1 e EEM5
- 40% dell'investimento iniziale per le EEM3 e EEM4

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

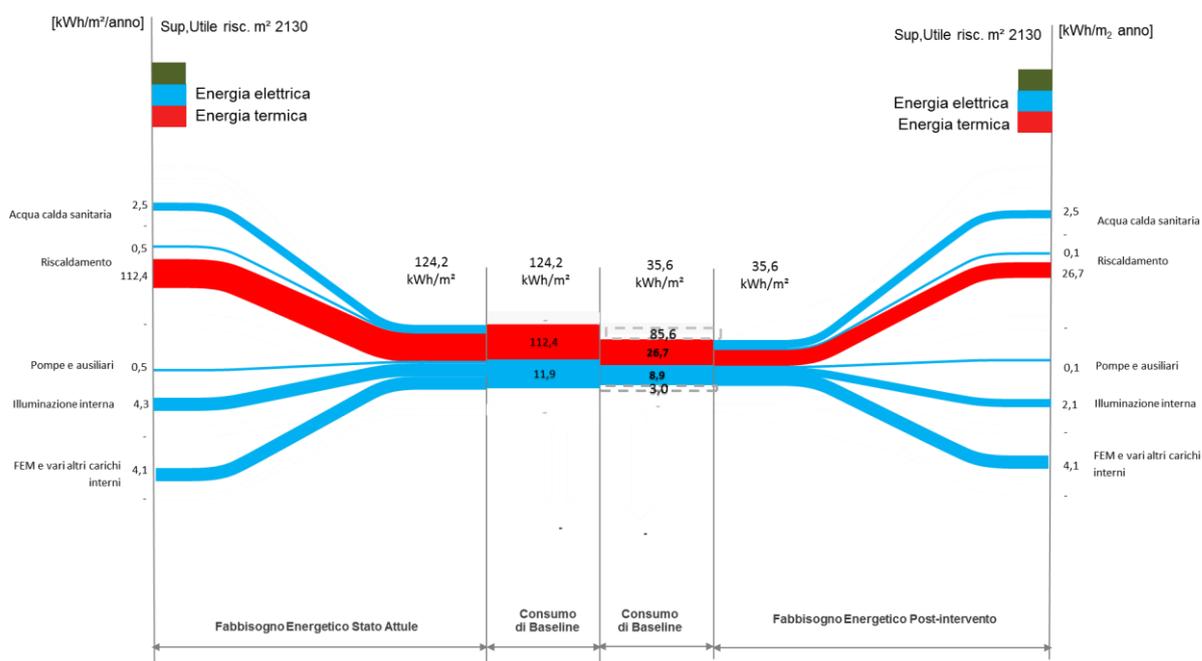
Figura 9.13 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare come siano aumentati i rendimenti di utilizzazione del riscaldamento e degli apporti,

grazie al miglioramento nella regolazione e nella distribuzione dell'impianto di climatizzazione invernale, in aggiunta alla riduzione importante di energia dispersa per trasmissione.

Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15.

Dai risultati dell'analisi dello SCN1 si ha avuto un passaggio di 2 classi energetiche dell'edificio; i risparmi in termini energetici ed economici risultano piuttosto importanti grazie ad interventi a tutto tondo, sia sull'involucro, sia sugli impianti termico ed elettrico.

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1 – EEM1+EEM3+EEM4+EEM5

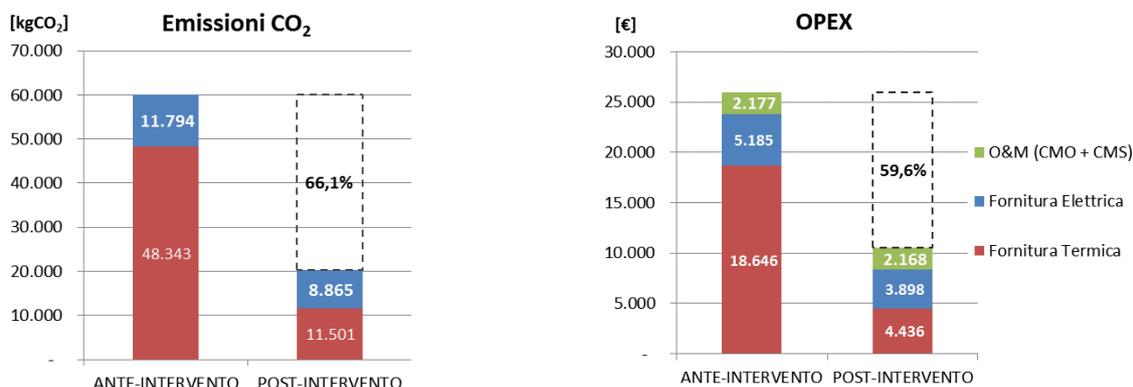
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 Trasmittanza termica media pareti verticale M1	[W/m²K]	1,352	0,244	<b>82,0%</b>
EEM3 Rendimento di regolazione	[%]	70,9	99	<b>-39,6%</b>
EEM4 Potenza elettrica installata per l'illuminazione	[kW]	10,448	4,684	<b>55,2%</b>
EEM5 Rendimento di generazione	[%]	89,813	98	<b>-9,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	239.786	57.046	<b>76,2%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	25.331	19.041	<b>24,8%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	239.323	56.936	<b>76,2%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25.254	18.983	<b>24,8%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	48.343	11.501	<b>76,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.794	8.865	<b>24,8%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>60.137</b>	<b>20.366</b>	<b>66,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	18.646	4.436	<b>76,2%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.185	3.898	<b>24,8%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>23.831</b>	<b>8.334</b>	<b>65,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	1.720	1.720	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	457	448	<b>2,0%</b>

O&M (C <sub>Mo</sub> + C <sub>M</sub> s)	[€]	2.177	2.168	0,4%
OPEX	[€]	26.008	10.502	59,6%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,205 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15 - 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 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– EEM3+EEM4

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n <sub>i</sub>	1
Anni Gestione Servizio	n <sub>s</sub>	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n <sub>o</sub>	2020
Anni dell'ammortamento	n <sub>A</sub>	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k <sub>cdp</sub>	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
k <sub>progetto</sub> = Max( WACC; k <sub>cdp</sub> )	k <sub>progetto</sub>	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k <sub>D</sub>	3,82%
%, interessi equity	k <sub>E</sub>	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n <sub>D</sub>	11
Anni Equity	n <sub>E</sub>	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I <sub>o</sub>	€ 218.829
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 6.565
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 225.394
%CAPEX a Debito	D	80,0%

%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I <sub>D</sub>	€ 180.315
Equity	I <sub>E</sub>	€ 45.079
Fattore di annualità Debito	FA <sub>D</sub>	8,97
Rata annua debito	q <sub>D</sub>	€ 20.100
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	q <sub>D</sub> *n <sub>D</sub>	€ 221.098
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	INT <sub>D</sub> =q <sub>D</sub> *n <sub>D</sub> -D	€ 40.783

Tabella 9.18 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C <sub>E0</sub>	€ 19.534
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C <sub>M0</sub>	€ 1.785
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C <sub>baseline</sub>	€ 21.318
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C <sub>Altro</sub>	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC <sub>E</sub>	65,0%
Riduzione% costi O&M	%ΔC <sub>M</sub>	0,4%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C <sub>baseline</sub>	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 11.992
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 40.665
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 15.209
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	25,13%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C <sub>ESCO</sub>	€ 4.046
Costi FTT €/anno IVA escl.	C <sub>FTT</sub>	€ 2.913
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C <sub>CAPEX</sub>	€ 5.033
Canone O&M €/anno	C <sub>nM</sub>	€ 1.845
Canone Energia €/anno	C <sub>nE</sub>	€ 7.481
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C <sub>nS</sub>	€ 9.326
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C <sub>nD</sub>	€ 11.992
Canone Totale €/anno IVA escl.	C <sub>n</sub>	€ 21.318
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R <sub>IVA</sub>	€ 39.461
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R <sub>B</sub>	€ 115.466
Durata Incentivi, anni	n <sub>B</sub>	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.19 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I <sub>0</sub> / FC, Anni	T.R.S.	6,89
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,69
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I <sub>0</sub>	VAN > 0	€ 38.739
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	7,61%
Indice di Profitto	IP	17,70%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I <sub>0</sub> / FC, Anni	T.R.S.	2,84
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,22

Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€ 31.170
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	37,42%
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	1,216
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>	1,033
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	14,24%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

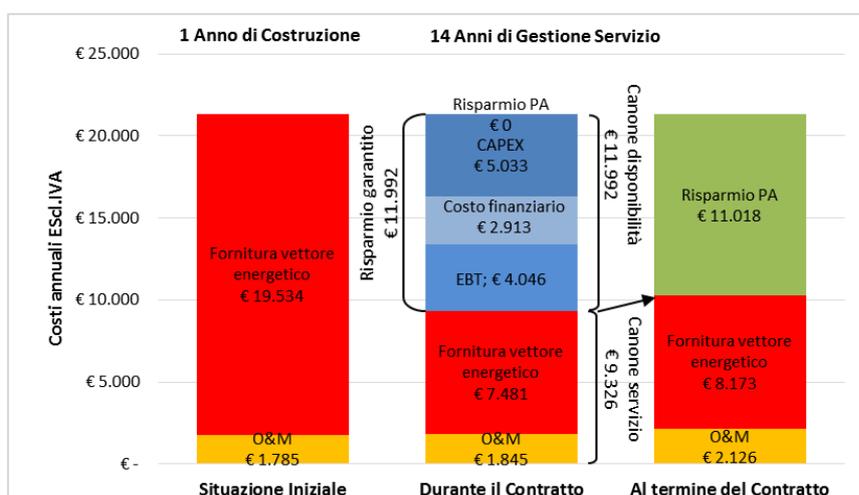


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5+EEM6

La realizzazione dello scenario 2 (TRS<25anni) consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

- EEM 1: Coibentazione esterna pareti verticali
- EEM 2: Coibentazione esterna copertura
- EEM 3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 4: Sostituzione lampade corpi illuminanti
- EEM 5: Sostituzione del generatore di calore
- EEM 6: Installazione impianto fotovoltaico

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

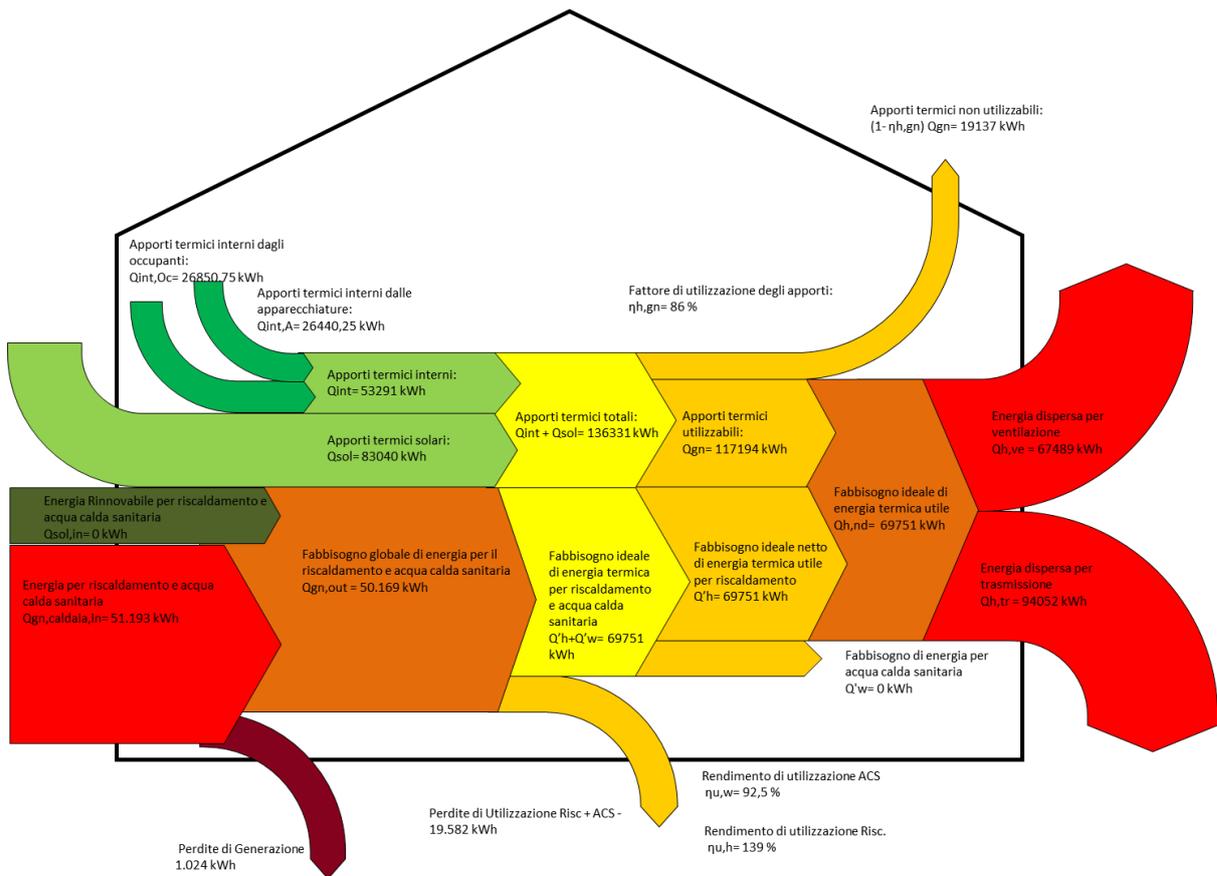
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 - Fornitura e posa coibentazione pareti verticali	€ 118.774,05	€ 26.130,29	€ 144.904,35
EEM2 – Fornitura e posa coibentazione copertura	€ 36.242,03	€ 7.973,25	€ 44.215,27
EEM3 – Fornitura e posa valvole termostatiche e pompa ad inverter	€ 6.698,08	€ 1.473,58	€ 8.171,66
EEM4 – Fornitura e posa lampade a led	€ 19.278,48	€ 4.241,27	€ 23.519,75
EEM5 – Fornitura e posa generatore di calore a condensazione	€ 19.995,03	€ 4.398,91	€ 24.393,93
EEM6 – Fornitura e posa impianto fotovoltaico	€ 40.850,21	€ 8.987,05	€ 49.837,25
Costi per la sicurezza	€ 6.699,57	€ 1.473,90	€ 8.173,47
Costi per la progettazione	€ 15.632,32	€ 3.439,11	€ 19.071,43
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>€ 264.169,77</b>	<b>€ 58.117,35</b>	<b>€ 322.287,12</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	€ 1.720,06	€ 457,23	€ 2.177,29
EEM2 O&M	€ 1.720,06	€ 457,23	€ 2.177,29
EEM3 O&M	€ 1.737,26	€ 470,95	€ 2.208,21
EEM4 O&M	€ 1.720,06	€ 448,09	€ 2.168,15
EEM5 O&M	€ 1.702,86	€ 443,51	€ 2.146,38
EEM6 O&M	€ 1.806,07	€ 480,09	€ 2.286,16
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>€ 1.806,07</b>	<b>€ 470,95</b>	<b>€ 2.277,01</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE		TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Incentivi	Conto termico		€ 142.216,19
Durata incentivi			5
Incentivo annuo			€ 28.443,24

L’incentivo per lo scenario in esame non è la somma aritmetica degli incentivi dei singoli interventi, bensì è pari alla somma dei seguenti contributi

- 55% dell’investimento iniziale per le EEM1, EEM2 e EEM5
- 40% dell’investimento iniziale per le EEM3 e EEM4

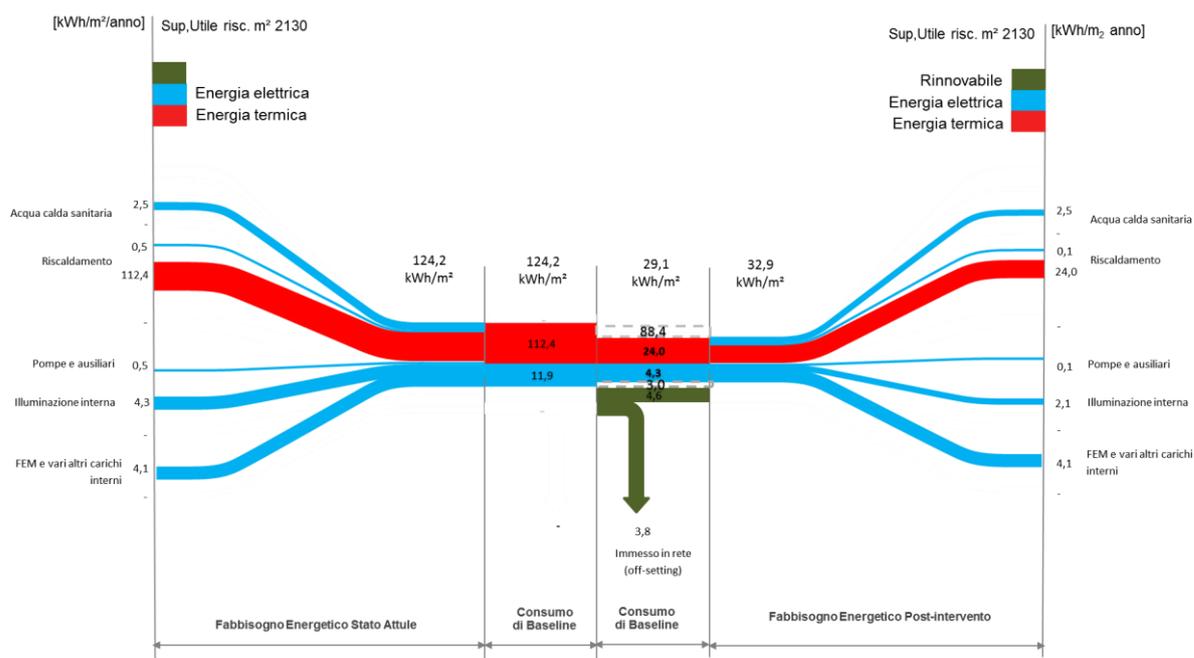
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.19 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento si verifica una situazione non molto diversa da quella dello scenario; in questo caso si hanno ulteriori risparmi relativi alla diminuzione delle perdite per trasmissione dovuta alla coibentazione della copertura.

Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.21 e nella Figura 9.21.

Dai risultati dell'analisi dello SCN2 si ha avuto un passaggio di 5 classi energetiche, dalla F alla A1; la differenza sostanziale rispetto al precedente scenario che ha determinato un salto sostanziale di classe riguarda l'installazione dell'impianto fotovoltaico. Grazie agli interventi migliorativi proposti i risultati in termini di risparmio energetico ed economico sono molto favorevoli.

Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5+EEM6

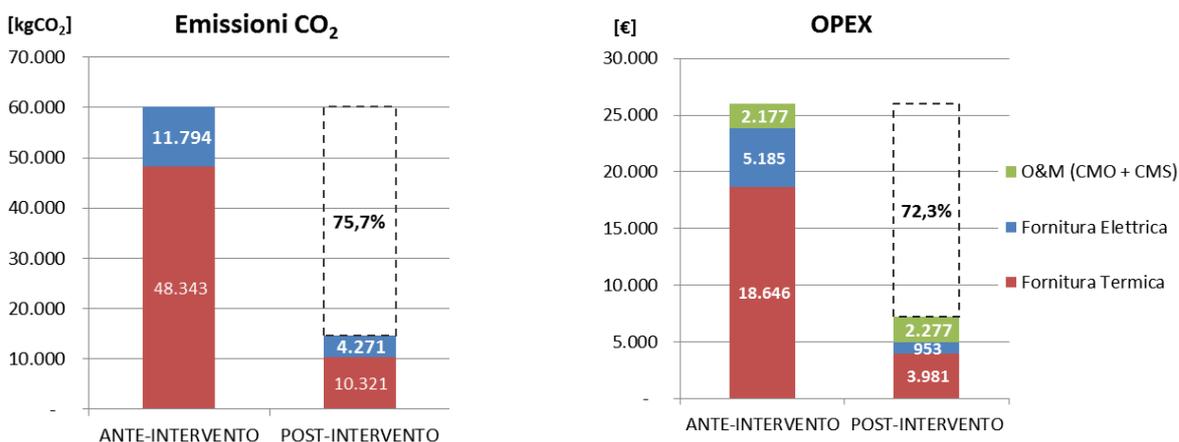
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 Trasmittanza termica media pareti verticale M1	[W/m²K]	1,352	0,244	<b>82,0%</b>
EEM2 Trasmittanza media copertura S1	[W/m²K]	1,384	0,215	<b>84,5%</b>
EEM3 Rendimento di regolazione	[%]	70,9	99	<b>-39,6%</b>
EEM4 Potenza elettrica installata per l'illuminazione	[kW]	10,45	4,68	<b>55,2%</b>
EEM5 Rendimento di generazione	[%]	89,8	98,0	<b>-9,1%</b>
EEM6 Potenza di picco installata	[%]	0	16,56	-
$Q_{teorico}$	[kWh]	239.786	51.191	<b>78,7%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	25.331	9.174	<b>63,8%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	239.323	51.092	<b>78,7%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	25.254	9.146	<b>63,8%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	48.343	10.321	<b>78,7%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	11.794	4.271	<b>63,8%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>60.137</b>	<b>14.592</b>	<b>75,7%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	18.646	3.981	<b>78,7%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5.185	953	<b>81,6%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>23.831</b>	<b>4.934</b>	<b>79,3%</b>

$C_{MO}$	[€]	1.720	1.806	-5,0%
$C_{MS}$	[€]	457	471	-3,0%
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>2.177</b>	<b>2.277</b>	<b>-4,6%</b>
OPEX	[€]	<b>26.008</b>	<b>7.211</b>	<b>72,3%</b>
Classe energetica	[-]	F	A1	+5 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: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,205 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.21 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.22, Tabella 9.23, Tabella 9.24 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2 – EM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5+EEM6

PARAMETRI FINANZIARI			
Anni Costruzione	$n_i$		1
Anni Gestione Servizio	$n_s$		24
Anni Concessione	$n$		25
Anno inizio Concessione	$n_o$		2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$		10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$		2,00%
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>		4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$		4,00%
Inflazione ISTAT	$f$		0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$		0,70%
%, interessi debito	$k_D$		3,82%
%, interessi equity	$k_E$		9,00%
Aliquota IRES	<b>IRES</b>		24,0%
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>		3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$		27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$		15
Anni Equity	$n_E$		24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	€	322.287

Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 9.669
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 331.956
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I <sub>D</sub>	€ 265.565
Equity	I <sub>E</sub>	€ 66.391
Fattore di annualità Debito	FA <sub>D</sub>	11,41
Rata annua debito	q <sub>D</sub>	€ 23.282
Costo finanziamento,(D+INT <sub>D</sub> )	q <sub>D</sub> *n <sub>D</sub>	€ 349.225
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	INT <sub>D</sub> =q <sub>D</sub> *n <sub>D</sub> -D	€ 83.661

Tabella 9.23 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C <sub>EO</sub>	€ 19.534
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C <sub>MO</sub>	€ 1.785
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C <sub>Baseline</sub>	€ 21.318
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C <sub>Altro</sub>	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC <sub>E</sub>	79,3%
Riduzione% costi O&M	%ΔC <sub>M</sub>	-4,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C <sub>Baseline</sub>	8,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 14.618
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.705
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 157.264
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 20.779
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	28,50%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C <sub>ESCO</sub>	€ 3.942
Costi FTT €/anno IVA escl.	C <sub>FTT</sub>	€ 3.486
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C <sub>CAPEX</sub>	€ 5.484
Canone O&M €/anno	C <sub>nM</sub>	€ 1.988
Canone Energia €/anno	C <sub>nE</sub>	€ 4.713
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C <sub>nS</sub>	€ 6.700
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C <sub>nD</sub>	€ 12.912
Canone Totale €/anno IVA escl.	C <sub>n</sub>	€ 19.613
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R <sub>IVA</sub>	€ 58.117
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R <sub>B</sub>	€ 142.216
Durata Incentivi, anni	n <sub>B</sub>	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.24 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I <sub>o</sub> / FC, Anni	T.R.S.	10,84
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	17,02
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I <sub>o</sub>	VAN > 0	€ 44.419
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	6,01%

Indice di Profitto	IP	13,78%
<b>INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE</b>		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,95
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	3,43
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 28.557
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	30,28%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,122
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,101
Indice di Profitto Azionista	IP	8,86%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

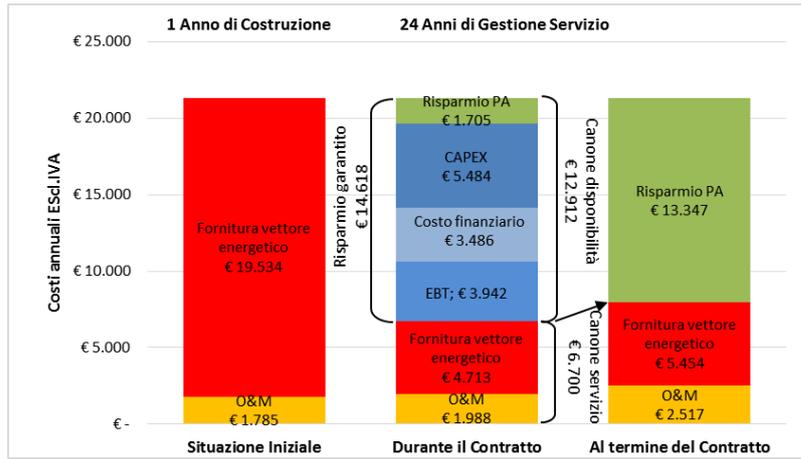


Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.24.

Figura 9.24 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract

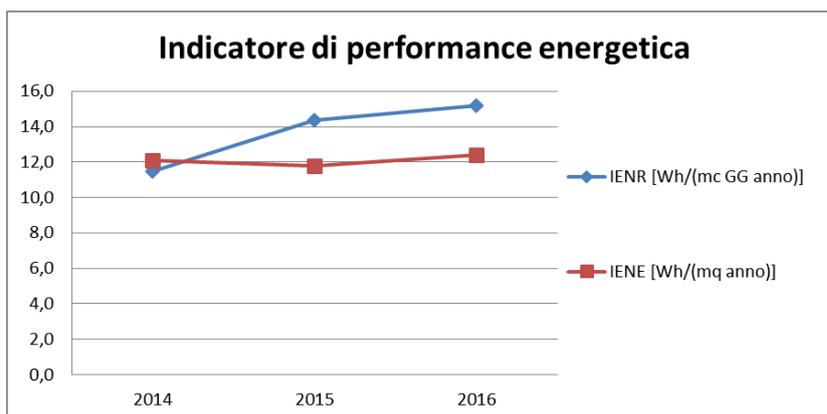


## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Nel presente documento sono stati individuati 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 F, 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 totale non rinnovabile relativi allo stato di fatto.

Tabella 10.1 – Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale 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	139,49	131,40
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	99,73	99,37
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	6,18	4,98
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	32,91	26,52
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0,67	0,54
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	27,49	-

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	58,92	53,17
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	29,62	29,55
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	6,18	4,98

Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	22,45	18,09
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0,67	0,54
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	11,49	

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	41,91	31,91
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	23,95	23,88
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	3,92	1,88
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	13,62	5,96
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0,42	0,20
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	6,68	

Nelle tabelle precedenti si possono vedere in dettaglio i risultati sugli indicatori di prestazione energetica calcolati in modalità di funzionamento standard, che determinano il salto di 2 e 5 classi energetiche a seconda che venga attuato rispettivamente lo scenario 1 e lo scenario 2.

## 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 e SCN2 con tempi di ritorno semplice a 15 e 25 anni, comprendenti i seguenti interventi:

- **Scenario 1: EEM1+EEM3+EEM4+EEM5** - Tale scenario consiste nella realizzazione di un cappotto esterno sulle pareti verticali, nell’installazione di un sistema di *building automation* mediante l’uso di valvole termostatiche e di una pompa di circolazione a giri variabili, nella sostituzione dei corpi illuminanti e nella sostituzione del generatore di calore
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3+EEM4+EEM5+EEM6** - Tale scenario consiste nella realizzazione di un cappotto esterno sulle pareti verticali, nella coibentazione verso l’esterno della copertura, nell’installazione di un sistema di *building automation* mediante l’uso di valvole termostatiche e di una pompa di circolazione a giri variabili, nella sostituzione dei corpi illuminanti, nella sostituzione del generatore di calore e nell’installazione di un impianto fotovoltaico in copertura.

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

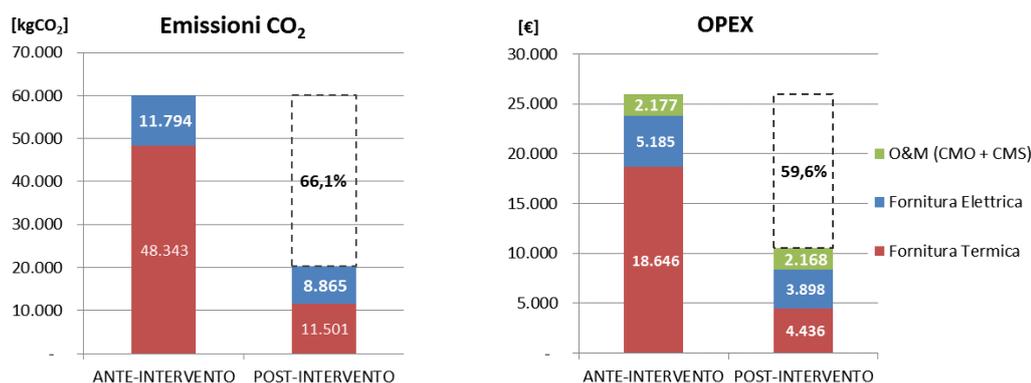
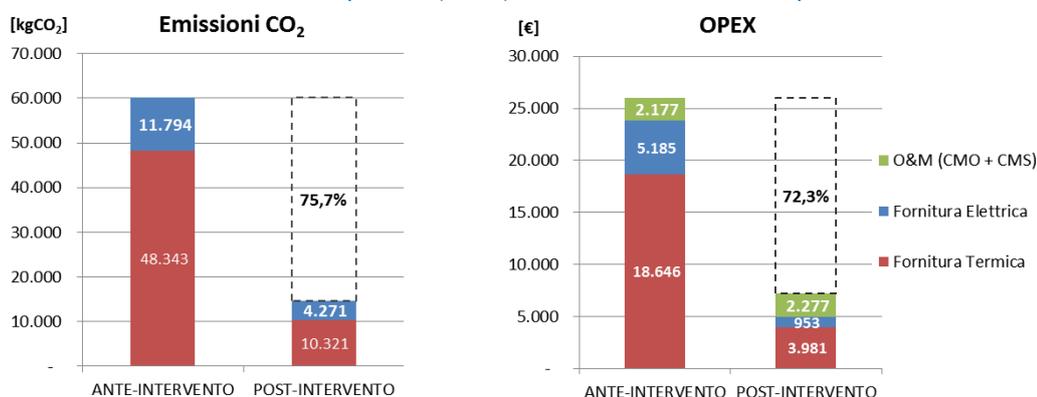


Figura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



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 ottimi risultati sia in termini di emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l'energia. L'edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere un ampio margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sull'involucro attualmente non coibentato e sulla regolazione più spinta dell'impianto di riscaldamento.

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi relativi alle coibentazioni degli involucri edilizi tra di loro e nemmeno con l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti. Un'interferenza potrebbe derivare dalla sostituzione del generatore di calore che, se effettuata a valle degli interventi di coibentazione, è certamente condizionata da un abbassamento della potenza termica di dispersione dai componenti edilizi, pertanto sarebbe necessario effettuare l'intervento successivamente. Si fa inoltre notare che se si decidesse di percorrere l'opzione di installare un impianto fotovoltaico in copertura, diventa sicuramente conveniente effettuare l'opera a seguito della coibentazione del tetto sfruttando il medesimo cantiere per le attività.

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. Tuttavia interventi quali la sostituzione del generatore di calore può avvenire fuori dal periodo di riscaldamento, essendo la centrale termica a servizio della sola climatizzazione invernale.

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, ascensore, 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 dovuti alla sola climatizzazione invernale e l'impianto costituito da un unico circuito, sarebbe sufficiente l'installazione di un sistema di contabilizzazione del calore composto da un misuratore di portata e da una coppia di sonde di temperatura. In questo modo sarebbe possibile confrontare il consumo di gas naturale derivante dalle letture al contatore con la produzione di energia termica generata in centrale. Per entrambe le soluzioni di misura dei fabbisogni energetici esistono applicazioni ICT, ormai molto diffuse, in grado di monitorare quasi in tempo reale i consumi di energia.

### 10.3 RACCOMANDAZIONI

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

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
<b>Acquisti</b>	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	<p>In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in classe A o superiore.</p> <p>Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.</p>
<b>Apparecchiature elettriche</b>	Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura.	<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>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
<b>Climatizzazione</b>	Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.	Evitare di modificare i valori di temperatura imposti dalla legge pari a 20°C agendo con una modifica su valvola termostatica (una volta installata) o termostato, si stima un consumo medio maggiore del 7-8 % per ogni grado che si discosta dalla temperatura di set-point invernale.
	Corretta regolazione delle centraline climatiche	Si consiglia di verificare con il manutentore i settaggi delle centraline climatiche. Le centraline climatiche dovrebbero essere una per ogni zona termica, in modo tale da poter personalizzare gli orari di funzionamento e le temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.
	Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.	Non usare stufette elettriche che, oltre che creare ulteriori consumi, spesso comportano rischi per la sicurezza e discomfort nell’ambiente di lavoro (sovratemperatura indesiderata, secchezza dell’aria, pericoli di folgorazione e di incendio). Si stima che il risparmio annuale dovuto alla mancata accensione di una stufa elettrica sia pari a 300 kWh.
	Regolazione dell’impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.	In caso di mancato utilizzo di un locale, per un solo giorno o per un periodo di tempo più prolungato, prevedere, se possibile, l’eventuale spegnimento del terminale di emissione. Il beneficio dovuto a questo accorgimento può fare risparmiare dall’1% al 3% di energia primaria all’anno.
	Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.	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.
Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.	Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell’uscita dall’edificio.	

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.	<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>
<b>Formazione del personale</b>	Eseguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.	<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>
<b>Illuminazione</b>	<p>Prediligere l'utilizzo della luce naturale durante il giorno.</p> <p>Evitare gli sprechi.</p>	<p>Non tenere la tapparella abbassata con l'illuminazione accesa.</p> <p>Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.</p>

#### 10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in discrete condizioni, almeno per quanto riguarda le aree utilizzate della struttura. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura non sono emerse particolari criticità relative all'impianto termico o all'involucro edilizio.

La struttura risale agli anni Trenta del secolo scorso e si può notare come abbia subito nel corso degli anni varie ristrutturazioni edilizie, fra cui la sostituzione dei serramenti dei piani dal primo al quinto nel 2004.

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 buon numero di interventi volti a ridurre il fabbisogno di energia avendo l'edificio ampi margini di miglioramento, nonostante che parte delle misure proposte non

siano economicamente vantaggiose se prese singolarmente e considerando i prezzi assunti per la valutazione.

Nei due scenari individuati invece la situazione prospettata è diversa, infatti nello SCN 2 si ha la realizzazione di una riqualificazione energetica completa che permetterebbe un salto di 5 classi energetiche all'edificio. Il VAN a 25 anni risulta positivo e la coibentazione della copertura e l'installazione dell'impianto fotovoltaico, non vantaggiosi se presi singolarmente, invece si prestano ad essere effettuati in combinazione, richiedendo per queste due opere un cantiere comune.

Nello SCN 1 il VAN a 15 anni è positivo rendendo molto appetibile l'investimento finanziario per la realizzazione degli interventi. In questo caso l'aver eliminato dalla valutazione le misure che portano a basse migliorie nelle performance energetiche e l'intervento di produzione fotovoltaica, che si basa su costi eccessivi rispetto a quelli attuali di mercato, permette di ottenere una buona prospettiva sia dal punto di vista energetico sia da quello economico-finanziario.



## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	Elenco documentazione fornita	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoA-Elenco documentazione fornita.docx

**ALLEGATO B – ELABORATI**

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
1	Pianta con posizione POD e PDR	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoB-Pianta posizione POD e PDR.DWG
2	Pianta zone termiche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoB-Pianta zone termiche.DWG
3	Fogli di calcolo grafici e tabelle	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx
4	Riepilogo fatture energia elettrica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoB-Riepilogo EE.xlsx
5	Modellazione energetica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoB-Modellazione.E0001
6	Schema a blocchi impianto elettrico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoB-Schema a blocchi elettrico.xlsx
7	Schema a blocchi impianto termico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoB-Schema a blocchi termico.xlsx
8	Calcolo consumi apparecchiature elettriche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoB-Apparecchiature elettriche.xlsx
9	Layout pannelli impianto fotovoltaico EEM6	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoB-Layout pannelli PV.DWG
10	Planimetria catastale	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revA-AllegatoB-Planimetria catastale.pdf



## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Report termografico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoC-Report termografico.docx



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

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



## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
1	Relazione di calcolo energetico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoE-Relazione di calcolo.RTF



## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
1	Certificato CTI software	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoF-CertCTI.pdf



## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
1	APE stato di fatto	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoG-APE.RTF

## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Bozza APE scenario 1	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoH-APE-SCN1.RTF
2	Bozza APE scenario 2	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoH-APE-SCN2.RTF



## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
1	Dati climatici di riferimento	03/08/2018	GG_Lotto.1-E1671_revB.xlsx



## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
1	Check-list schede AICARR	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoJ-Check list schede AICARR.xlsx

**ALLEGATO K – SCHEDE ORE**

	Titolo	Data	Nome file
1	A2.1 - Chiusure verticali opache - coibentazione dall'esterno a cappotto	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoK-A2.1.pdf
2	A4.1 - Coibentazione copertura piana da esterno	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoK-A4.1.pdf
3	H2 - Installazione di pompe a portata variabile	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoK-H2.pdf
4	H15 - Installazione di pompe a portata variabile	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoK-H15.pdf
5	H16 - Installazione valvole termostatiche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoK-H16.pdf
6	L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoK-L1.pdf
7	R1 - Installazione impianto fotovoltaico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoK-R1.pdf



## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Analisi Piano Economico-Finanziario	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revB-AllegatoL-AnalisiPEF.xlsx



## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	Report di benchmark	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1671_revA-AllegatoM-Benchmark.docx



**ALLEGATO N – CD-ROM**

