

# Scuola media Assarotti

E848

Via Branega 10C

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA  
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA  
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



# **Scuola media Assarotti**

**E848**

**Via Branega 10C**

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)

**FABRYCA srl Società di Ingegneria**

**Via Matteotti, 20 – 26838 Tavazzano con Villavesco (LO)**

[genova.auditlotto7@fabryca.it](mailto:genova.auditlotto7@fabryca.it)

## REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
1	03/08/2018	Ing. BERTONI LUCA	Arch. TOMA MAURIZIO Responsabile	Ing. BERTONI LUCA	Prima Pubblicazione
		Arch. TOMA MAURIZIO	Involucro		
		Ing. BROGNOLIOSCAR GIORDANA	Ing. BATTAGLIA Responsabile		
			Impianti		

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>1</b>
<b>PAGINA.....</b>	<b>1</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>1</b>
<b>CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO OGGETTO DELLA DE .....</b>	<b>1</b>
<b>TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL'EDIFICIO .....</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
1.1 PREMessa .....	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA .....	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT .....	6
<b>2 DATI DELL'EDIFICIO.....</b>	<b>7</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO .....	8
<b>TABELLA 2.1 - SUDDIVISIONE IN PIANI DELL'EDIFICIO .....</b>	<b>8</b>
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>11</b>
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO .....	13
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>14</b>
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i> .....	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i> .....	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	19
<b>IL RENDIMENTO COMPLESSIVO DEL SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE È STATO ASSUNTO NELLA DE PARI AL 99 %.....</b>	<b>20</b>
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA .....	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE.....	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	24
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>25</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	30
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>34</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	34

6.1.1	Validazione del modello termico .....	35
6.1.2	Validazione del modello elettrico .....	36
6.2	FABBISOGNI ENERGETICI.....	37
6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	38
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO .....</b>	<b>40</b>
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	40
7.1.1	Vettore termico.....	40
7.1.2	Vettore elettrico.....	40
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	44
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	44
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	45
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>47</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	47
8.1.1	Involucro edilizio .....	47
	<b>EEM1: CAPPOTTO ESTERNO .....</b>	<b>47</b>
	<b>EEM2: SOSTITUZIONE SERRAMENTI .....</b>	<b>48</b>
8.1.1	Impianto riscaldamento.....	50
	<b>EEM3: SOSTITUZIONE CALDAIA.....</b>	<b>50</b>
	<b>EEM5: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI .....</b>	<b>52</b>
8.1.2	Impianto di illuminazione ed impianto elettrico .....	53
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE.....</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>55</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	55
	<b>EEM1: CAPPOTTO INTERNO .....</b>	<b>55</b>
	<b>EEM2: SOSTITUZIONE SERRAMENTI.....</b>	<b>57</b>
	<b>EEM3: SOSTITUZIONE CALDAIA.....</b>	<b>58</b>
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE LAMPADE CON LAMPADE A LED .....</b>	<b>61</b>
	<b>EEM5: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI .....</b>	<b>62</b>
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	64
	<b>SINTESI .....</b>	<b>71</b>
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	71
9.3.1	Scenario 1: 25 anni .....	80
9.3.2	Scenario 2: 15 anni: .....	74
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>86</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	86
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	87
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	88
	<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 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		1964
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2.043,31
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	4.156,49
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	9.153,05
Rapporto S/V	[1/m]	0,46
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.390,72
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	2.390,72
Tipologia generatore riscaldamento		Gas naturale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	490
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	27
Tipo di combustibile		Energia Elettrica
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrico
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	33.457
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	105.536
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	19.967
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	25.933
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	2.219

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: CAPPOTTO ESTERNO
- EEM 2: SOSTITUZIONE SERRAMENTI
- EEM 3: SOSTITUZIONE CALDAIA
- EEM 4: SOSTITUZIONE LAMPADE
- EEM 5: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI
- SNC1 1: CAPPOTTO ESTERNO, SOSTITUZIONE SERRAMENTI, SOSTITUZIONE CALDAIA, VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI, SOSTITUZIONE LAMPADE
- SCN 2: CAPPOTTO ESTERNO, SOSTITUZIONE CALDAIA, VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

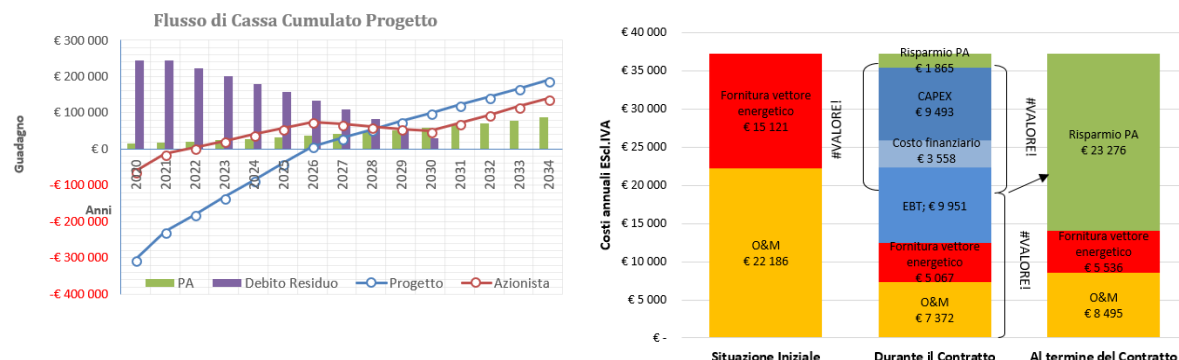
Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

CON INCENTIVI														
	% $\Delta E$	% $\Delta CO_2$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MD}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TR A	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	36.6	37.9	5.021	11.144	0	200.667	6.9	10.6	30	104.180	11.0	0.17	n/a	n/a
EEM 2	0.6	3.0	394.4	857.4	0	54.614	22.9	38.2	30	-12.023	1.4	-	n/a	n/a
EEM 3	-10.7	7.6	925	3.659	0	70.739	8.7	13.8	15	931	5.3	0.01	n/a	n/a
EEM 4	0	0	0	0	0	21.629	17.7	20.2	10	11.247	-	0.52	n/a	n/a
EEM 5	13.6	13.2	1.815	3.785	0	24.152	3.3	3.7	15	33.909	26.2	1.4	n/a	n/a
SCN 1	56.4	58.4	8.526	16.457	460	371.801	8.22	11.3	30	150.066	9.2	40.3	1.2	2.03
SCN 2	69.4	69.1	10.489	13.366	1.711	295.558	6.84	8.7	30	91.667	9.69	31	1.29	1.4

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi con tempo di ritorno di 15 anni e 25 anni gli interventi risultano convenienti.



## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

Il Comune di Genova, in attuazione alle politiche di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici pubblici di sua proprietà, ha individuato negli edifici scolastici, la possibilità di intervenire, ai fini di ridurre gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

Con DGC n. 225 del 17/09/2015 l'amministrazione ha pertanto partecipato al bando ministeriale denominato "Fondo Kyoto Scuole 3" attraverso il quale, con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 26 Agosto 2016 n.197/CLE, è stato riconosciuto al Comune di Genova un finanziamento a tasso agevolato pari a € 1.127.506,00 per l'elaborazione delle **Diagnosi energetiche (DE)** di 204 edifici scolastici necessarie per la programmazione futura degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici stessi.

Figura 1.1 - Vista della facciata



Nell'attività di realizzazione delle DE si è fatto riferimento alla normativa tecnica ed alla legislazione riportata al Capitolo 3 del Capitolato Tecnico per la "Procedura aperta per l'affidamento del servizio di audit e diagnosi energetiche relative agli edifici scolastici di proprietà del comune di Genova finanziate ai sensi dell'ex art.9 del d.l. 91/2014 "interventi urgenti per l'efficientamento energetico degli edifici scolastici e universitari pubblici", (fondo Kyoto) - lotti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9"

### 1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

### 1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla **Società Fabryca S.r.l.**, il cui responsabile per il processo di audit è **l'ing. Luca Bertoni**, 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
Luca Bertoni Giordana Brognoli		Sopralluogo in sito
Giordana Brognoli		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Paolo Ravera		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Maurizio Toma	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Oscar Battaglia	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Luca Bertoni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

### 1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU SEZ. C F. 11 Mapp. 861 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente in via Branega 10C.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola media.

Figura 1.2 – Localizzazione



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		1964
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	2.043,31
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	4.156,49
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	9.153,05
Rapporto S/V	[1/m]	0,46
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.093,31
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	2.390,72
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	2.390,72
Tipologia generatore riscaldamento		Gas naturale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	490
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	27
Tipo di combustibile		Energia Elettrica
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrico
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(1)</sup>	[kg/anno]	33.457
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	105.536
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	19.967
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	25.933
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	2.219

Nota (1): Valori di Baseline

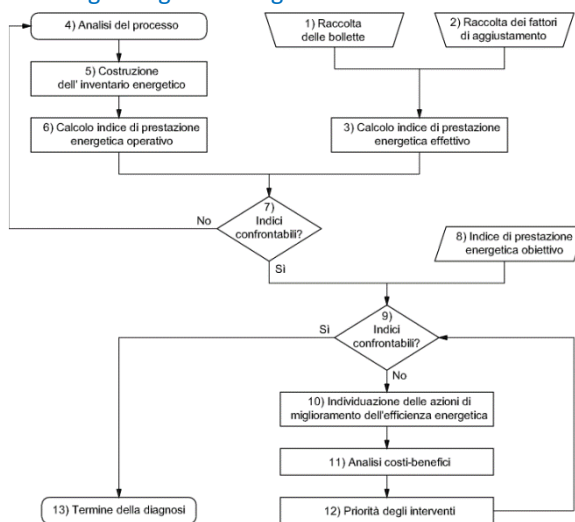
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati;
- 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 01/12/2017 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 Leto versione 4.0.2.5 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) certificato n. 80 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;

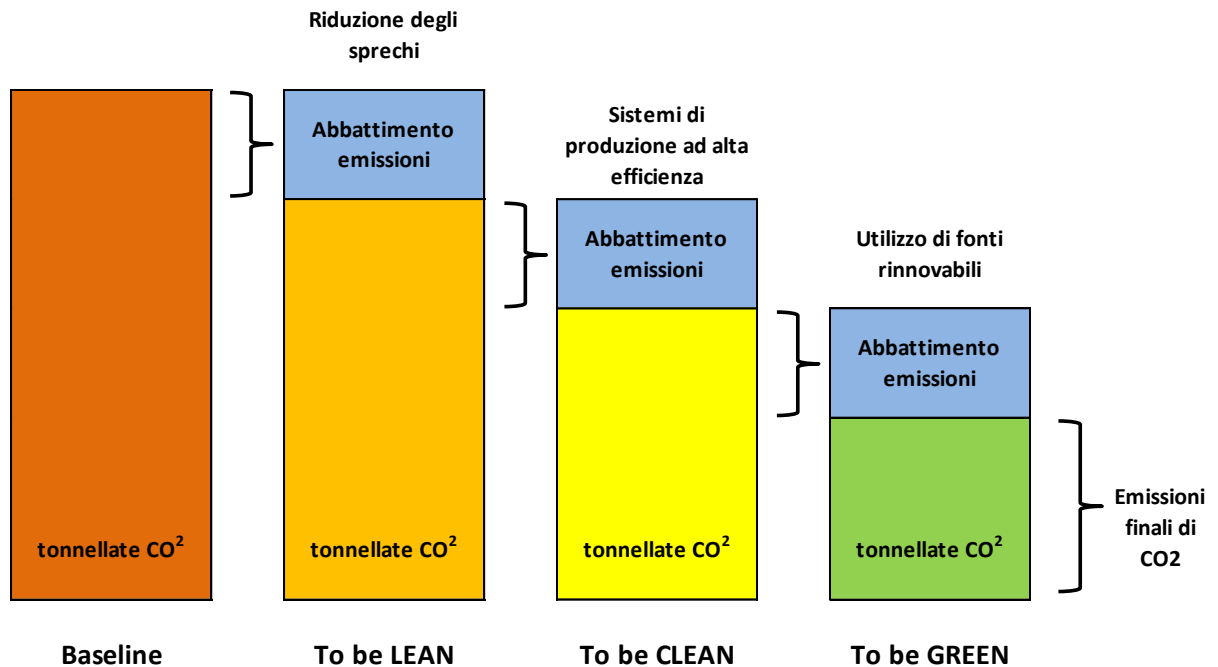
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali ( $GG_{real}$ ), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di  $CO_2$ ) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali ( $GG_{real}$ ), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento ( $GG_{rif}$ );
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di  $CO_2$ ) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

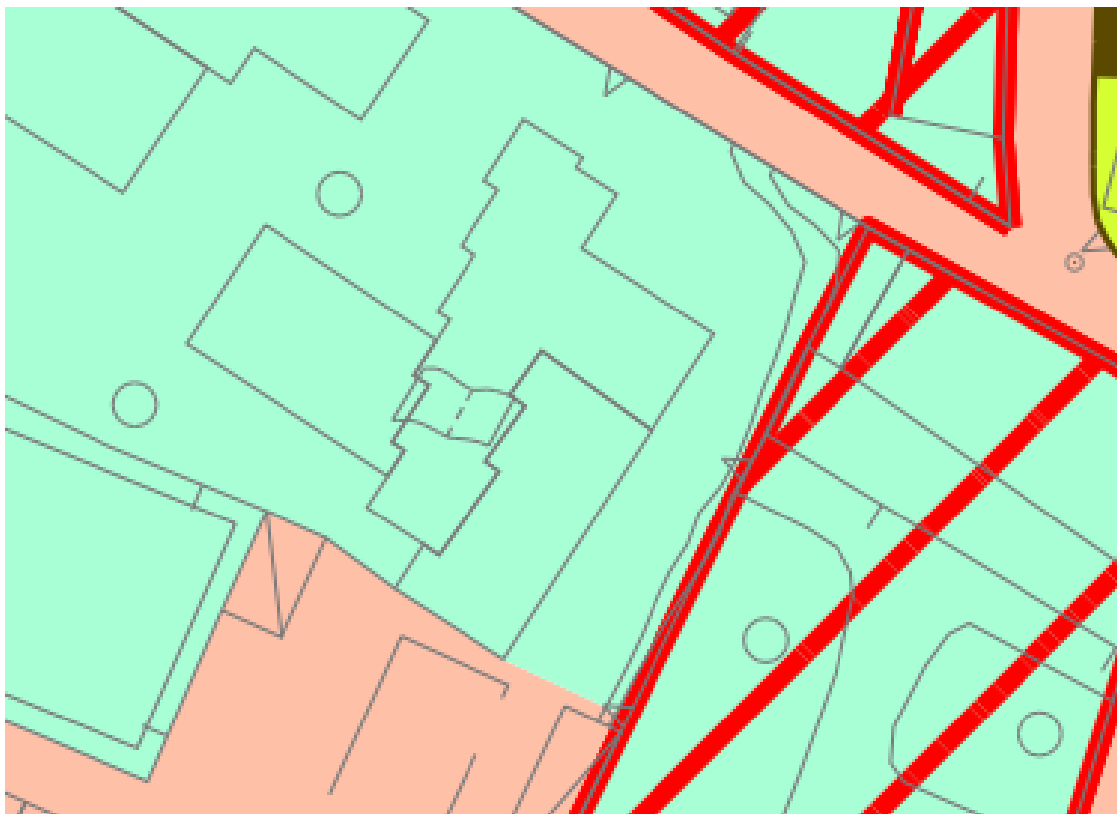
### 2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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 in zona SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale

#### LEGENDA

AMBITI DEL TERRITORIO EXTRAURBANO		AMBITI SPECIALI		INFRASTRUTTURE	
	AC-NI ambito di conservazione del territorio non insediato		parchi di interesse naturalistico e paesaggistico		autostrada esistente
	AC-VP ambito di conservazione del territorio di valore paesaggistico e panoramico		sistemi di paesaggio		autostrada di previsione
	AR-PA ambito di riqualificazione delle aree di produzione agricola		macro area paesaggistica		ferrovia esistente
	AR-PR (a) ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale		ambito con disciplina urbanistica speciale		ferrovia di previsione
	AR-PR (b) ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale		fascia di protezione "A" stabilimenti a rischio rilevante		trasporto pubblico in sede propria di previsione
	AC-CS ambito di conservazione del centro storico urbano		fascia di protezione "B" stabilimenti a rischio rilevante		SIS-I viabilità principale esistente
	AC-VU ambito di conservazione del verde urbano strutturato		aree di osservazione stabilimenti a rischio di incidente rilevante (Variante PTC della Provincia - D.C.P. 39/2008)		SIS-I viabilità principale di previsione
	AC-US ambito di conservazione dell'impianto urbano storico		ambito portuale		SIS-I viabilità di previsione
	AC-AR ambito di conservazione Antica Romana		aree di cava individuate dal Piano Territoriale delle attività estrattive		nodi infrastrutturali
	AC-IU ambito di conservazione dell'impianto urbanistico		aree di esproprio-cantiere relative a opere infrastrutturali		assi di relazione città-porto di previsione
	AR-UR ambito di riqualificazione urbanistica - residenziale		distretto di trasformazione		assi di relazione città-porto da concertare con Intesa L.84/94
	AR-PU ambito di riqualificazione urbanistica produttivo - urbano		rete idrografica		SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici
	AR-PI ambito di riqualificazione urbanistica produttivo - industriale		limiti amministrativi: Municipi		SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico
	ACO-L ambito complesso per la valorizzazione del litorale		limiti amministrativi: Comune		SIS-S servizi omniterrali



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

L'edificio ove è ubicata la scuola risale al 1964 e ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche.

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

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie aule e la palestra.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(2)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(3)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(3)</sup>
Terra	Ingresso, aule, palestra	[m <sup>2</sup> ]	716,60	591,03	211,61
Primo	Aule	[m <sup>2</sup> ]	717,88	618,75	0
Secondo	Aule	[m <sup>2</sup> ]	466,63	407,57	0
Terzo	Aule	[m <sup>2</sup> ]	489,61	425,96	0
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>2.390,72</b>	<b>2.043,31</b>	<b>211,61</b>

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

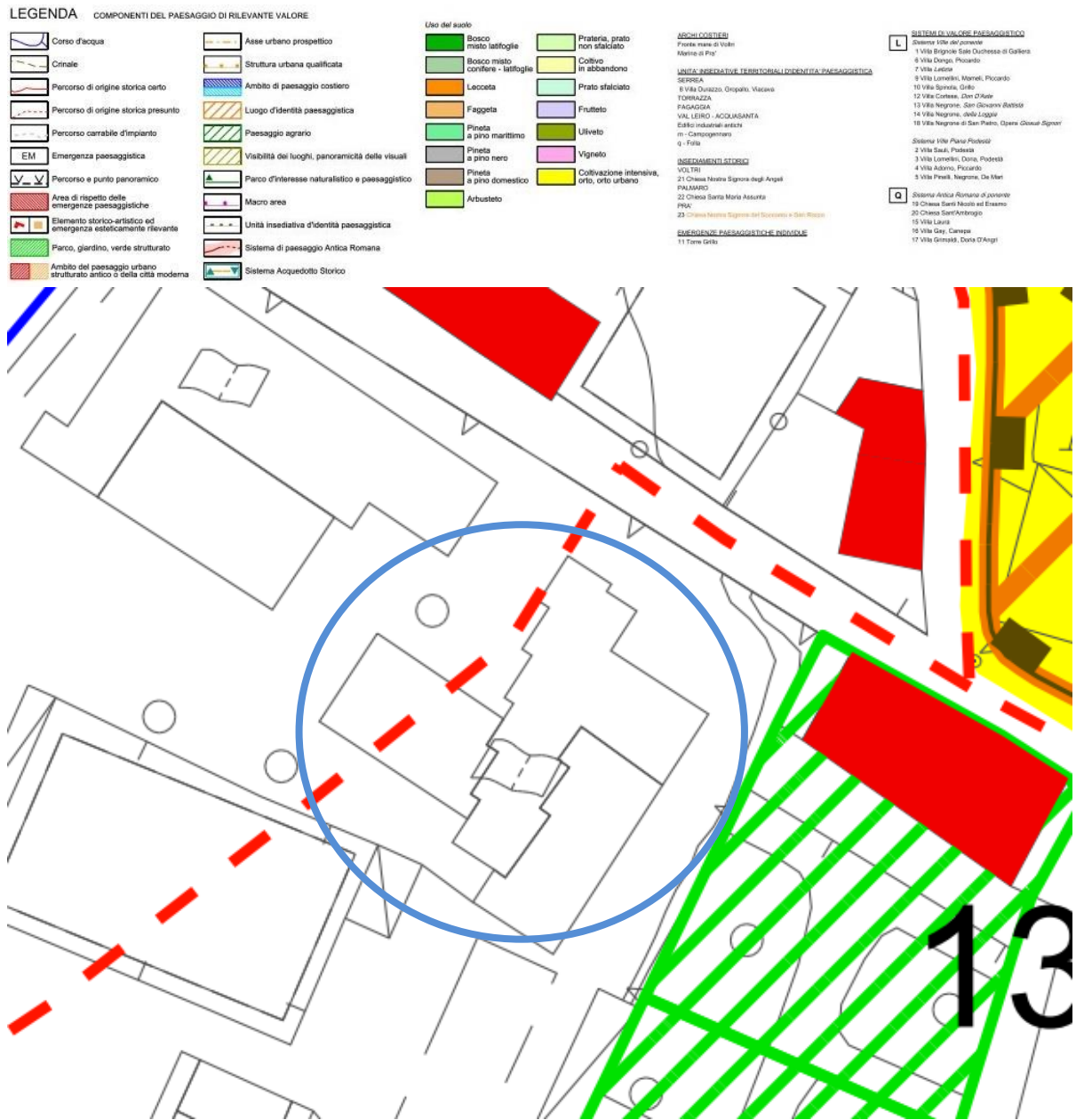
Nota (3): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

Dal punto di vista storico-artistico la struttura non presenta vincoli di sorta.



Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

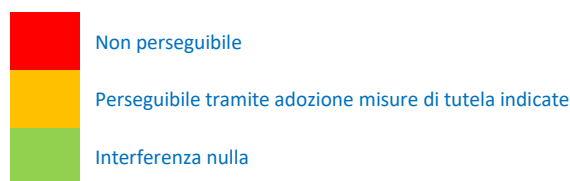


Nell’analisi delle EEM si è comunque resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(4)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: cappotto esterno involucro opaco	-		-
EEM 2: riqualificazione copertura	-		-
EEM 3: sostituzione dei serramenti	-		-
EEM 4: riqualificazione impianto di riscaldamento	-		-
EEM 5: sostituzione apparecchi illuminanti	-		-
EEM 6: installazione valvole termostatiche	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



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

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

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

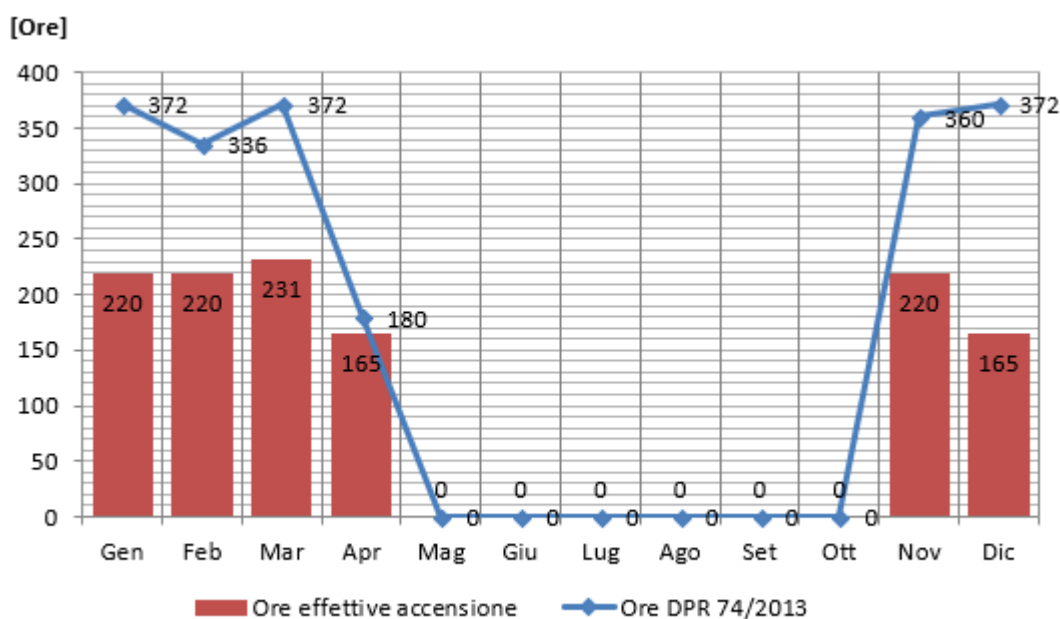
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste al personale e visione del calendario scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal comune e verificati – ove possibile, da sonde di temperature e umidità interna.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 novembre al 15 aprile	dal martedì al venerdì	8.00 – 16.00	6.30 – 17.30
	sabato e domenica	chiuso	chiuso
Dal 15 aprile al 31 ottobre	tutti i giorni	spento	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 strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, tranne per il pomeriggio in cui l'orario di spegnimento posticipa l'uscita del personale.

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.

### 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 11 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 926 GG calcolati su 111 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  $GG_{rif}$  ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GGrif

	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016	GIORNI RISCALDAMENTO	GG	GIORNI DI UTILIZZO	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI	GG <sub>grif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA
Mese		[°C]	[g/m]		[g/m]	[g/m]		
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>218</b>	<b>111</b>	<b>926</b>	<b>100%</b>

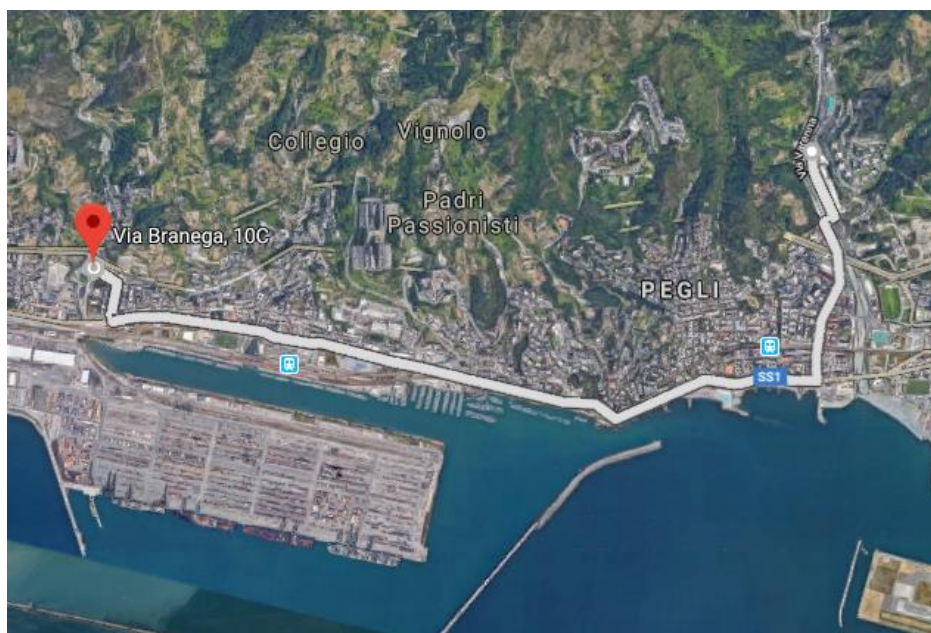
### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA – PEGLI:

- Longitudine Gradi° Primi' Secondi" 8° 49' 28.56"
- Latitudine Gradi° Primi' Secondi' 44° 25' 56.172"
- Altezza sul livello del mare (m) 69.

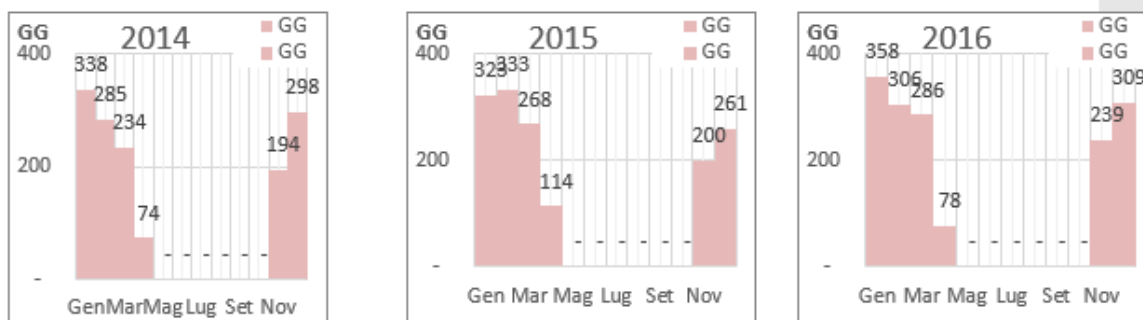
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



### 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



GG<sub>2014</sub>(166 giorni) = 1423

GG<sub>2015</sub>(166 giorni) = 1498

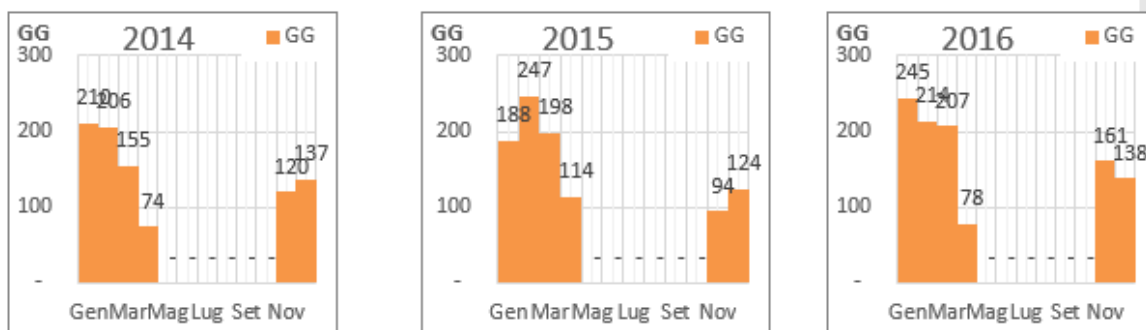
GG<sub>2016</sub>(166 giorni) = 1576

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 926 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



GG<sub>2014</sub>(111 giorni) = 902

GG<sub>2015</sub>(111 giorni) = 965

GG<sub>2016</sub>(111 giorni) = 1043

Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG nel 2015 e lieve diminuzione nel 2016, indicando comunque un sensibile aumento delle temperature esterne.

## 4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

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

#### 4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico blocco strutturale in calcestruzzo armato intonacato e con mattoni a vista.

La struttura poggia su vespaio.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



La morfologia dell'edificio influisce molto sul suo comportamento termico: pareti e copertura non isolate.

Figura 4.2 - Particolare della facciata



Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro e delle modalità di utilizzo degli ambienti interni si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

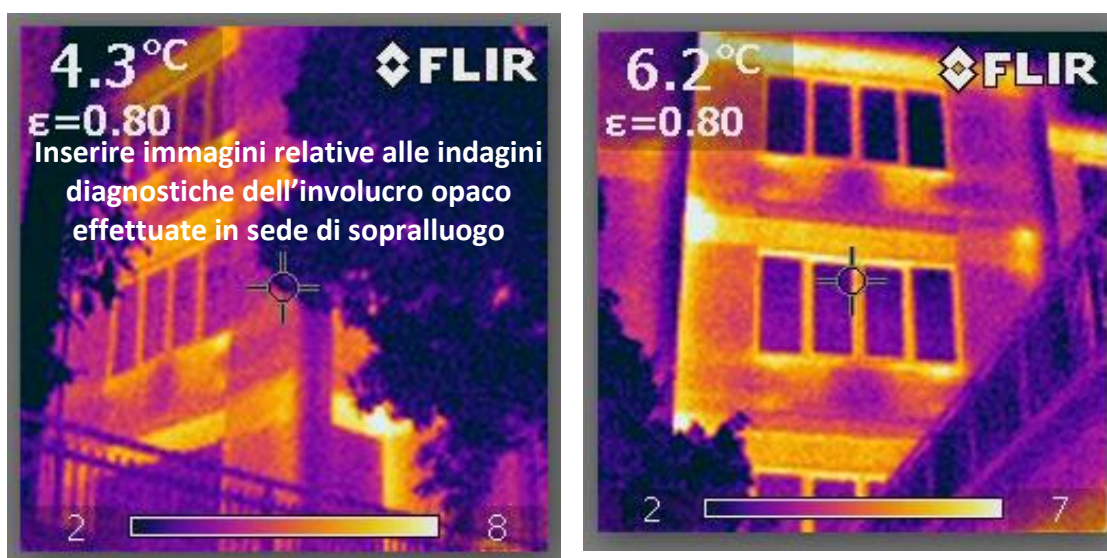
- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera per determinare la posizione delle irregolarità termiche;
- Rilievo dei valori di temperatura ed umidità relativa interne, mediante posizionamento di sonde termoigrometriche con frequenza di acquisizione ogni 30'.

Non si è proceduto alla verifica delle trasmittanze di parete mediante termoflussimetro, non avendo riscontrato, per il posizionamento dello strumento nelle zone in cui la misura poteva ritenersi significativa, le condizioni di sicurezza richieste per una misura validabile, per il tempo necessario.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Assenza di isolamento termico sulle pareti
- sequenza dei ponti termici in corrispondenza della soletta in corrispondenza della muratura esterna
- sequenza dei ponti termici in corrispondenza degli sbalzi dei balconi in corrispondenza delle logge esterne
- ponte termico geometrico costituito dall'angolo tra due murature esterne

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m <sup>2</sup> K]	
Copertura	E848 - Copertura	30	Assente	1,681	Buono
Parete verticale	E848 - M1	40	Assente	2,924	Buono
Parete verticale	E848 - M2	30	Assente	3,311	Buono
Parete verticale	E848 - M3	12	Assente	1,818	Buono
Pavimento	E848 - Pavimento	30	Assente	1,151	Buono
Pavimento su portico	E848 - Pavimento su portico	30	Assente	1,354	Buono
Pavimento controterra	E848 - Pavimento CT	30	Assente	1,415	Buono
Terrazzo	E848 - Terrazzo	30	Assente	1,553	Buono
Porta	E848 - Porte	10	Assente	1,130	Buono
Porta di sicurezza	E848 - Porta sicurezza	5	Assente	1,195	Buono

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

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in PVC e vetri doppi.

Lo stato di conservazione degli stessi è abbastanza buono.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro e delle modalità di utilizzo degli ambienti interni si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera per determinare la posizione delle irregolarità termiche;
- Rilievo dei valori di temperatura ed umidità relativa interne, mediante posizionamento di sonde termoigrometriche con frequenza di acquisizione ogni 30'.

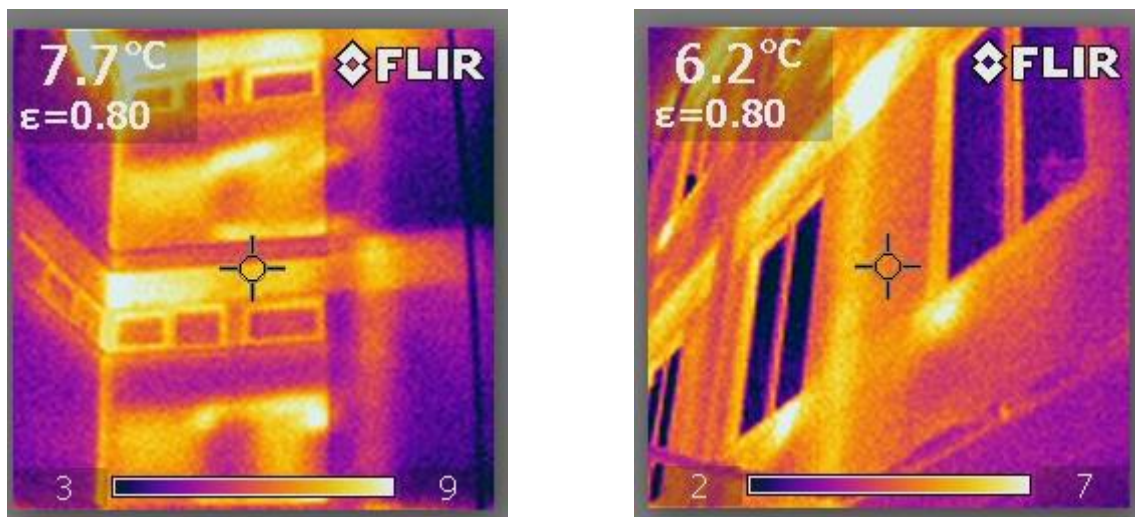
Non si è proceduto alla verifica delle trasmittanze di parete mediante termoflussimetro, non avendo riscontrato, per il posizionamento dello strumento nelle zone in cui la misura poteva ritenersi significativa, le condizioni di sicurezza richieste per una misura validabile, per il tempo necessario.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- la sequenza ponti termici in corrispondenza del perimetro dei serramenti in corrispondenza della muratura esterna.



Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	F1	65X200	PVC	Doppio	2,236	Buono
Serramento verticale	F2	65X120	PVC	Doppio	2,260	Buono
Serramento verticale	F3	65X170	PVC	Doppio	2,253	Buono
Serramento verticale	F4	65X310	PVC	Doppio	2,263	Buono
Serramento verticale	F5	65X100	PVC	Doppio	2,236	Buono
Serramento verticale	F6	180X140	PVC	Doppio	2,400	Buono
Serramento verticale	F7	95X200	PVC	Doppio	2,416	Buono
Serramento verticale	F8	65X320	PVC	Doppio	2,296	Buono
Serramento verticale	F9	65X90	PVC	Doppio	2,220	Buono
Serramento verticale	F10	65X140	PVC	Doppio	2,277	Buono
Serramento verticale	F11	65X110	PVC	Doppio	2,249	Buono
Serramento verticale	F12	180X320	PVC	Doppio	2,457	Buono
Serramento verticale	F13	180X120	PVC	Doppio	2,447	Buono
Serramento verticale	F14	75X105	PVC	Doppio	2,275	Buono
Serramento verticale	F15	75X75	PVC	Doppio	2,211	Buono
Serramento verticale	F16	170X500	PVC	Doppio	2,468	Buono
Serramento verticale	F17	220X270	PVC	Doppio	2,447	Buono
Serramento verticale	F18	220X130	PVC	Doppio	2,402	Buono
Serramento verticale	F19	210X85	PVC	Doppio	2,392	Buono
Serramento verticale	F20	65X380	PVC	Doppio	2,266	Buono
Serramento verticale	F21	90X335	PVC	Doppio	2,439	Buono
Serramento verticale	F22	200X350	PVC	Doppio	2,481	Buono
Serramento verticale	F23	215X305	PVC	Doppio	2,517	Buono
Serramento verticale	F24	260X340	PVC	Doppio	2,499	Buono
Serramento verticale	F25	340X260	PVC	Doppio	2,470	Buono

Serramento verticale	F26	360X220	PVC	Doppio	2,495	Buono
Serramento verticale	F27	65X440	PVC	Doppio	2,286	Buono

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

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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da n. 2 caldaia tradizionali per climatizzazione invernale

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete interna.

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori



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 (UNI TS 11300:2)

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
scuola	Radiatore su parete interna	95 %

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

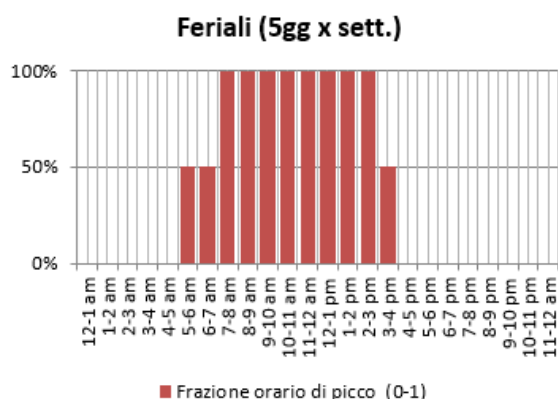
PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Piano 3	Radiatore su parete interna	37	1.367	50.574	0	0
Piano 2	Radiatore su parete interna	19	1.375	26.125	0	0
Piano 1	Radiatore su parete interna	23	1.231	27.089	0	0
Piano T	Radiatore su parete interna	41	1.455	58.181	0	0
<b>TOTALE</b>				<b>161.969</b>		

L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit e Allegato E – Mappatura termosifoni E848.

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

- La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento. Non sono presenti termostati ambiente.

Figura 4.7 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica scuola



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
scuola	Climatica	73.5

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:

- Circuito secondario di mandata ai radiatori (fluido termovettore acqua).



**Circuito secondario:** è presente una pompa di circolazione gemellare il circuito secondario così denominato:

- Zona 1: scuola.

Dai rilievi effettuati è stato possibile ricavare solo la potenza assorbita dalle pompe.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA m <sup>3</sup> /h	PREVALENZA kPa	POTENZA ASSORBITA <sup>(7)</sup> kW
Zona 1	P1/A – P1/B	mandata acqua calda	nn	nn	1.35
<b>TOTALE</b>					

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

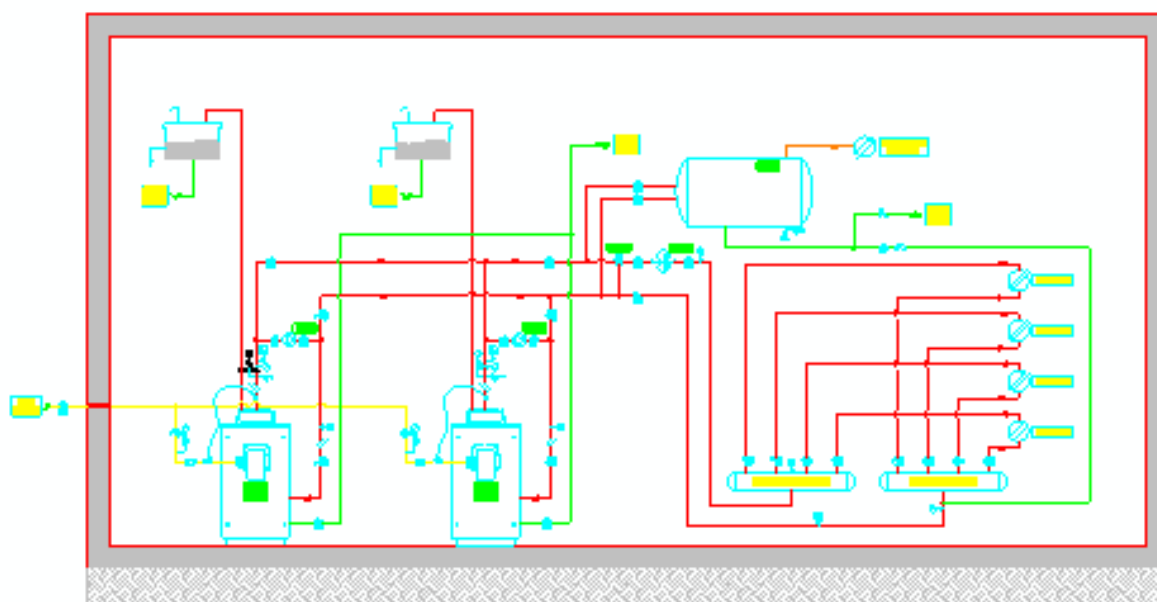
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

	CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Zona 1	Mandata	Caldo	nn	70
	Ritorno	Caldo	nn	40

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Figura 4.8 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 99 %

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 centrale termica con n. 2 caldaie tradizionali.

Figura 4.9 - Particolare del generatore di calore n.2



Figura 4.10 - Particolare del generatore di calore n.1



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	UNICAL	TE AR 200	1994	269	245	92.5	245
Gen 1 Riscaldamento	UNICAL	TE AR 200	1994	269	245	92.5	245

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 83 %.

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

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

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio.

La produzione è eseguita tramite due bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale della scuola (insegnanti e personale). I bagni degli studenti sono generalmente privi di acs.

Figura 4.11 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

Tabella 4.9 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria (UNI TS 11300:2)

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100	99	0	0	75	31

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

La climatizzazione in regime estivo è effettuata grazie alla presenza di un gruppo frigorifero posto all'esterno dell'edificio.

Figura 4.12 - Particolare della macchina frigorifera e split



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella tabella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Rendimenti dell'impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
0.97	0.95	1.02	0	2.4	1.16

L'elenco dei componenti dell'impianto di climatizzazione estiva rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit.

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

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate e riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche (UNI TS 11300:2)

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			W	W	ore
Scuola	Lavagna interattiva 1	1	31	31	900
Scuola	Lavagna interattiva 2	2	31	62	1.080
Scuola	PC 1	4	100	400	900
Scuola	PC 2	1	400	400	1.080
Scuola	PC 3	13	100	1.300	1.080
Scuola	Proiettore 1	6	100	600	720
Scuola	Proiettore 2	1	640	640	900
Scuola	Stampante 1	2	900	1.800	900
Scuola	Stampante 2	1	300	300	1.080

L'elenco riportato in tabella 4.13 fa riferimento alle principali utenze elettriche rilevate nell'edificio scolastico oltre all'illuminazione. Le utenze elettriche presenti nelle aule dedicate al ristoro del corpo insegnanti e di altro personale non sono riportate nella precedente tabella in quanto non significativi. Sono tuttavia state elencate nell'Allegato E - Schema energetico – E848 con specifiche caratteristiche. Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti elettrici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo con censimento di tutte le utenze elettriche e interviste al personale sulle ore di utilizzo / funzionamento
- Realizzazione di un modello energetico elettrico dove per ciascun'utenza rilevata sono state indicate le ore e i giorni di utilizzo, numero e potenza elettrica installata, fattori di contemporaneità e di carico che hanno permesso di individuare il consumo annuo totale di tutte le utenze elettriche in funzione dei consumi rilevati da bolletta.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli apparati ICT vengono utilizzati quasi per l'intera giornata
- Le altre utenze vengono usate solo in caso di necessità.

Figura 4.13 – Particolare rilievo



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 e in Allegato E - Schema energetico - E848.

#### 4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, principalmente neon e fluorescenti da 36, 58 e 18 W.

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nei corridoi



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportati nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Scuola	Fluorescente	67	36	2412
Scuola	Fluorescente	96	18	1728
Scuola	Fluorescente	101	58	5858

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 e in Allegato E - Schema energetico - E848.



## 5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

Nel 2014 è stata effettuata una conversione da gasolio a gas metano, ma essendo tale valore significativo per la baseline non è stato inserito.

#### 5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1;

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

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

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

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

PDR	Utilizzo	Combustibile	2014	2015	2016	2014	2015	2016	
			[t]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
16220050604882	Riscaldamento	Gasolio	13.000	0	0	0	134.589	185.883	132.803
		Metano	0	364	19.733	14.098			
3270017080982	-	-	-	-	-	-	-	-	

Non è stato possibile effettuare una valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento in quanto non sono stati forniti dati.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REALI</sub> SU [166] GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU [661] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$\alpha_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A [1421] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.423	1.421	364	3.430	2,4	3.426		
2015	1.498	1.421	19.733	185.938	124,1	176.337		
2016	1.576	1.421	14.098	132.841	84,3	119.781		
<b>Media</b>	<b>1.499</b>	<b>1421</b>	<b>11.398</b>	<b>107.403</b>	<b>71.7</b>	<b>101.816</b>		

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un aumento dei consumi dal 2014 al 2015 e riduzione al 2016.

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

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{Q}_{ACS}$	
$\bar{Q}_{ALTRO}$	
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	
$Q_{baseline}$	<b>101.816</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

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

- Scuola media;

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.3 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.3 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00096441	Scuola media	239.976	24.490	23.102	25.568
IT001E04805782	Scuola media	2.197	2.093	2.625	2.061
<b>TOTALE</b>		<b>242.173</b>	<b>22.583</b>	<b>25.727</b>	<b>27.629</b>

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E848) ed è emerso che per entrambi i POD i consumi forniti dalla PA risultano maggiori di quelli ricavati dalle bollette.

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

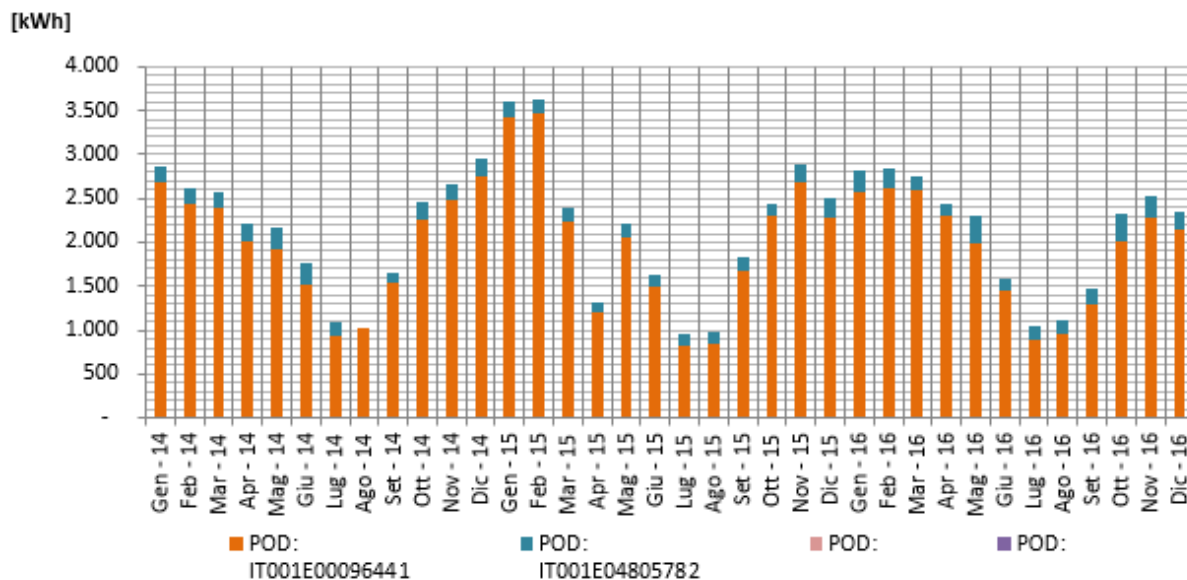
Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 25.993 kWh.

Tabella 5.4 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096441	F1	F2	F3	TOTALE	POD: IT001E04805782	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.554	502	635	2.691	Gen - 14	52	42	86	180
Feb - 14	1.380	502	555	2.437	Feb - 14	73	38	73	184
Mar - 14	1.234	496	658	2.388	Mar - 14	60	46	85	191
Apr - 14	1.049	409	558	2.016	Apr - 14	58	39	89	186
Mag - 14	872	437	607	1.916	Mag - 14	90	52	116	258
Giu - 14	729	332	460	1.521	Giu - 14	96	45	95	236
Lug - 14	308	227	410	945	Lug - 14	52	34	72	158
Ago - 14	278	243	499	1.020	Ago - 14	-	-	-	-
Set - 14	819	334	395	1.548	Set - 14	37	20	46	103
Ott - 14	1.268	461	534	2.263	Ott - 14	59	47	90	196
Nov - 14	1.436	444	601	2.481	Nov - 14	62	35	75	172
Dic - 14	1.405	506	839	2.750	Dic - 14	52	47	98	197
Totale	12.332	4.893	6.751	23.976	Totale	691	445	925	2.061
POD: IT001E00096441	F1	F2	F3	TOTALE	POD: IT001E04805782	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.541	734	1.141	3.416	Gen - 15	52	47	93	192
Feb - 15	1.572	762	1.128	3.462	Feb - 15	39	40	91	170
Mar - 15	1.084	475	669	2.228	Mar - 15	43	35	81	159
Apr - 15	631	253	320	1.204	Apr - 15	32	26	63	121
Mag - 15	949	408	699	2.056	Mag - 15	38	35	75	148
Giu - 15	719	329	450	1.498	Giu - 15	29	28	82	139
Lug - 15	291	185	351	827	Lug - 15	25	27	71	123
Ago - 15	242	207	408	857	Ago - 15	25	28	80	133
Set - 15	711	353	609	1.673	Set - 15	38	32	84	154
Ott - 15	1.294	471	544	2.309	Ott - 15	27	34	68	129
Nov - 15	1.608	475	608	2.691	Nov - 15	70	37	77	184
Dic - 15	1.253	399	617	2.269	Dic - 15	75	54	100	229
Totale	11.895	5.051	7.544	24.490	Totale	493	423	965	1.881
POD: IT001E00096441	F1	F2	F3	TOTALE	POD: IT001E04805782	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	1.266	459	854	2.579	Gen - 16	75	54	100	229
Feb - 16	1.404	434	789	2.627	Feb - 16	59	61	96	216
Mar - 16	1.297	445	851	2.593	Mar - 16	44	38	80	162
Apr - 16	1.045	430	819	2.294	Apr - 16	47	28	67	142
Mag - 16	973	357	657	1.987	Mag - 16	100	71	150	321
Giu - 16	554	303	584	1.441	Giu - 16	38	28	89	155
Lug - 16	259	233	399	891	Lug - 16	47	35	81	163
Ago - 16	292	236	429	957	Ago - 16	31	33	86	150
Set - 16	627	273	390	1.290	Set - 16	48	41	85	174
Ott - 16	1.168	380	462	2.010	Ott - 16	98	73	141	312
Nov - 16	1.342	395	552	2.289	Nov - 16	84	48	108	240
Dic - 16	1.024	397	723	2.144	Dic - 16	63	49	94	206
Totale	11.251	4.342	7.509	23.102	Totale	734	559	1.177	2.470

Considerando la presenza di più POD a servizio dell'edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.1 si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.1 – 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.

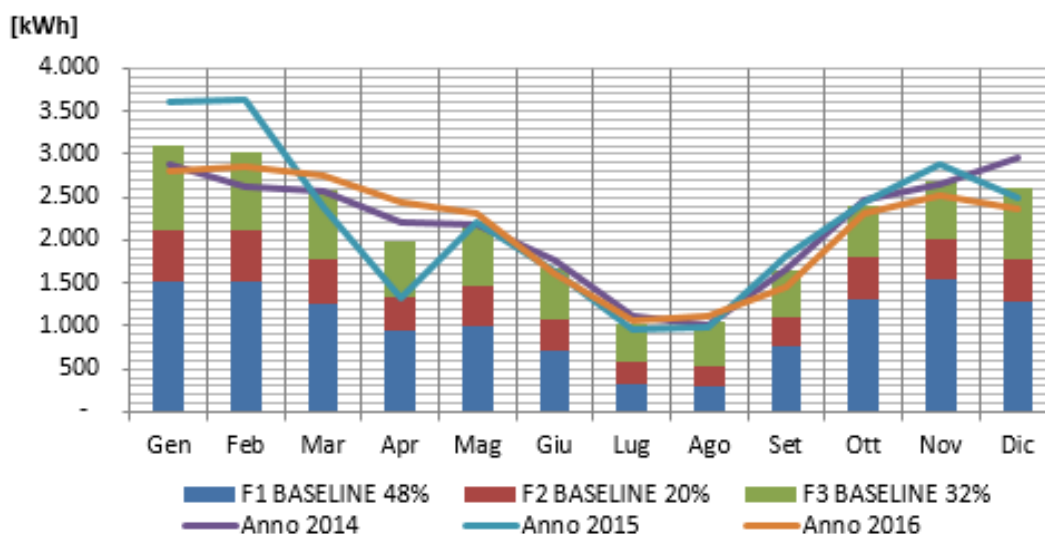
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.5.

Tabella 5.5 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.513	613	970	3.096
Febbraio	1.509	612	911	3.032
Marzo	1.254	512	808	2.574
Aprile	954	395	639	1.988
Maggio	1.007	453	768	2.229
Giugno	722	355	587	1.663
Luglio	327	247	461	1.036
Agosto	289	249	501	1.039
Settembre	760	351	536	1.647
Ottobre	1.305	489	613	2.406
Novembre	1.534	478	674	2.686
Dicembre	1.291	484	824	2.598
<b>Totale</b>	<b>12.465</b>	<b>5.238</b>	<b>8.290</b>	<b>25.993</b>

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti costanti e regolari, con una riduzione dei consumi nel periodo estivo (luglio – agosto).

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi.

## 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 5.6 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>. Tabella 5.6.

Tabella 5.6 - 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

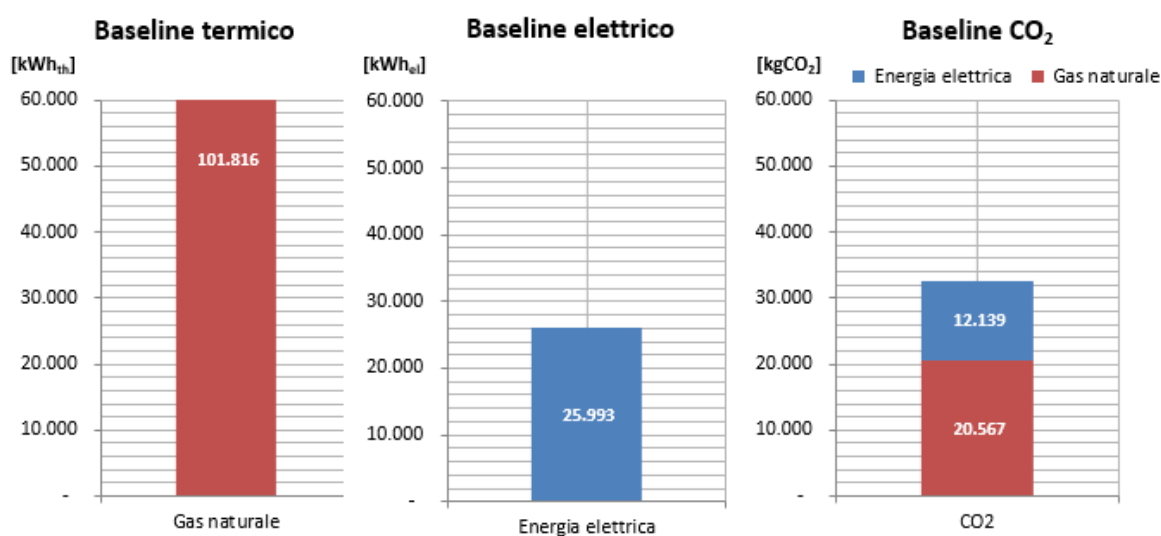
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella

Tabella 5.7 e nella Figura 5.3

Tabella 5.7 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	CONSUMO DI BASELINE [kWh]	[tCO <sub>2</sub> /MWh]
Gas naturale	101.816	0,202
Energia elettrica	25.993	0,467

Figura 5.3 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

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

Tabella 5.8 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.9.

Tabella 5.9 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	2.254	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.580	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	10.210	m <sup>3</sup>

Nelle Tabella 5.11 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.10 – 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	105.536	1,05	110.813	49,2	43,0	10,9	9,46	8,26	2,09
GPL o gasolio	13.000	1,07	13.910	6,2	5,4	1,4	1,54	1,35	0,34
Energia elettrica	25.993	2,42	62.904	27,9	24,4	6,2	5,39	4,70	1,19
<b>TOTALE</b>			<b>187.627</b>	<b>83</b>	<b>73</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>4</b>

Tabella 5.11 – 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	101.816	1,05	106.907	47,4	41,4	10,5	9,12	7,97	2,01
Energia elettrica	25.993	1,95	50.687	22,5	19,6	5,0	5,39	4,70	1,19
Gasolio	13.000	1,07	13.910	6,2	5,4	1,4	1,54	1,35	0,34
<b>TOTALE</b>			<b>175.410</b>	<b>78</b>	<b>68</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>4</b>

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

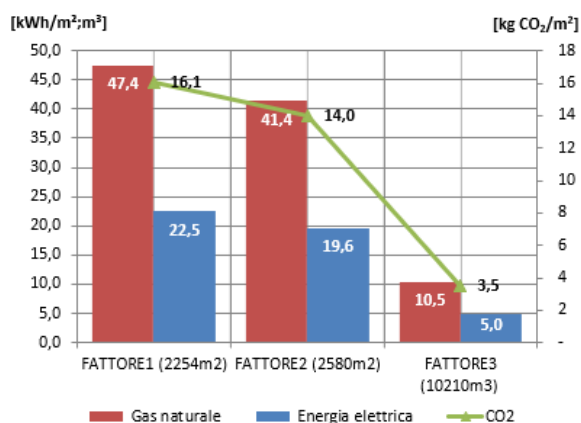
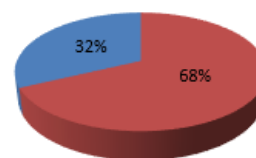
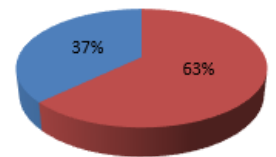


Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>

Ripartizione % energia primaria



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



■ 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 5.12 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	43,60	60,22	43,02	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	10,06	11,59	10,49

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo per il riscaldamento una classe insufficiente e per l'energia elettrica una classe sufficiente. Si veda dettaglio dei risultati nell'Allegato M.

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

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

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP <sub>gl,nren</sub>	kWh/mq anno	252,04	243,52
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	216,12	214,58
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	0,57	0,46
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	0,00	0,00
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	4,76	3,84
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	30,59	24,65
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0,00	0,00
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	53,70	51,88

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	25.574	240.974
Energia Elettrica	--	25.993

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

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

Dove:

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

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

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

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

### 6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando:

- Ore e giorni reali di funzionamento dell'impianto
- Temperature reali esterne (GG reali) ed interne (uso sonda di temperatura interna)
- Indici di affollamento: valutato l'indice di affollamento in funzione del numero di persone presenti e della superficie occupata da persone
- Rendimento generatore: dal dato di progetto si passa al valore dichiarato da prova fumi
- Indice di affollamento: viene ridotto l'indice di affollamento ipotizzando di ridurre l'indice rispetto alle condizioni standard, dimezzando il numero delle persone presenti nell'istituto.

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	$EP_{gl,ren}$	kWh/mq anno	344,5	332,85
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	295,40	293,3
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	0,78	0,63
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	6,51	5,25
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	41,81	33,69
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	73,4	70,91

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)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	34.955	329.372
Energia Elettrica	--	25.835

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

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

$Q_{teorico}$ [kWh/anno]	$Q_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
151.813	101.816	33

Dall’analisi effettuata è emerso che il modello valutato in “Modalità adattata all’utenza” risulta non validato, pur avendo modificato le condizioni standard previste dalla norma UNI TS 11300 alle condizioni di utilizzo ipotizzate per la normale attività presente nell’edificio.

### 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)

$EE_{teorico}$ [kWh/anno]	$EE_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
27.033	25.993	4

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

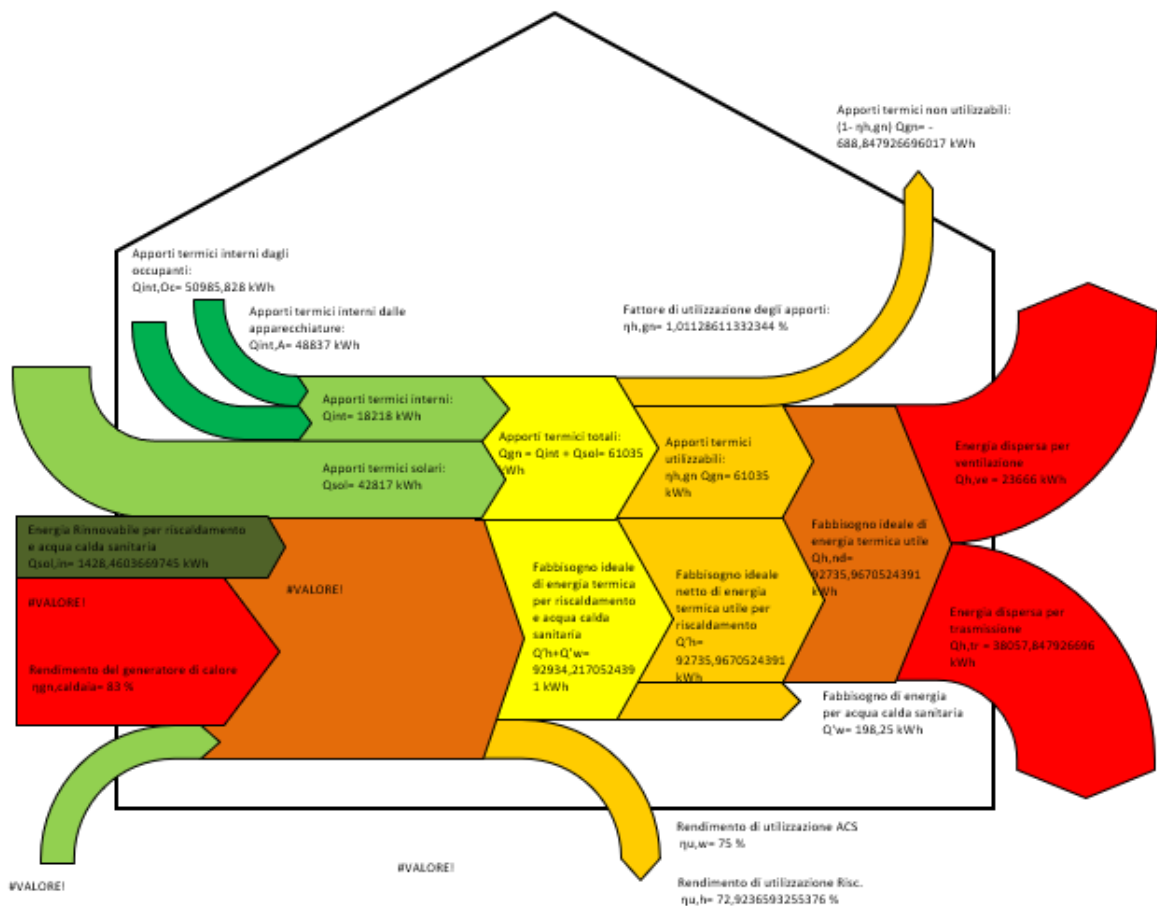
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

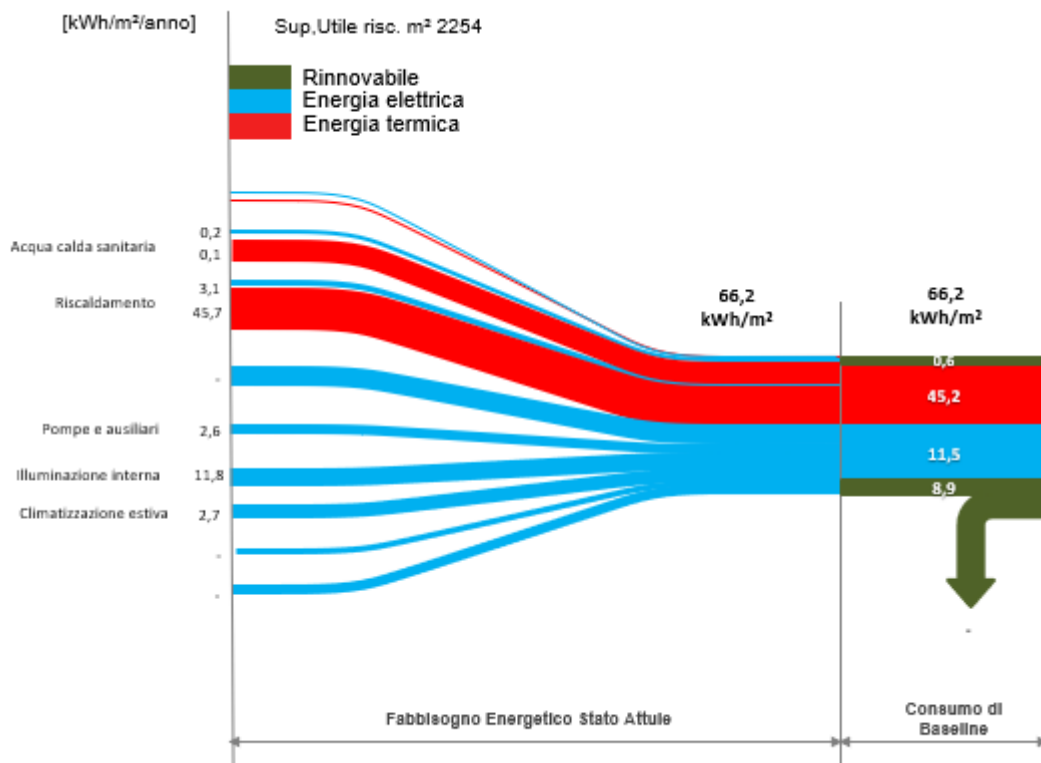
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che l'edificio presenta dei rendimenti globali medi stagionali bassi per riscaldamento. Questo è facilmente intuibile se consideriamo il fabbisogno globale di energia per riscaldamento e acs. Le perdite per ventilazione e trasmissione risultano molto alte, e questo rispecchia lo stato di fatto dell'immobile.

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

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



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

Il contributo definito come “Altro – 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.

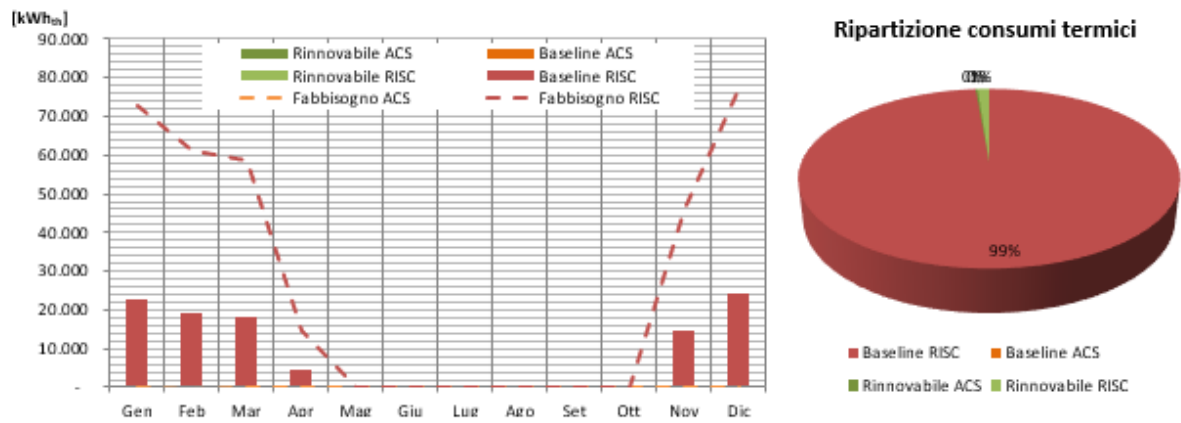
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici. Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che la maggior richiesta di energia è relativa alla parte di energia termica (con una quota di rinnovabile molto bassa).

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



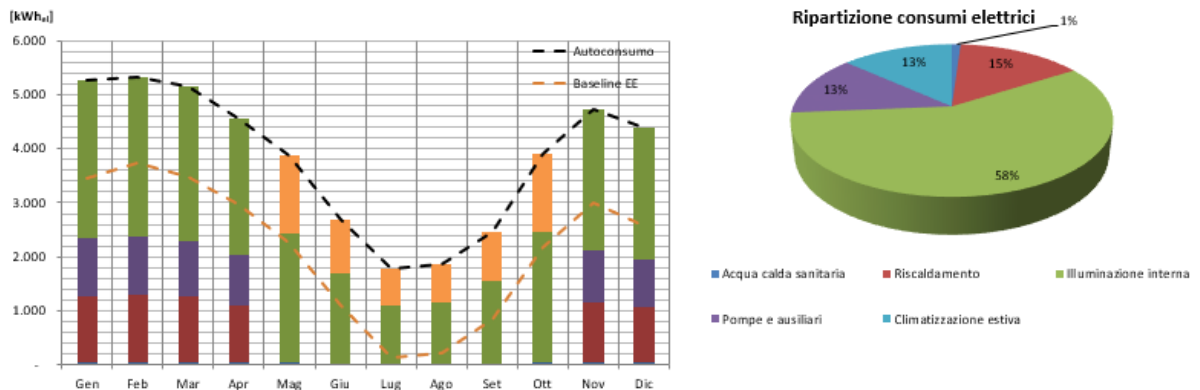
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi al riscaldamento.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna, pari circa al 67%.

## 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 due contratti differenti per i due PDR presenti all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 16220050604882: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;
- PDR 2 – 3270017080982: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. Non è stato possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono state fornite.

#### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite due contratti differenti per i due POD presenti all'interno dell'edificio], come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00096441: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura;
- POD 1 – IT001E04805782: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella tabella 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.



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

POD: IT001E00096441	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	VIA BRANEGA 10		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA DI FRANCIA 1		
Società di fornitura	EDISON spa	GALA spa	IREN spa
Inizio periodo fornitura	01-10-2013	Aprile 2015	Aprile 2016
Fine periodo fornitura	Aprile 2015	Aprile 2016	-
Potenza elettrica impegnata	34,00	30,00	16,00
Potenza elettrica disponibile	34,00	34,00	34,00
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza Altri Usi	Altri usi
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	-	-	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup>	12	15	15
POD: IT001E04805782	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	VIA BRANEGA 10		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA 16124 GENOVA (GE) VIA DI FRANCIA 1		
Società di fornitura	EDISON spa	GALA spa	IREN spa
Inizio periodo fornitura	01-10-2013	Aprile 2015	Aprile 2016
Fine periodo fornitura	Aprile 2015	Aprile 2016	-
Potenza elettrica impegnata	20,00	20,00	20,00
Potenza elettrica disponibile	20,00	20,00	20,00
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza Altri Usi	Altri usi
Opzione tariffaria <sup>(1)</sup>	-	-	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica <sup>(2)</sup>	12	15	15

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.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che il fornitore è stato sostituito ogni anno e che la potenza elettrica disponibile è rimasta costante nel tempo mentre quella impegnata si è ridotta durante il triennio in esame.

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

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

POD: IT001E00096441	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	237	12	289	34	57	629	2.691	0,234
Feb - 14	217	12	267	30	53	580	2.437	0,238
Mar - 14	210	12	265	30	52	569	2.388	0,238
Apr - 14	187	12	241	25	46	511	2.016	0,254
Mag - 14	174	12	231	24	44	486	1.916	0,253
Giu - 14	139	12	200	19	37	407	1.521	0,268
Lug - 14	113	12	183	16	32	356	945	0,377
Ago - 14	87	12	166	13	28	306	1.020	0,300
Set - 14	140	12	206	19	38	415	1.548	0,268
Ott - 14	203	12	264	28	51	558	2.263	0,247
Nov - 14	220	12	284	31	55	602	2.481	0,243
Dic - 14		12	- 12		-	-	2.750	-
<b>Totale</b>	<b>1.928</b>	<b>145</b>	<b>2.583</b>	<b>269</b>	<b>493</b>	<b>5.419</b>	<b>23.976</b>	<b>0,226</b>
POD: IT001E00096441	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	275	12	353	43	-	682	3.416	0,200
Feb - 15	268	12	354	43	68	745	3.462	0,215
Mar - 15	169	13	236	29	45	492	2.228	0,221
Apr - 15	71	14	117	15	-	217	1.204	0,180
Mag - 15	117	14	183	26	-	340	2.056	0,165
Giu - 15	82	14	140	19	-	254	1.498	0,170
Lug - 15	44	14	90	10	-	158	827	0,191
Ago - 15	45	14	92	11	-	162	857	0,189
Set - 15	75	14	154	20	-	263	1.673	0,157
Ott - 15	105	14	216	29	-	364	2.309	0,158
Nov - 15	116	14	247	34	-	412	2.691	0,153
Dic - 15	99	14	212	28	-	354	2.269	0,156
<b>Totale</b>	<b>1.467</b>	<b>162</b>	<b>2.395</b>	<b>306</b>	<b>112</b>	<b>4.443</b>	<b>24.490</b>	<b>0,181</b>
POD: IT001E00096441	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	117	14	221	32	-	385	2.579	0,149
Feb - 16	112	14	225	33	-	384	2.627	0,146
Mar - 16	104	14	222	32	-	373	2.593	0,144
Apr - 16	349	316		54	72	790	2.294	0,344
Mag - 16						-	1.987	-
Giu - 16	122	110		18	25	276	1.441	0,191

Lug - 16	83	73	11	17	183	891	0,205
Ago - 16	75	71	11	16	172	957	0,180
Set - 16	137	106	15	26	284	1.290	0,220
Ott - 16	212	149	25	39	425	2.010	0,211
Nov - 16	253	168	26	45	492	2.289	0,215
Dic - 16	228	159	27	41	455	2.144	0,212
<b>Totale</b>	<b>1.791</b>	<b>1.195</b>	<b>668</b>	<b>284</b>	<b>280</b>	<b>4.218</b>	<b>0,183</b>

Per l'anno 2014 non sono stati forniti i costi di dicembre, mentre per il 2016 gli oneri di sistema parte fissa e parte variabile non sono stati suddivisi.

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

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

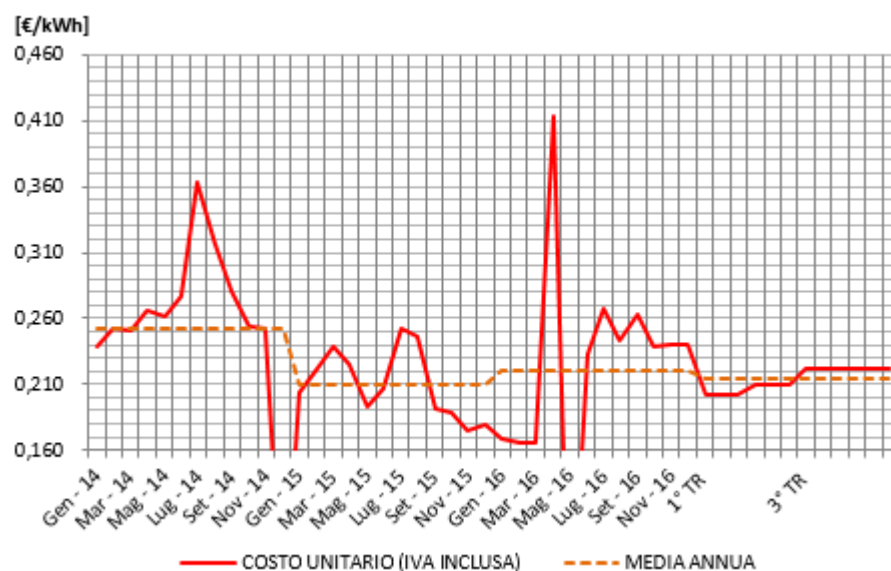
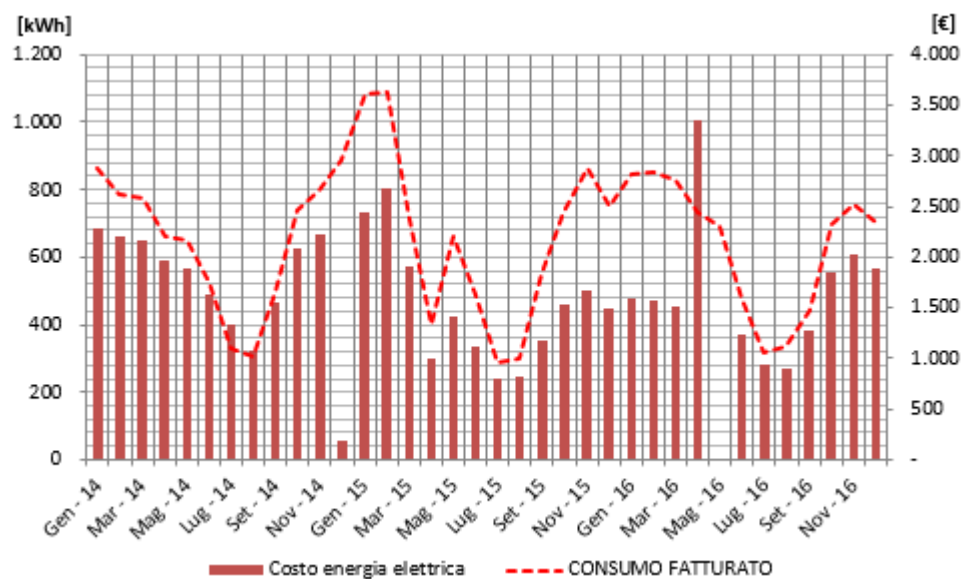


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi ha un picco in aprile 2016, dovuto probabilmente al fatto che sono stati fatturati due mesi contemporaneamente.

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

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

Nella Tabella 7.3 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[€]	[KWh]	[€/kWh]	[€]	[KWh]	[€/kWh]	[€]
2014	-	141	-	6.172	26.037	0,237	6.172
2015	-	-	-	5.411	26.371	0,205	5.411
2016	-	-	-	5.442	25.572	0,213	5.442
2017	-	-	0,0810	-	-	0,212	-
Media	-	141	0,0810	5.675	25.993	0,217	5.675

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu <sub>Q</sub> 0,0810	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu <sub>EE</sub> 0,212	[€/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:

- L1-042-060 E848: 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 22.186,17 €.

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

Tabella 7.5.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM <sub>o</sub> 19.967	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM <sub>s</sub> 2.219	[€/anno]

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

## 7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

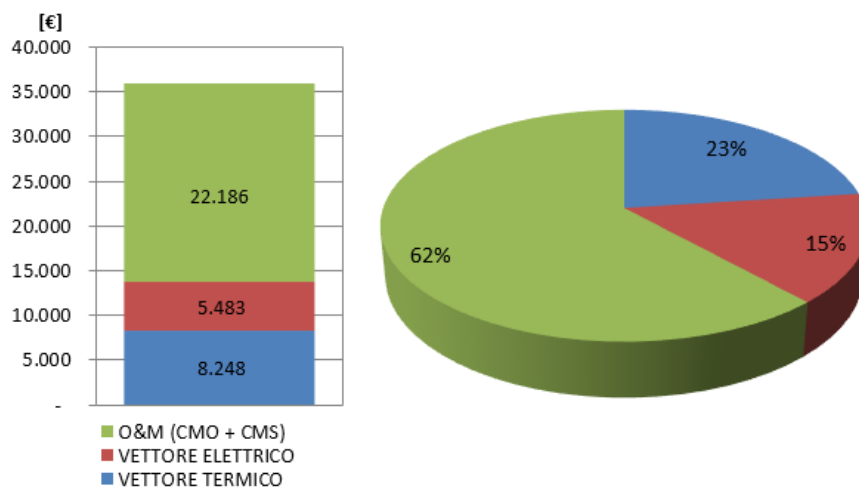
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C<sub>E</sub> pari a € 5.519 e un C<sub>baseline</sub> pari a € 37.307.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )		TOTALE
Q <sub>baseline</sub>	Cu <sub>Q</sub>	C <sub>Q</sub>	EE <sub>baseline</sub>	Cu <sub>EE</sub>	C <sub>EE</sub>	C <sub>M</sub>	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>Q</sub> +C <sub>EE</sub> +C <sub>M</sub>
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
101.816	0,081	8.248	25.993	0,211	5.483	22.186	19.967	2.219	35.917

Figura 7.3 – Baseline dei costi e loro ripartizione



## 8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

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

#### 8.1.1 Involucro edilizio

##### EEM1: Cappotto esterno

###### Generalità

La misura prevede la realizzazione di un cappotto interno in polistirene espanso additivato con grafite (valore di conduttività pari a 0,031 W/m<sup>2</sup>K) al fine di ridurre la trasmittanza termica di parete, protetto da una lastra in cartongesso.

La realizzazione del cappotto, migliorando la trasmittanza termica di parete, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione ed un miglioramento delle condizioni di comfort termico

###### Caratteristiche funzionali e tecniche

La parete verticale, mediante la realizzazione di un cappotto termico, raggiungerà un valore di trasmittanza termica inferiore a 0,32 W/m<sup>2</sup>K, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021.

###### Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

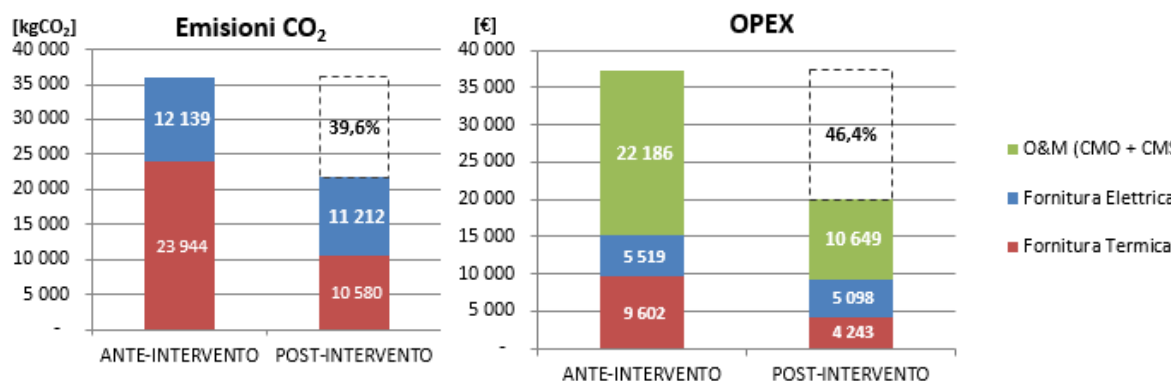
###### Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – cappotto esterno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	3	0,3	<b>90,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	329 372	145 532	<b>55,8%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	105 621	97 559	<b>7,6%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	118 536	52 375	<b>55,8%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25 993	24 009	<b>7,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	23 944	10 580	<b>55,8%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12 139	11 212	<b>7,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>36 083</b>	<b>21 792</b>	<b>39,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	9 602	4 243	<b>55,8%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5 519	5 098	<b>7,6%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15 121</b>	<b>9 341</b>	<b>38,2%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	19 967	8 823	<b>55,8%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2 219	1 826	<b>17,7%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>22 186</b>	<b>10 649</b>	<b>52,0%</b>
OPEX	[€]	<b>37 307</b>	<b>19 990</b>	<b>46,4%</b>
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

Figura 8.1 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



## EEM2: sostituzione serramenti

### Generalità

La misura prevede la sostituzione dei serramenti esistenti con nuovi serramenti in PVC, al fine di ridurre la trasmittanza termica degli stessi.

La posa di nuovi serramenti, migliorando la trasmittanza termica degli infissi, consente di ridurre l'energia termica dispersa per trasmissione, un miglioramento delle condizioni di comfort termico e, con l'utilizzo di vetri stratificati, una significativa riduzione del rumore esterno.

Figura 8.2 – Serramento



### Caratteristiche funzionali e tecniche

I nuovi serramenti raggiungeranno un valore di trasmittanza termica inferiore a  $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ , così come stabilito dal DM 26 giugno 2015 per gli interventi di riqualificazione energetica nella zona climatica D a partire dal 2021.

Il serramento avrà un doppio vetro, costituito da due lastre stratificate, livello di sicurezza 2(B)2 secondo norma UNI EN 12600 ed un valore di trasmissione solare inferiore o uguale a 0,35, così come stabilito dal DM 26 giugno 2015.

### Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

### Prestazioni raggiungibili

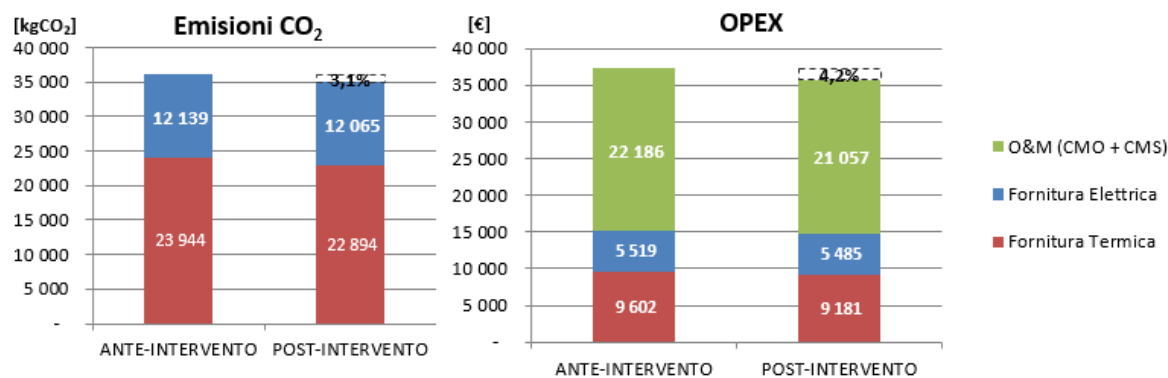
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabelle 8.2 e Figura 8.3



Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – sostituzione serramenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 trasmittanza	[W/m <sup>2</sup> K]	2,5	1,3	<b>48,0%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	329 372	314 929	<b>4,4%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	105 621	104 977	<b>0,6%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	118 536	113 338	<b>4,4%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	25 993	25 835	<b>0,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	23 944	22 894	<b>4,4%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12 139	12 065	<b>0,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>36 083</b>	<b>34 959</b>	<b>3,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	9 602	9 181	<b>4,4%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5 519	5 485	<b>0,6%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15 121</b>	<b>14 667</b>	<b>3,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	19 967	19 092	<b>4,4%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2 219	1 965	<b>11,4%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>22 186</b>	<b>21 057</b>	<b>5,1%</b>
OPEX	[€]	<b>37 307</b>	<b>35 724</b>	<b>4,2%</b>
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classi

Figura 8.3 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



### 8.1.1 Impianto riscaldamento

#### EEM3: Sostituzione caldaia

##### Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore di calore con un generatore a gas metano a condensazione.

La sostituzione del generatore di calore, comporterà un miglior rendimento nella combustione del gas metano e, conseguentemente, una riduzione delle emissioni

Figura 8.4 – Particolare della caldaia



##### Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede la riqualificazione generale della centrale termica, con la installazione di un nuovo generatore di calore a condensazione. La potenza termica del nuovo generatore viene assunta pari a quella del generatore esistente, considerando il singolo intervento, senza ulteriori interventi sull'involucro edilizio.

##### Descrizione dei lavori

La sostituzione del generatore di calore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

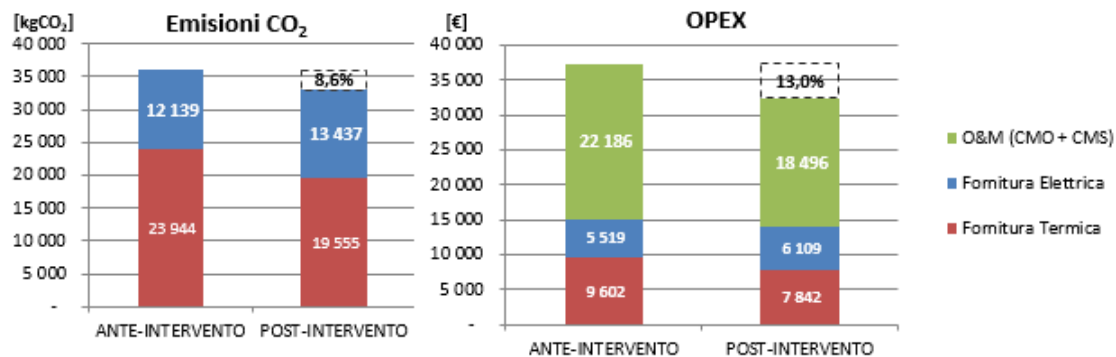
##### Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – sostituzione caldaia

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 rendimento di generazione	-	83	104	<b>25,3%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	329 372	269 000	<b>18,3%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	105 621	116 912	<b>-10,7%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	118 536	96 809	<b>18,3%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25 993	28 772	<b>-10,7%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	23 944	19 555	<b>18,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12 139	13 437	<b>-10,7%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>36 083</b>	<b>32 992</b>	<b>8,6%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	9 602	7 842	<b>18,3%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5 519	6 109	<b>-10,7%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15 121</b>	<b>13 951</b>	<b>7,7%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	19 967	16 308	<b>18,3%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2 219	2 188	<b>1,4%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>22 186</b>	<b>18 496</b>	<b>16,6%</b>
OPEX	[€]	<b>37 307</b>	<b>32 447</b>	<b>13,0%</b>
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classi

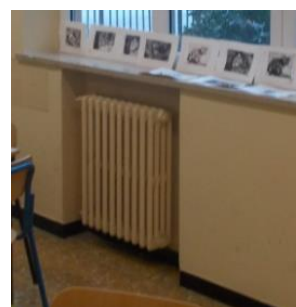
Figura 8.5 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



## EEM5: Valvole termostatiche e pompe a giri variabili

### Generalità

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e installazione di inverter sulle pompe di circolazione.



### Caratteristiche funzionali e tecniche

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e installazione di inverter sulle pompe di circolazione.

### Descrizione dei lavori

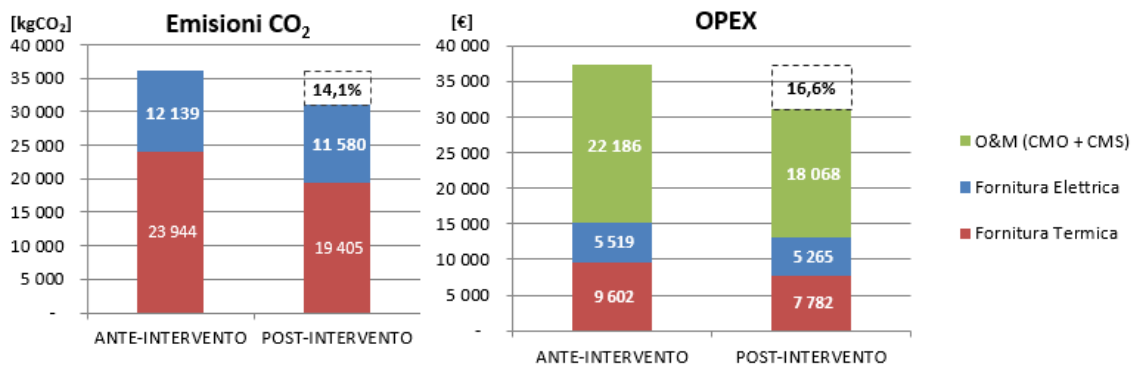
L'installazione delle valvole e degli inverter deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Si prevede tale attività nella stagione estiva.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.4 e Figura 8.6

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM5 – valvole termostatiche e pompe a giri variabili

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM6 rendimento di regolazione	-	73,5	99,5	<b>35,4%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	329 372	266 932	<b>19,0%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	105 621	100 762	<b>4,6%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	118 536	96 065	<b>19,0%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	25 993	24 797	<b>4,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	23 944	19 405	<b>19,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12 139	11 580	<b>4,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>36 083</b>	<b>30 985</b>	<b>14,1%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	9 602	7 782	<b>19,0%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	5 519	5 265	<b>4,6%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>15 121</b>	<b>13 047</b>	<b>13,7%</b>
$C_{MO}$	[€]	19 967	16 182	<b>19,0%</b>
$C_{MS}$	[€]	2 219	1 886	<b>15,0%</b>
O&M ( $C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	<b>22 186</b>	<b>18 068</b>	<b>18,6%</b>
OPEX	[€]	<b>37 307</b>	<b>31 115</b>	<b>16,6%</b>
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classi

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

### 8.1.2 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM5: Sostituzione lampade

##### Generalità

La misura preveda la sostituzione dei corpi illuminanti nelle aule, corridoi, servizi igienici e aule del personale.

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

Verranno installati corpi illuminanti a led, con accensione e spegnimento automatico con sensore di presenza nei corridoi e nei bagni. Nelle aule ci sarà la possibilità di regolare manualmente l'illuminazione. Sarà installato un orologio per lo spegnimento automatico di tutti i corpi durante le ore notturne (tranne le luci di emergenza).

##### Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche, con garanzia decennale. Tutti i prodotti utilizzati dovranno essere corredati da Dichiarazione di Prestazione con marcatura CE.

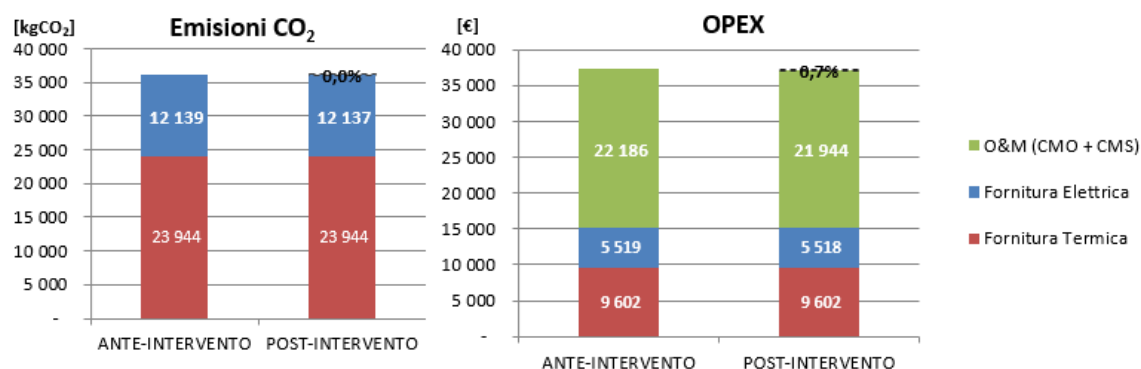
##### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati nella Tabella 8.5 e Figura 8. 7.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM5 Potenza elettrica	Watt	10500	4270	<b>59,3%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	329 372	329 372	<b>0,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	105 621	105 608	<b>0,0%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	118 536	118 536	<b>0,0%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25 993	25 990	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	23 944	23 944	<b>0,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12 139	12 137	<b>0,0%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>36 083</b>	<b>36 082</b>	<b>0,0%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	9 602	9 602	<b>0,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5 519	5 518	<b>0,0%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>15 121</b>	<b>15 121</b>	<b>0,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	19 967	19 967	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	2 219	1 977	<b>10,9%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>22 186</b>	<b>21 944</b>	<b>1,1%</b>
OPEX	[€]	<b>37 307</b>	<b>37 065</b>	<b>0,7%</b>
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classi

Figura 8.7 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

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

#### **EEM1: cappotto interno**

Nella tabella 9.1.1. è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'isolamento interno dell'involucro opaco.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile ( $C_{max}$ )	Valore massimo dell'incentivo ( $I_{max}$ ) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m <sup>2</sup>	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m <sup>2</sup>	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m <sup>2</sup>	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m <sup>2</sup>		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m <sup>2</sup>		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\ int} \leq 35\ kW_t$	40 (**)	160 €/kW <sub>t</sub>	3.000

Tabella 9.1.1 – Analisi dei costi della EEM1 – cappotto esterno

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
				[€/m <sup>2</sup> cm]	[€/m <sup>2</sup> cm]	[€]	[%]	[€]
Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	7854,9	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 24 921,46	22%	€ 30 404,18
Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	785,49	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 585,55	22%	€ 714,37
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	392,745	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 174,95	22%	€ 213,44
Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	785,49	m2	€ 14,28	€ 12,98	€ 10 197,09	22%	€ 12 440,45
Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	785,49	m2	€ 7,26	€ 6,60	€ 5 184,23	22%	€ 6 324,77
Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	785,49	m2	€ 4,81	€ 4,37	€ 3 434,73	22%	€ 4 190,37
Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	785,49	m2	€ 23,79	€ 21,63	€ 16 988,01	22%	€ 20 725,37
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1 844,58	22%	€ 2 250,39
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 4 304,02	22%	€ 5 250,91
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 67 635</b>	<b>22%</b>	<b>€ 82 514</b>
Incentivi	[Conto termico ]							€ 33 005,69
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 6 601,14



**EEM2: sostituzione serramenti**

Nella Tabella 9.1.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione dei serramenti.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C <sub>max</sub> )	Valore massimo dell'incentivo (I <sub>max</sub> ) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m <sup>2</sup>	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m <sup>2</sup>	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m <sup>2</sup>	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
	Interno	40 (*) (**)	80 €/m <sup>2</sup>	
	Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m <sup>2</sup>	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\text{ int}} \leq 35 \text{ kWt}$	40 (**)	160 €/kW <sub>t</sub>	3.000

Tabella 9.1.2 – Analisi dei costi della EEM2 – sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m <sup>2</sup> )	Prezziario Regione Liguria	59	m2	€ 39,61	€ 36,01	€ 2 124,54	22%	€ 2 591,93
Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m <sup>2</sup> K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m <sup>2</sup> 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	59	m2	€ 328,90	€ 299,00	€ 17 641,00	22%	€ 21 522,02
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	30,72458	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 212,00	22%	€ 258,64
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	8,85	m3	€ 11,77	€ 10,70	€ 94,70	22%	€ 115,53
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 602,17	22%	€ 734,64
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1 405,06	22%	€ 1 714,17
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 22 079</b>	<b>22%</b>	<b>€ 26 937</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico ]</b>							<b>€ 10 774,77</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 2 154,95</b>

### EEM3: sostituzione caldaia

Nella Tabella 9.1.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione del generatore di calore.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C <sub>max</sub> )	Valore massimo dell'incentivo (I <sub>max</sub> ) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			(i+ii+iii) ≤ 400.000
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m <sup>2</sup>	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m <sup>2</sup>	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m <sup>2</sup>	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m <sup>2</sup>		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m <sup>2</sup>		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con P <sub>n.int</sub> ≤ 35 kWt	40 (**)	160 €/kW <sub>t</sub>	3.000

	<i>ii.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con P <sub>n.int</sub> > 35 kWt	40 (**)	130 €/kWt	40.000
Articolo 4, comma 1, lettera d)	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili	40	150 €/m <sup>2</sup>	30.000
	Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature	40	30 €/m <sup>2</sup>	5.000
Articolo 4, comma 1, lettera e)	<i>i.</i> Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica A, B, C	65	500 €/m <sup>2</sup>	1.500.000
	<i>i.</i> Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica D, E, F	65	575 €/m <sup>2</sup>	1.750.000
Articolo 4, comma 1, lettera f)	<i>i.</i> Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza	40	15 €/m <sup>2</sup>	30.000
	<i>ii.</i> Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led	40	35 €/m <sup>2</sup>	70.000
Articolo 4, comma 1, lettera g)	Installazione di tecnologie di <i>building automation</i>	40	25 €/m <sup>2</sup>	50.000

Tabella 9.1.3 – Analisi dei costi della EEM3 – SOSTITUZIONE CALDAIA

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO	TOTALE		TOTALE
				PREZZARIO	SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 525 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 26 754,75	€ 24 322,50	€ 24 322,50	22%	€ 29 673,45
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 250 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 232,76	€ 211,60	€ 211,60	22%	€ 258,15
Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 701 Kw a 1300 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 614,79	€ 558,90	€ 558,90	22%	€ 681,86
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	15	cad	€ 21,13	€ 19,21	€ 288,14	22%	€ 351,53
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 51,75	22%	€ 63,13
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 109,64	€ 109,64	22%	€ 133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 469,23	22%	€ 572,46
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1 159,27	22%	€ 1 414,31
Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	100	m <sup>3</sup> km	€ 4,72	€ 4,29	€ 429,09	22%	€ 523,49
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 834,90	22%	€ 1 018,58
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1 948,10	22%	€ 2 376,69
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 30 613</b>	<b>22%</b>	<b>€ 37 348</b>
Incentivi	[Conto termico]							€ 14 939,16
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 2 987,83

**EEM4: sostituzione lampade con lampade a led**

Nella tabella 9.1.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione di copri illuminanti con lampade a led.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

	ii. Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n\text{int}} > 35 \text{ kWt}$	40 (**)	130 €/kWt	40.000
Articolo 4, comma 1, lettera d)	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili	40	150 €/m <sup>2</sup>	30.000
	Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature	40	30 €/m <sup>2</sup>	5.000
Articolo 4, comma 1, lettera e)	i. Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica A, B, C	65	500 €/m <sup>2</sup>	1.500.000
	i. Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica D, E, F	65	575 €/m <sup>2</sup>	1.750.000
Articolo 4, comma 1, lettera f)	i. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza	40	15 €/m <sup>2</sup>	30.000
	ii. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led	40	35 €/m <sup>2</sup>	70.000
Articolo 4, comma 1, lettera g)	Installazione di tecnologie di <i>building automation</i>	40	25 €/m <sup>2</sup>	50.000

Tabella 9.1.4 – Analisi dei costi della EEM4 – SOSTITUZIONE LAMPADE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE		TOTALE	
						(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]	
Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	1	cad	€ 156,66	€ 142,42	€ 142,42	22%	€ 173,75	
Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	49	cad	€ 98,61	€ 89,65	€ 4 392,63	22%	€ 5 359,01	
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 136,05	22%	€ 165,98	
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 317,45	22%	€ 387,29	
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 4 989</b>	<b>22%</b>	<b>€ 6 086</b>	
Incentivi	[Conto termico ]							€ 2 434,41	
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								€ 486,88	

### EEM5: valvole termostatiche e pompe a giri variabili

Nella Tabella 9.1.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche e pompe a giri variabili.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto Allegato II *Metodologia di calcolo degli incentivi* nel Decreto 16 febbraio 2016 Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili:

Tabella 5 - Coefficienti di calcolo dell'incentivo per tecnologia e corrispondente valore massimo dell'incentivo

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (% spesa)	Costo massimo ammissibile (C <sub>max</sub> )	Valore massimo dell'incentivo (I <sub>max</sub> ) [€]
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture			$(i+ii+iii) \leq 400.000$
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m <sup>2</sup>	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m <sup>2</sup>	
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti			
	Esterno	40 (*) (**)	120 €/m <sup>2</sup>	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
	<i>iii.</i> Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m <sup>2</sup>	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m <sup>2</sup>		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m <sup>2</sup>		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>i.</i> Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	40 (**)	350 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche A, B e C	75.000
			450 €/m <sup>2</sup> per le zone climatiche D, E e F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n.int} \leq 35$ kWt	40 (**)	160 €/kW <sub>t</sub>	3.000

	<i>ii.</i> Installazione di generatore di calore a condensazione con $P_{n.int} > 35$ kWt	40 (**)	130 €/kWt	40.000
Articolo 4, comma 1, lettera d)	Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento fissi, anche integrati, o mobili	40	150 €/m <sup>2</sup>	30.000
	Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature	40	30 €/m <sup>2</sup>	5.000
Articolo 4, comma 1, lettera e)	<i>i.</i> Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica A, B, C	65	500 €/m <sup>2</sup>	1.500.000
	<i>i.</i> Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica D, E, F	65	575 €/m <sup>2</sup>	1.750.000
Articolo 4, comma 1, lettera f)	<i>i.</i> Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza	40	15 €/m <sup>2</sup>	30.000
	<i>ii.</i> Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led	40	35 €/m <sup>2</sup>	70.000
Articolo 4, comma 1, lettera g)	Installazione di tecnologie di <i>building automation</i>	40	25 €/m <sup>2</sup>	50.000

Tabella 9.1.5 – Analisi dei costi della EEM5 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
				PREZZARIO	SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€/n° o €/m <sub>2</sub> ]	[€]	[%]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	41	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 1 320,20	22%	€ 1 610,64
Circulatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m <sup>3</sup> /h	Prezzario Regione Liguria	3	cad	€ 4 587,21	€ 4 170,19	€ 12 510,57	22%	€ 15 262,90
Sola posa in opera di pompe e/o circulatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	3	cad	€ 97,34	€ 88,49	€ 265,47	22%	€ 323,88
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	23	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 656,92	22%	€ 801,44
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 443,21	22%	€ 540,72
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1 034,17	22%	€ 1 261,68
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> - EEM1)</b>						<b>€ 16 251</b>	<b>22%</b>	<b>€ 19 826</b>
Incentivi	[Conto termico]							€ 7 930,57
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 1 586,11

## 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: cappotto interno**

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

Tabella 9.2 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– cappotto interno

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>I<sub>0</sub></b>	€	200 667
Oneri Finanziari %I <sub>0</sub>	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	30
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	16 053
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	4,0%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	12,7	6,9
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	20,9	10,6
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	34.678	104.180
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	6,6%	11,0%
Indice di profitto	<b>IP</b>	0,17	0,52

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

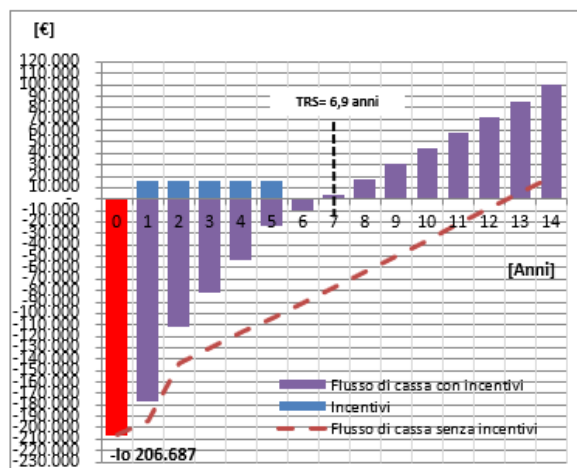


Figura 9.1 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

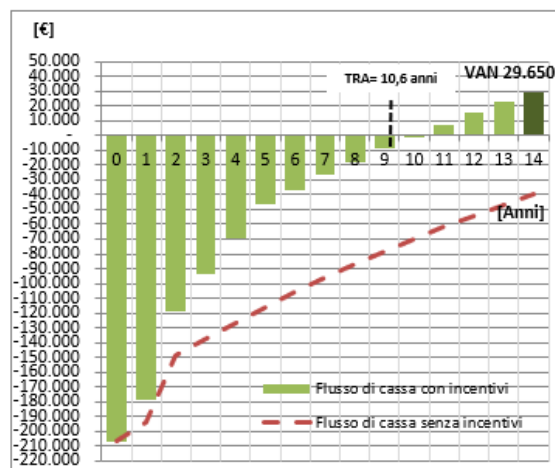


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi

Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente se attuato sia con che senza incentivi (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

### EEM2 – SOSTITUZIONE SERRAMENTI

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

Tabella 9.3 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2 – SOSTITUZIONE SERRAMENTI

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	54 614
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	4 369
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	40,6	22,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	66,7	38,2
Valore attuale netto	VAN	- 30.939	- 12.023
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,3%	1,4%
Indice di profitto	IP	-0,57	-0,22

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

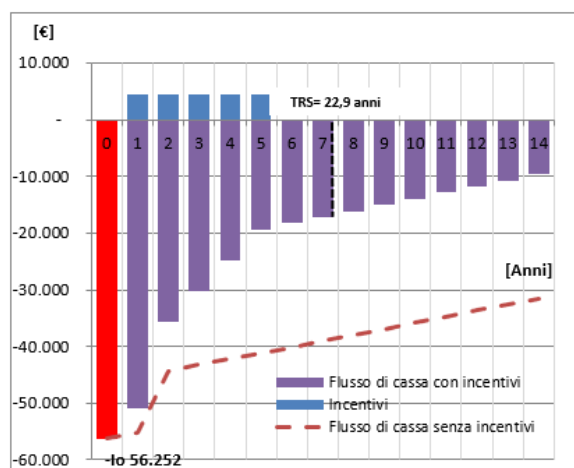
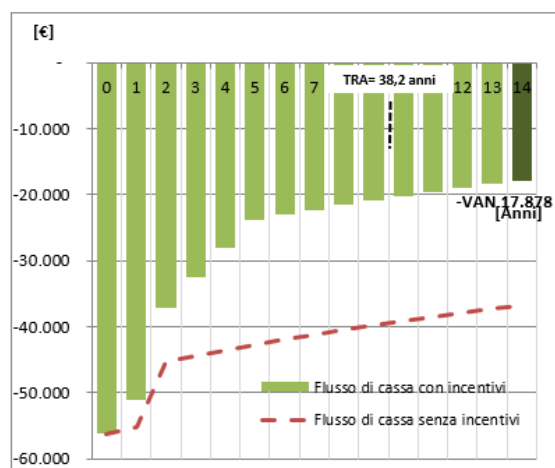


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta poco conveniente senza incentivi in quanto VAN negativo, mentre con incentivi il VAN rimane negativo e TRS < 25 anni.

**EEM3: CALDAIA A CONDESAZIONE**

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

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– CALDAIA A CONDESAZIONE

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	70 739
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	5 659
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	16,5	8,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	22,2	13,8
Valore attuale netto	VAN	- 23.570	931
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,4%	5,3%
Indice di profitto	IP	-0,33	0,01

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

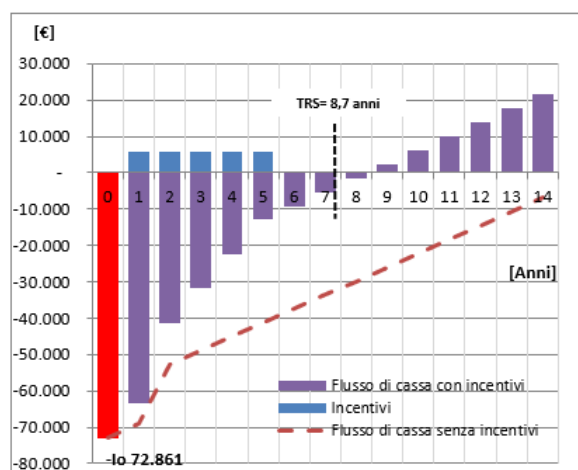
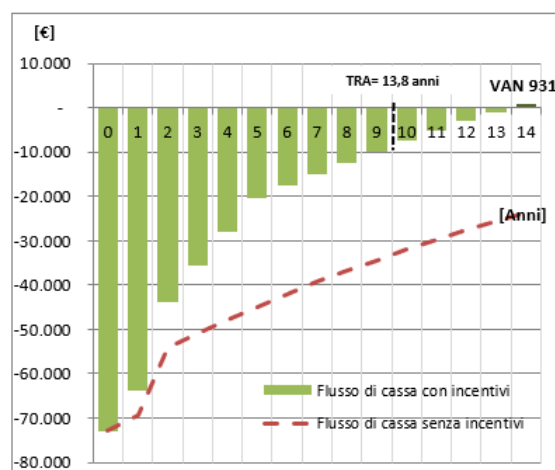


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta poco conveniente senza incentivi in quanto VAN negativo, mentre con incentivi VAN positivo e TRS < 15 anni.

## EEM4 – SOTITUZIONE ILLUMINAZIONE

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – SOTITUZIONE ILLUMINAZIONE

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	21 629
Oneri Finanziari % $I_0$	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	$n_{IVA}$	anni	3
Vita utile	n	anni	10
Incentivo annuo	B	€/anno	1 730
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	57,1	17,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	62,9	20,2
Valore attuale netto	VAN	- 18.738	- 11.247
Tasso interno di rendimento	TIR	-57,0%	-18,2%
Indice di profitto	IP	-0,87	-0,52

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

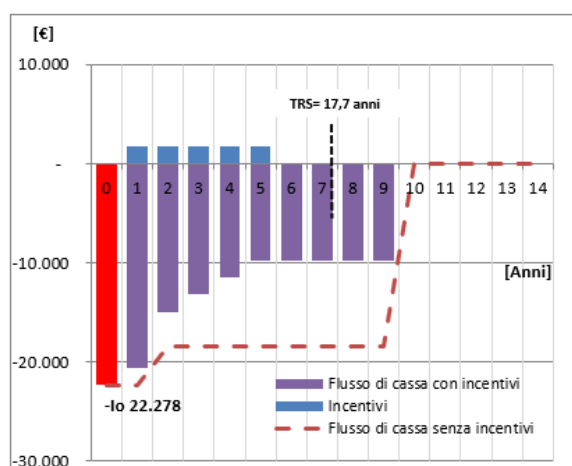
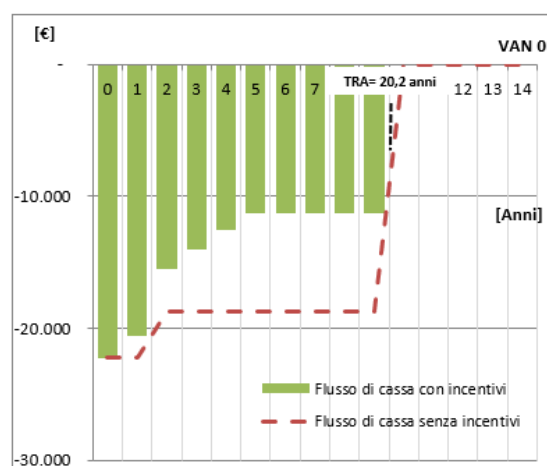


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta poco conveniente senza incentivi in quanto TRS > 25 anni e VAN negativo, mentre con incentivi VAN negativo ma TRS < 25 anni.

### EEM5 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5 – VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	24 152
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	1 932
Durata incentivo	$n_B$	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	4,0%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	4,5	3,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,4	3,7
Valore attuale netto	VAN	25.545	33.909
Tasso interno di rendimento	TIR	19,6%	26,2%
Indice di profitto	IP	1,06	1,40

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

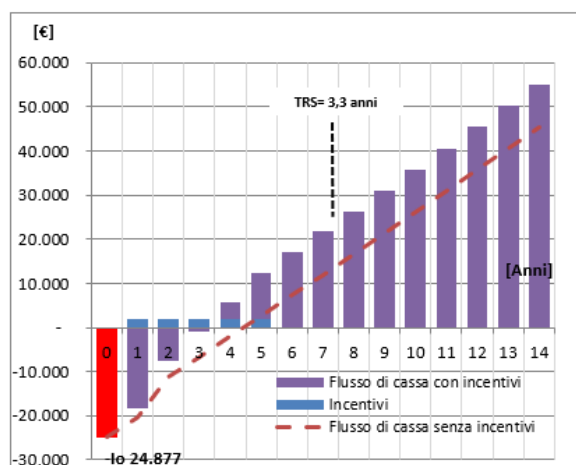
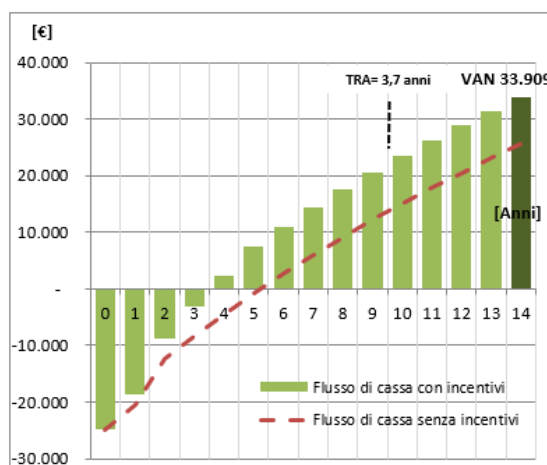


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente se attuato sia con che senza incentivi (TRS < 15 anni) e VAN positivo.

## Sintesi

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

Tabella 9.7 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% $\Delta_E$ [%]	% $\Delta_{CO_2}$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	36.6	37.9	5.021	11.144	0	200.667	12.7	20.9	30	34.678	6.6	0.17
EEM 2	0.6	3.0	394.4	857.4	0	54.614	<b>40.6</b>	<b>66.7</b>	30	<b>-30.939</b>	-2.3	-0.57
EEM 3	-10.7	7.6	925	3.659	0	70.739	16.5	22.2	15	<b>-23.570</b>	-1.4	-0.03
EEM 4	0	0	0	0	0	21.629	<b>57.1</b>	<b>62.9</b>	10	<b>-18.738</b>	-57.0	-0.87
EEM 5	13.6	13.2	1.815	3.785	0	24.152	4.5	5.4	15	25.545	19.6	1.06

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

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

Dall'analisi dei risultati emerge che EEM2 e EEM4 risultano non convenienti in quanto TRS > 25 anni e VAN negativo.

Tabella 9.8 – 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 [-]
EEM 1	36.6	37.9	5.021	11.144	0	200.667	6.9	10.6	30	104.180	11.0	0.17
EEM 2	0.6	3.0	394.4	857.4	0	54.614	22.9	38.2	30	<b>-12.023</b>	1.4	-0.22
EEM 3	-10.7	7.6	925	3.659	0	70.739	8.7	13.8	15	931	5.3	0.01
EEM 4	0	0	0	0	0	21.629	17.7	20.2	10	<b>11.247</b>	-18.2	-0.52
EEM 5	13.6	13.2	1.815	3.785	0	24.152	3.3	3.7	15	33.909	26.2	1.4

Dall'analisi dei risultati emerge che tutti gli interventi hanno TRS < 25 anni, ma EEM2 e EEM4 hanno VAN negativo.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

- $FCO_n$  sono i flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo;
- $K_n$  è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;



- $I_n$  è la quota interessi da ripagare nell'anno  $t_n$ -esimo.

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: 15 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di cappotto esterno, sostituzione caldaia, valvole termostatiche e pompe a giri variabili.
- **Scenario 2: 25 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di cappotto esterno, sostituzione serramenti, sostituzione caldaia, valvole termostatiche e pompe a giri variabili, sostituzione lampade.

### 9.3.1 Scenario 1: 15 anni:

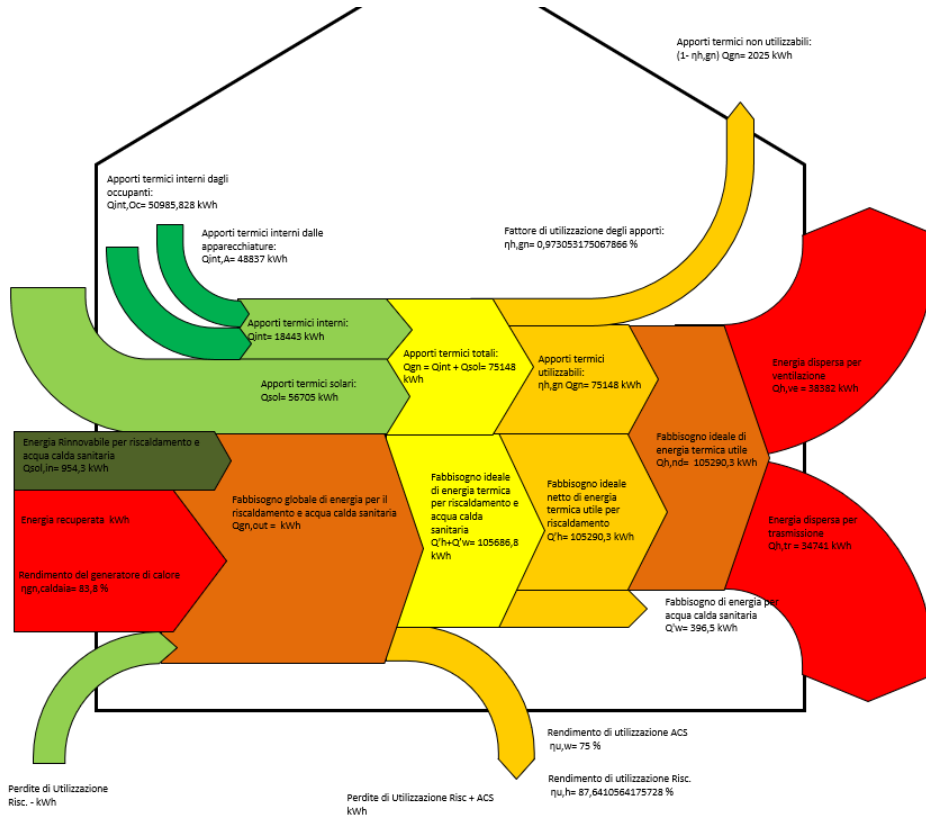
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AI 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	149.528	32.896	182.425
EEM3 Fornitura & Posa	52.711	11.597	64.308
EEM5 Fornitura & Posa	17.997	3.959	21.956
Costi per la sicurezza	6.607	1.453	8.060
Costi per la progettazione	15.416	3.391	18.808
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>242.259</b>	<b>53.296</b>	<b>295.555</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	6.601	507	7.108
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>6.601</b>	<b>507</b>	<b>7.108</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
<b>Incentivi</b>	<b>Conto termico</b>	<b>118.222</b>	
<b>Durata incentivi</b>		<b>5</b>	
<b>Incentivo annuo</b>		<b>23.644</b>	

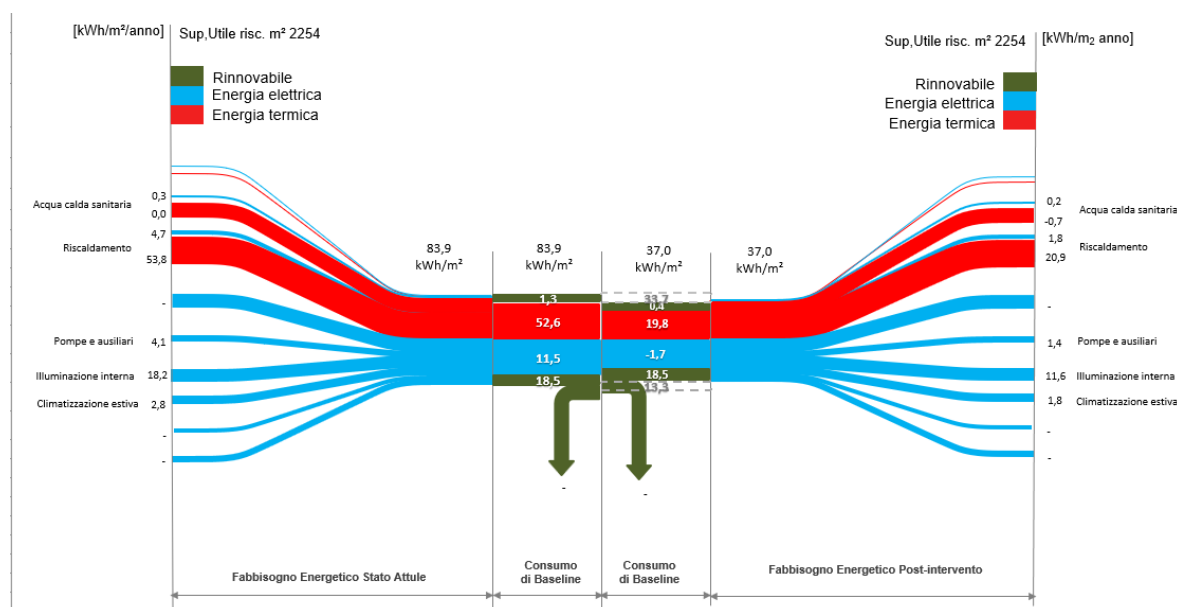
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che c'è stato un aumento del rendimento del generatore di calore con aumento del rendimento di utilizzazione riscaldamento e acs. Gli apporti termici sono ridotti e il fabbisogno ideali di energia termica ridotto.

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



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.15 e nella Figura 9.19

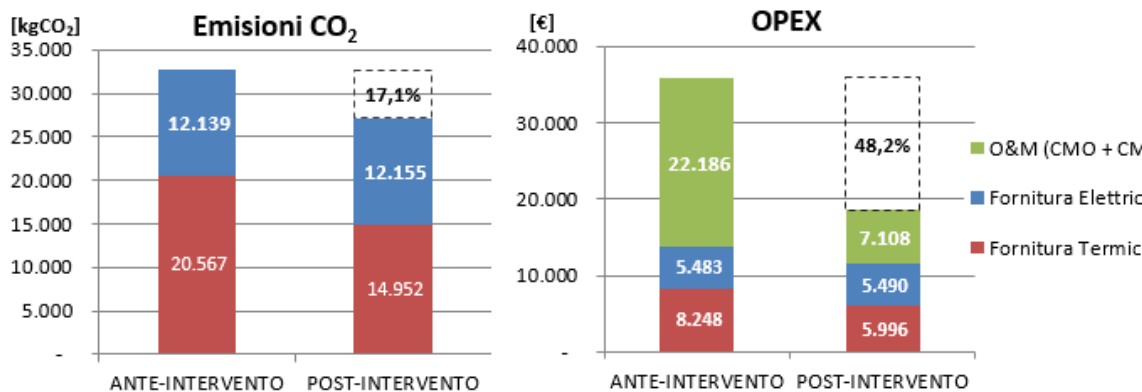
Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1 –Tale scenario consiste nella realizzazione di cappotto esterno, sostituzione caldaia, valvole termostatiche e pompe a giri variabili

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 trasmittanza	[W/m²K]	3	0,3	<b>90,0%</b>
EM3 - rendimento di generazione	[W/m²K]	83	104	<b>25,3%</b>
EM5 - rendimento di regolazione	-	73,5	99,5	<b>35,4%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]			
$EE_{teorico}$	[kWh]	151.813	110.366	<b>27,3%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	27.033	27.070	<b>-0,1%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	101.816	74.019	<b>27,3%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	25.993	26.028	<b>-0,1%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	20.567	14.952	<b>27,3%</b>
<b>Emiss. CO2 Totale</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>12.139</b>	<b>12.155</b>	<b>-0,1%</b>
Fornitura Termica, $C_Q$	[€]	<b>32.706</b>	<b>27.107</b>	<b>17,1%</b>
Fornitura Elettrica, $C_{EE}$	[€]	8.248	5.996	<b>27,3%</b>
<b>Fornitura Energia, <math>C_E</math></b>	<b>[€]</b>	<b>5.483</b>	<b>5.490</b>	<b>-0,1%</b>
Costo Manutenzione Ordinaria, $C_{MO}$	[€]	<b>13.731</b>	<b>11.486</b>	<b>16,3%</b>
Costo Manutenzione Straordinaria, $C_{MS}$	[€]	19.967	6.601	<b>66,9%</b>
Costo per O&M ( $C_M = C_{MO} + C_{MS}$ )	[€]	2.219	507	<b>77,1%</b>
<b>OPEX</b>	<b>[€]</b>	<b>22.186</b>	<b>7.108</b>	<b>68,0%</b>
Classe energetica	[-]	<b>35.917</b>	<b>18.594</b>	<b>48,2%</b>

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0.467 per vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0.212 per vettore elettrico

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



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari.

I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.18 e nelle successive figure.

Tabella 9.11 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Tale scenario consiste nella realizzazione di cappotto esterno, sostituzione caldaia, valvole termostatiche e pompe a giri variabili

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14
Anni Concessione	$n$	15
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	<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)	$n_D$	10
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 295 558
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€ 8 867
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€ 304 425
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	80,0%
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	20,00%
Debito	$I_D$	€ 243 540
Equity	$I_E$	€ 60 885
Fattore di annualità Debito	<b>FA<sub>D</sub></b>	8,30

Rata annua debito	$q_D$	€	29 336
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	293 357
Costi per interessi debito, $INT_D$	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	49 818

Tabella 9.12 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	15 121
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	22 186
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>37 307</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>69,4%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>68,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>5,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>45,6%</b>	€	<b>24 868</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	1 865
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	86 560
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	30 608
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>14</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>45,76%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	9 951
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	3 558
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	9 493
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€	7 372
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	€	5 067
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$C_{nS}$	€	12 439
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$C_{nD}$	€	23 003
Canone Totale €/anno IVA escl.	$C_n$	€	<b>35 442</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	53 297
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	118 222
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>6,84</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>8,70</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>91 667</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>		<b>9,69%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>31,02%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>2,75</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>3,16</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>64 257</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; <math>k_e</math></b>		<b>38,61%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>		<b>1,298</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLCR &gt; 1</b>		<b>1,455</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>		<b>21,74%</b>

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

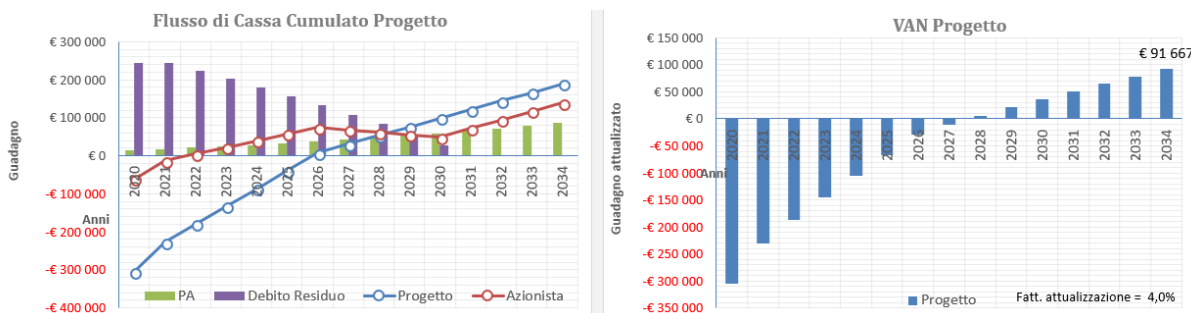


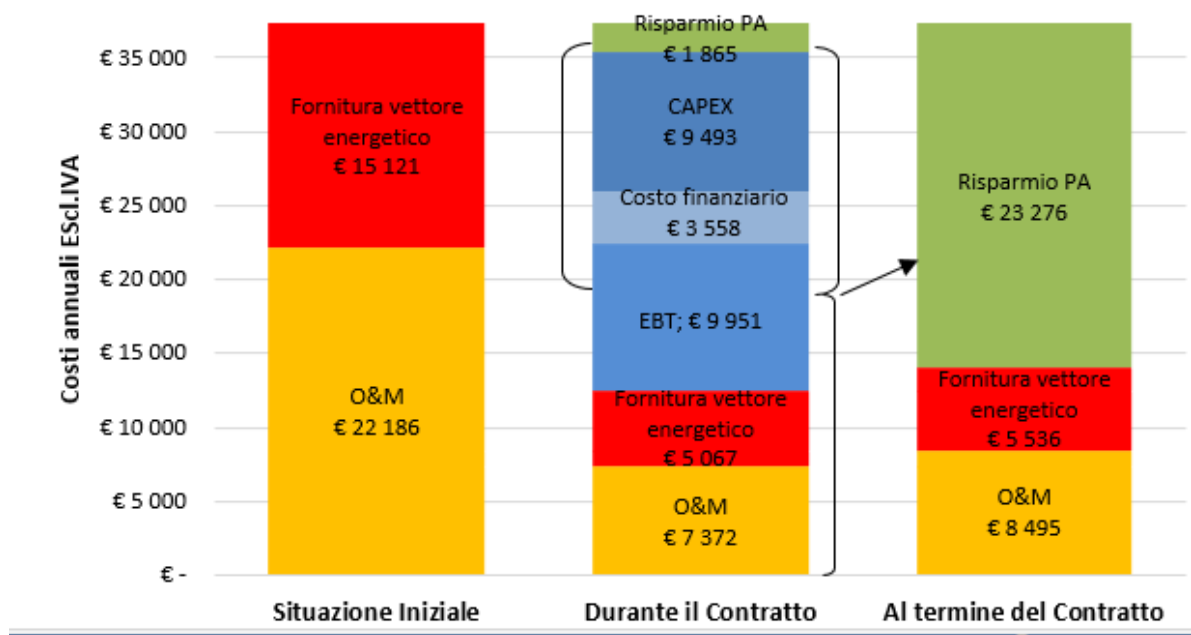
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta conveniente sia per TRS < 15 anni sia per VAN Positivo.

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

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: 25 anni

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

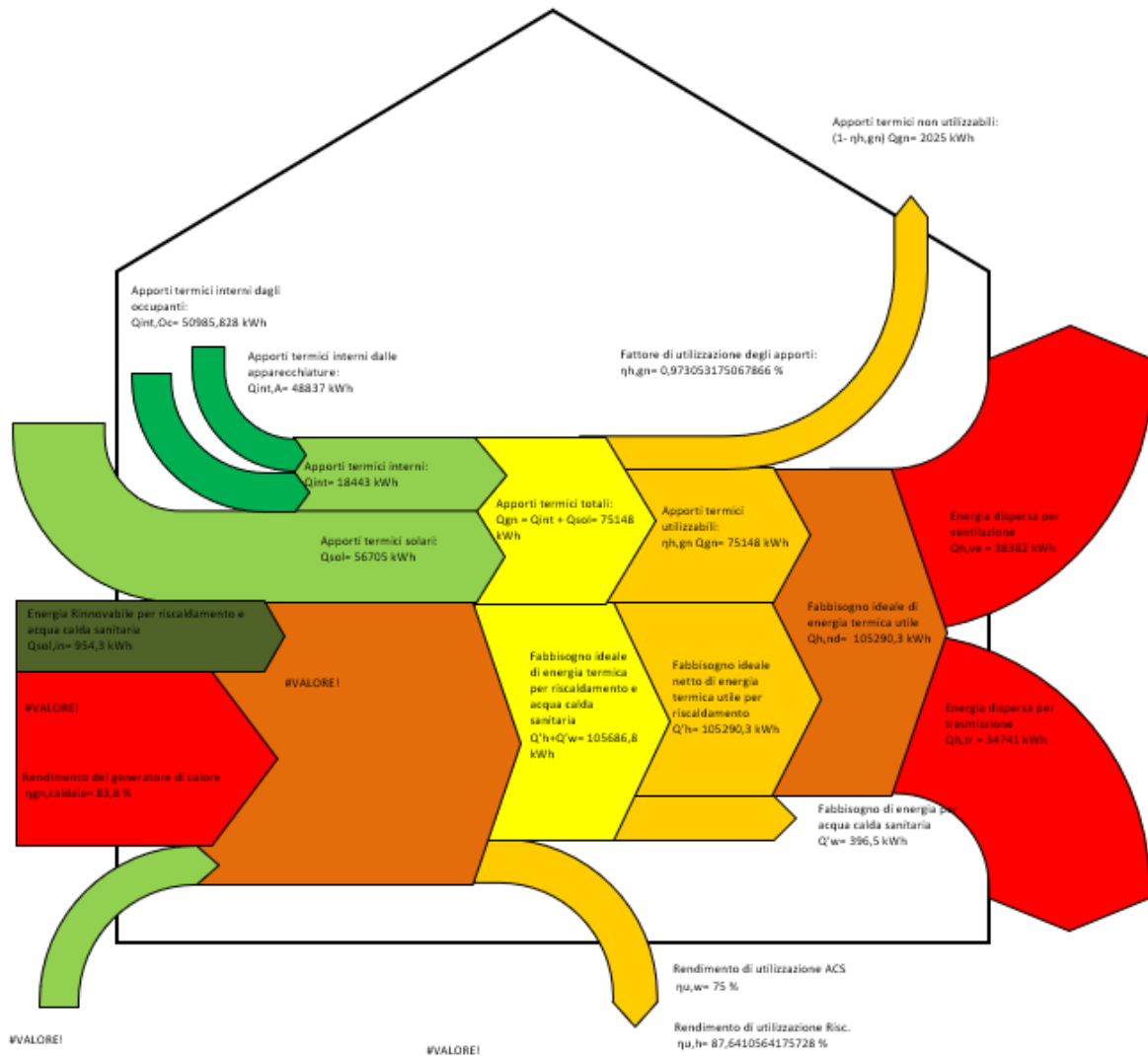
Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	149.528	32.896	182.425
EEM2 Fornitura & Posa	40.696	8.953	49.649
EEM3 Fornitura & Posa	52.711	11.597	64.308
EEM4 Fornitura & Posa	16.790	3.694	20.484
EEM5 Fornitura & Posa	17.997	21.956	3.959
Costi per la sicurezza	8.109	1.784	9.893
Costi per la progettazione	18.922	4.162	23.085
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>304.753</b>	<b>85.042</b>	<b>389.795</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA) [€]	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	6.601	507	7.108
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	<b>6.601</b>	<b>507</b>	<b>7.108</b>
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	148.718	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		29.743	

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

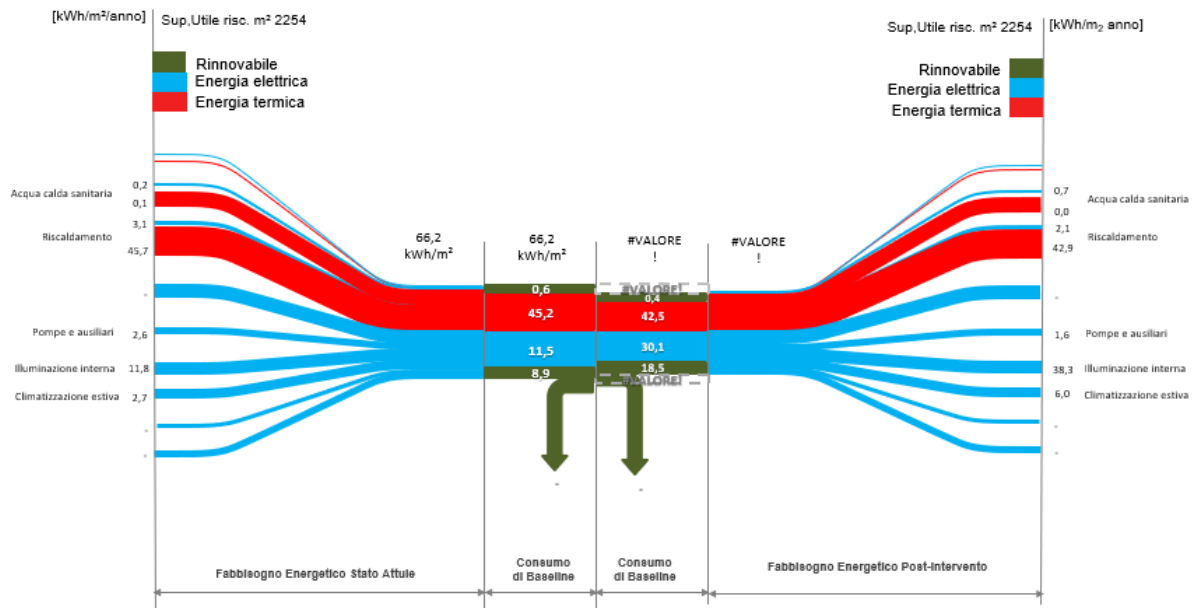


Figura 9.17 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che c'è stato un aumento del rendimento del generatore di calore con aumento del rendimento di utilizzazione riscaldamento e acs. Gli apporti termici sono ridotti e il fabbisogno ideali di energia termica ridotto.

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



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.15 e Figura 9.19

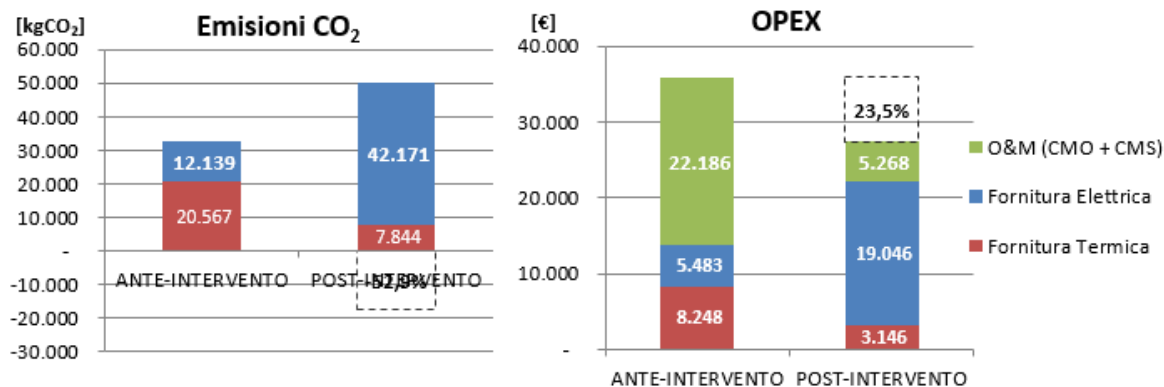
Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN2 – Tale scenario consiste nella realizzazione di cappotto esterno, sostituzione serramenti, sostituzione caldaia, valvole termostatiche e pompe a giri variabili, sostituzione lampade

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 trasmittanza	[W/m²K]	3	0,3	<b>90,0%</b>
EM2 trasmittanza	[W/m²K]	2,5	1,3	<b>48,0%</b>
EM3 - rendimento di generazione	[W/m²K]	83	104	<b>25,3%</b>
EM4 potenza elettrica	Watt	10500	4270	<b>59,3%</b>
EM6 - rendimento di regolazione	-	73,5	99,5	<b>35,4%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	151.813	57.898	<b>61,9%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	27.033	93.914	<b>-247,4%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	101.816	38.830	<b>61,9%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	25.993	90.301	<b>-247,4%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	20.567	7.844	<b>61,9%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	12.139	42.171	<b>-247,4%</b>
<b>Emiss. CO2 Totale</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>32.706</b>	<b>50.014</b>	<b>-52,9%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	8.248	3.146	<b>61,9%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	5.483	19.046	<b>-247,4%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>13.731</b>	<b>22.192</b>	<b>-61,6%</b>
Costo Manutenzione Ordinaria, C <sub>MO</sub>	[€]	19.967	3.510	<b>82,4%</b>
Costo Manutenzione Straordinaria, C <sub>MS</sub>	[€]	2.219	1.758	<b>20,8%</b>
Costo per O&M (C <sub>M</sub> = C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>22.186</b>	<b>5.268</b>	<b>76,3%</b>
OPEX	[€]	<b>35.917</b>	<b>27.460</b>	<b>23,5%</b>
Classe energetica	[-]	G	D	+2 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0.467 per vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0.212 per vettore elettrico

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



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari.

I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.16 e nelle successive figure.

Tabella 9.16 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– Tale scenario consiste nella realizzazione di cappotto esterno, sostituzione serramenti, sostituzione caldaia, valvole termostatiche e pompe a giri variabili, sostituzione lampade

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	$WACC$	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	$IRES$	24,0%
Aliquota IRAP	$IRAP$	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	10
Anni Equity	$n_E$	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_o$	€ 371 801
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	$Of$	€ 11 154
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	$CAPEX$	€ 382 955
%CAPEX a Debito	$D$	80,0%
%CAPEX a Equity	$E$	20,00%
Debito	$I_D$	€ 306 364
Equity	$I_E$	€ 76 591

Fattore di annualità Debito	$FA_D$		8,30
Rata annua debito	$q_D$	€	36 903
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€	369 033
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	62 669

Tabella 9.17 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{E0}$	€	15 121
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{M0}$	€	22 186
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	37 307
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		56,4%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		76,3%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	24 025
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1 865
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	185 525
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	34 331
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		78,85%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	12 582
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	2 611
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	6 966
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€	5 600
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	€	7 682
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$C_{nS}$	€	13 282
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$C_{nD}$	€	22 160
Canone Totale €/anno IVA escl.	$C_n$	€	35 442
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	67 046
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	148 718
Durata Incentivi, anni	$n_B$		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.18 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	<b>8,22</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	<b>11,30</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ <b>150 066</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	<b>9,20%</b>
Indice di Profitto	IP	<b>40,36%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	<b>3,42</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	<b>4,11</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ <b>73 770</b>
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	<b>25,61%</b>
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	<b>1,157</b>
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	<b>2,038</b>
Indice di Profitto Azionista	IP	<b>19,84%</b>

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

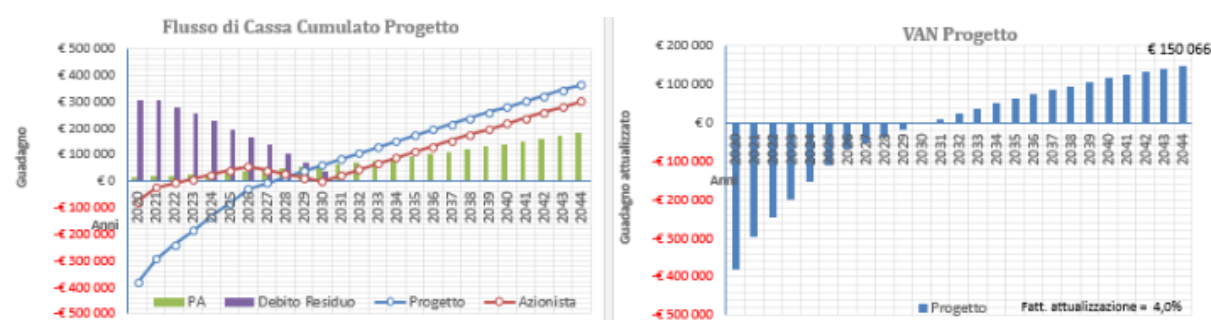
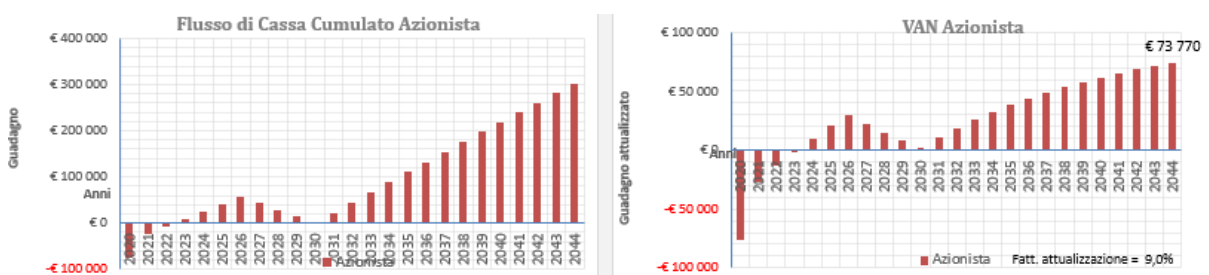


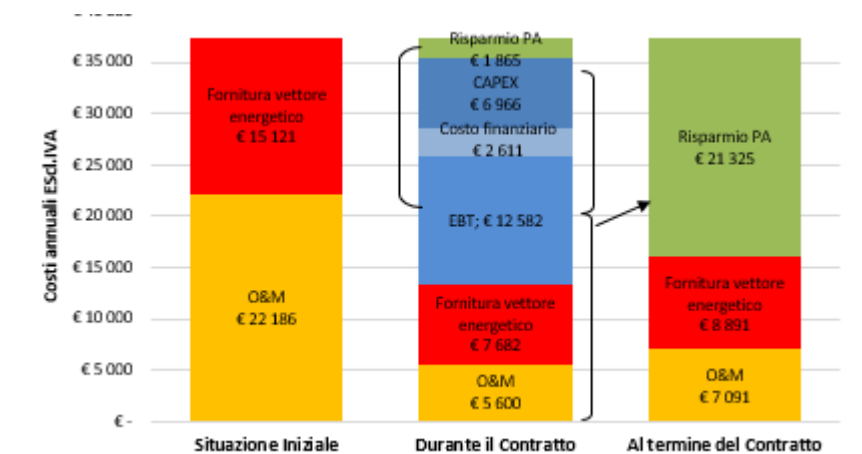
Figura 9.21 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta conveniente sia per TRS < 25 anni sia per VAN Positivo.

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

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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	252,04	243,52
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	216,12	214,58
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	0,57	0,46
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	0,00	0,00
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	4,76	3,84
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	30,59	24,65
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	0,00	0,00
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	53,70	51,88

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	344,5	332,85
Climatizzazione invernale	$EP_H$	kWh/mq anno	295,40	293,3
Produzione di acqua calda sanitaria	$EP_w$	kWh/mq anno	0,78	0,63
Ventilazione	$EP_v$	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	$EP_c$	kWh/mq anno	6,51	5,25
Illuminazione artificiale	$EP_L$	kWh/mq anno	41,81	33,69
Trasporto di persone e cose	$EP_T$	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	$CO_{2eq}$	Kg/mq anno	73,4	70,91

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

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: CAPPOTTO INTERNO
- EEM 2: SOSTITUZIONE SERRAMENTI
- EEM 3: SOSTITUZIONE CALDAIA
- EEM 4: SOSTITUZIONE LAMPADE
- EEM 5: VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE A GIRI VARIABILI

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

SENZA 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 [-]
EEM 1	36.6	37.9	5.021	11.144	0	200.667	12.7	20.9	30	34.678	6.6	0.17
EEM 2	0.6	3.0	394.4	857.4	0	54.614	<b>40.6</b>	<b>66.7</b>	30	<b>-30.939</b>	-2.3	-0.57
EEM 3	-10.7	7.6	925	3.659	0	70.739	16.5	22.2	15	<b>-23.570</b>	-1.4	-0.03
EEM 4	0	0	0	0	0	21.629	<b>57.1</b>	<b>62.9</b>	10	<b>-18.738</b>	-57.0	-0.87
EEM 5	13.6	13.2	1.815	3.785	0	24.152	4.5	5.4	15	25.545	19.6	1.06

Dall'analisi dei risultati emerge che EEM2 e EEM4 risultano non convenienti in quanto TRS > 25 anni e VAN negativo.

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

CON INCENTIVI														
	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta CO_2$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	36.6	37.9	5.021	11.144	0	200.667	6.9	10.6	30	104.180	11.0	0.17	n/a	n/a
EEM 2	0.6	3.0	394.4	857.4	0	54.614	22.9	38.2	30	<b>-12.023</b>	1.4	0.22	n/a	n/a
EEM 3	-10.7	7.6	925	3.659	0	70.739	8.7	13.8	15	931	5.3	0.01	n/a	n/a
EEM 4	0	0	0	0	0	21.629	17.7	20.2	10	<b>11.247</b>	-	-	n/a	n/a
EEM 5	13.6	13.2	1.815	3.785	0	24.152	3.3	3.7	15	33.909	26.2	1.4	n/a	n/a
SCN 1	56.4	58.4	8.526	16.457	460	371.801	8.22	11.3	30	150.066	9.2	40.3	1.2	2.03
SCN 2	69.4	69.1	10.489	13.366	1.711	295.558	6.84	8.7	30	91.667	9.69	31	1.29	1.4

Dall'analisi dei risultati emerge che tutti gli interventi hanno TRS < 25 anni, ma EEM2 e EEM4 hanno VAN negativo.

Si sono quindi individuati i seguenti scenari, che forniscano i maggiori vantaggi in termini di riduzione dei costi e consumi energetici:

- **Scenario 1: 25 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di cappotto esterno, sostituzione serramenti, sostituzione caldaia, valvole termostatiche e pompe a giri variabili, sostituzione lampade. Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta conveniente sia per TRS < 25 anni sia per VAN Positivo.
- **Scenario 2: 15 anni:** Tale scenario consiste nella realizzazione di cappotto esterno, sostituzione caldaia, valvole termostatiche e pompe a giri variabili. Dall'analisi effettuata è emerso che lo scenario risulta conveniente sia per TRS < 15 anni sia per VAN Positivo.

### 10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Il complesso scolastico è un edificio del 1964 che presenta al suo interno una scuola media. Si presenta in buone condizioni. All'ultimo erano in corso degli interventi di riqualificazione della copertura a causa di infiltrazioni. L'edificio presenta un impianto di climatizzazione tradizionale con radiatori in ogni ambiente. Si suggerisce di valutare un intervento di termoregolazione dell'immobile per evitare di scaldare ambienti privi di studenti e/o personale. L'edificio presentava anche un impianto di raffrescamento per il raffrescamento di una palestra e zone che in estate sono molto calde. Si può anche pensare alla sostituzione dei serramenti.



**ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA**

Titolo	Data	Nome file
Consumi energia elettrica – fatture 2014 – 2015 - 2016	16/11/2017	01_EE.pdf
Planimetrie Involucro	16/11/2017	E00848.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN1.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN2.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN3.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIAN4.dwg
Planimetrie Involucro	16/11/2017	PIANT.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	060-P00-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-060-P00.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-060-P01.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-060-P02.dwg
Planimetrie termici - disegni	16/11/2017	L1-042-060-P03.dwg
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-060-P00-Checklist
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-060-P01-Checklist
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-060-P02-Checklist
Planimetrie termici - check list	16/11/2017	L1-042-060-P03-Checklist

## ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Elaborati fotografici	Report fotografico rilievo	19/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - E848 FOTO SOPRALLUOGO
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - L1-042-060-P00.dwg
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - L1-042-060-P01.dwg
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - L1-042-060-P02.dwg
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - L1-042-060-P03.dwg
Estratto di mappa	Estratto di mappa	23/07/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - DOC_1167560491
Individuazione posizione impianto	Individuazione posizione impianto	26/07/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - E848 - POSIZIONE IMPIANTO
Elaborati fotografici	Report fotografico rilievo	09/04/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - E848 FOTO SOPRALLUOGO 1.pdf
Elaborati fotografici	Report fotografico rilievo	09/04/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - E848 FOTO SOPRALLUOGO 2.pdf
Schema a blocchi impianto termico	Schema a blocchi impianto termico	23/07/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - E848 Schema a blocchi impianto termico
Schema a blocchi elettrico	Schema a blocchi elettrico	26/07/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - EL E848 schema a blocchi elettrico
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - L1-042-060-P00.pdf
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - L1-042-060-P01.pdf
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - L1-042-060-P02.pdf
Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	Planimetria scala 1:100 - 1:200 con individuazione delle diverse zone termiche, degli spazi riscaldati e non riscaldati e delle diverse destinazioni d'uso	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - L1-042-060-P03.pdf
Schema a blocchi impianto termico	Schema a blocchi impianto termico	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - Schema a blocchi termico 2
Schema a blocchi impianto termico	Schema a blocchi impianto termico	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato B - Schema a blocchi termico

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	03/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato C - Report di indagine termografica

**ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI**

Titolo	Data	Nome file
Elenco completo radiatori	19/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato E - Mappatura termosifoni E848
Stratigrafie di dettaglio stato di fatto	04/05/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato E - Stratigrafie E848
Ponti termici di dettaglio stato di fatto	04/05/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato E - Ponti termici E848
Serramenti di dettaglio stato di fatto	04/05/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato E - Serramenti E848
Raccolta dati stato rilievo	18/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato E - Raccolta Dati E848 - SPLIT
Raccolta dati stato rilievo	18/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato E - Raccolta Dati E848
Stratigrafie di dettaglio intervento di miglioramento	14/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato E - Stratigrafie E848 riqualif
Serramenti di dettaglio intervento di miglioramento	14/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato E - Serramenti E848 riqualif
Ponti termici di dettaglio intervento di miglioramento	14/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato E - Ponti termici E848 riqualif
Schema energetico	01/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato E - Schema energetico - E848 v.01
Schema energetico	19/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato E - Schema energetico - E848

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI software	03/07/2017	DE_Lotto.7-E848_rev.01 ALLEGATO F Certificato80-Tepsrl

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di Prestazione Energetica	19/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 ALLEGATO G - 23116_2018_732

**ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI**

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE scenari sostituzione generatore	14/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato H - E848_caldaia
Bozza APE scenari cappotto	14/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato H - E848_cappotto_esterno
Bozza APE scenari sostituzione apparecchi illuminanti	14/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato H - E848_LED
Bozza APE scenari sostituzione serramenti	14/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato H - E848_serramenti
Bozza APE scenari valvole e pompe	14/06/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato H - E848_valvole
Bozza APE scenari SCN1	04/08/2018	
Bozza APE scenari SCN2	04/08/2018	

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati Climatici	03/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato I - GG_Lotto.7-E848.Rev01



## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di Audit	03/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato J - E 848_Scheda Audit_Template_rev.1

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	03/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 - Allegato K - E848 - Scheda ore

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Allegato L		

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report benchmark	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 Allegato M - Benchmark_Rev02.doc
Report benchmark	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 Allegato M - Benchmark_Rev02.pdf
Report benchmark	04/08/2018	DE_Lotto.7-E848_rev.01 Allegato M - Benchmark_Rev03.xls



## **ALLEGATO N – CD-ROM**

