

**Scuola elementare “DE AMICIS”, Scuola media
“U. FOSCOLO” e Scuola materna “EX
FASCIOTTI”/uffici comunali MUNICIPIO V
E1168
P.ZZA DURAZZO PALLAVICINI 6**

**RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3**



Luglio/2018

**COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER**



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

**Scuola elementare “DE AMICIS”, Scuola
media “U. FOSCOLO” e Scuola materna “EX
FASCIOTTI”/uffici comunali MUNICIPIO V
E1168**

P.ZZA DURAZZO PALLAVICINI 6

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager

Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova

Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

CASa Associati

Via Cetteo Ciglia 54 – 65128 – Pescara

Tel: 085 4311109 – 349 5394754 – info@casaassociati.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[A]	[16/04/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Prima emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[B]	[22/05/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Seconda emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[C]	[19/06/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Terza emissione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			
[D]	[27/07/2018]	Roberta Campanella	Marco Santomauro	Carmela Palmieri	[Pubblicazione]
		Andrea Ciarcelluti	Pierluigi Fecondo		
		Gregorio Cocciarficco			

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

INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
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
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI ’INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
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>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	22
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	23
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	25
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	26
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	26
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	27
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	28
5 CONSUMI RILEVATI	29
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	29
5.1.1 <i>Energia termica</i>	29
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	31
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	36
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	41
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	41
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	42
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	43
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	44
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	45
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	47
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	47
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	47



7.1.2	Vettore elettrico.....	47
7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	52
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	52
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	53
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	55
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	55
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	55
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	59
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	65
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	65
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	66
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	66
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	68
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	75
9.3.1	<i>Scenario 1: IMPIANTO TERMICO</i>	78
9.3.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO</i>	83
10	CONCLUSIONI	88
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	88
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	88
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	89
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		A
ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI		A
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		A
ALLEGATO D – REPORT ENDOSCOPICO		A
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		A
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		A
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		A
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		B
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....		B
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....		B
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....		B
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI		B
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....		B
ALLEGATO N – CD-ROM		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		1953
Anno di ristrutturazione		2002 (sostituzione infissi) 2012-13 (impianto fotovoltaico, (impianto fotovoltaico, isolamento e pavimentazione copertura))
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.780
Superficie disperdente (S)	[m ²]	8.735
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	27.725
Rapporto S/V	[1/m]	0,302
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.207
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	5.207
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	820
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	97,512
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	346.982
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	26.769
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	58.718
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	11.140

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Cappotto termico;
- EEM 2: Isolamento intradosso copertura;
- EEM 3: Installazione di caldaia modulare a condensazione;
- EEM 4: Installazione di valvole termostatiche;
- EEM 5: Installazione di circolatore con inverter;

- SCN 1: IMPIANTO TERMICO (EEM3+4+5);
- SCN2: INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO (EEM1+2+3+4).

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	9,9	9,9	3 670	-	-	141 150	18,9	32,7	30	-12 108	2,8	-0,09	-	-
EEM 2	4,1	4,1	1 564	-	-	33 735	11,5	17,0	30	8 236	6,8	0,24	-	-
EEM 3	33,3	33,3	12 397	2 808	746	49 659	2,5	2,7	15	123 319	35,6	2,48	-	-
EEM 4	12,4	12,4	4 601	-	-	9 194	2,1	2,3	15	35 357	44,9	3,85	-	-
EEM 5	2,7	2,7	1 081	-	-	8 555	7,8	9,7	15	2 782	8,8	0,33	-	-
SCN 1	59,6	59,6	22 550	2 807	746	67 407	2,74	3,17	-	99 567	73,9	1,47	1,101	5,696
SCN 2	56,1	56,1	20 926	2 807	746	233 738	4,18	4,95	-	28 056	21,43	0,12	1,146	1,425

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

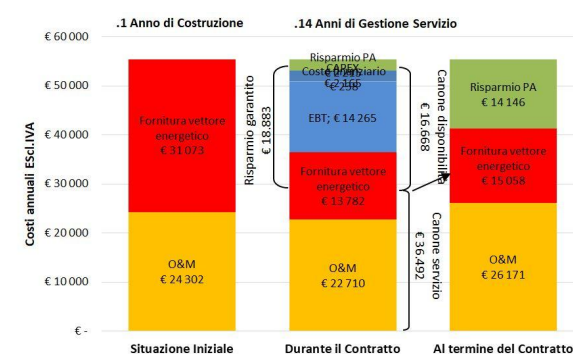
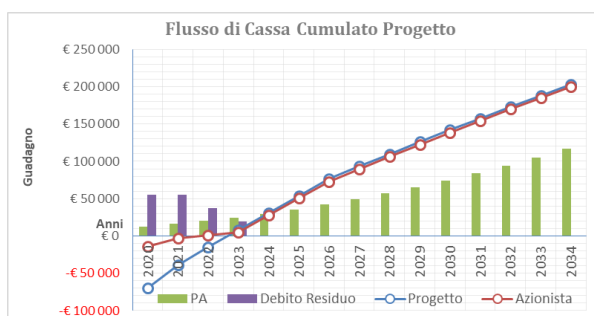
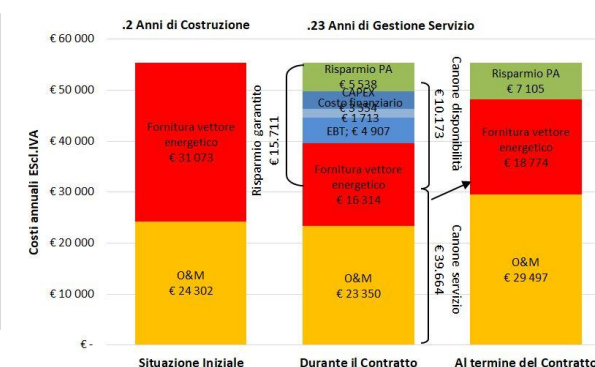
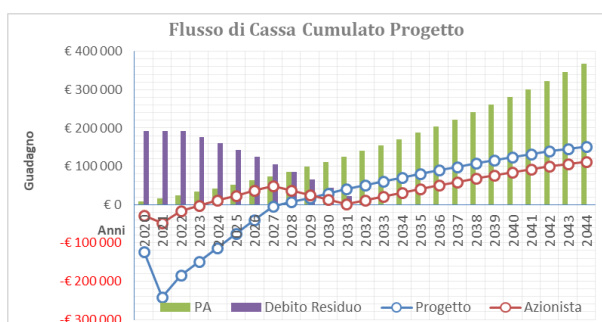


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di almeno tre classi energetiche, ed in particolare per l’edificio in esame dalla F alla C**, attraverso lo scenario proposto numero 2 e concernente le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità rilevate dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell’impianto termico, oltre che dell’involucro opaco.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede un’azione congiunta su involucro ed impianto con l’efficientamento dell’involucro mediante la realizzazione di un cappotto esterno e dell’isolamento all’intradosso del solaio di copertura e l’efficientamento dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore ed un sistema di regolazione e controllo della temperatura per ogni singolo ambiente. Questo scenario presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima, per lo scenario 1 che risulta essere quello più performante in termini di ambientali, **una riduzione complessiva di 58.091 kg CO2**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico, **sarebbe possibile risparmiare 302.447 kWh**.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata ovest in prossimità dell'ingresso



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 CO₂.

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 paramento 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 CASa Associati, il cui responsabile per il processo di audit è l’arch. Carmela Palmieri, 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

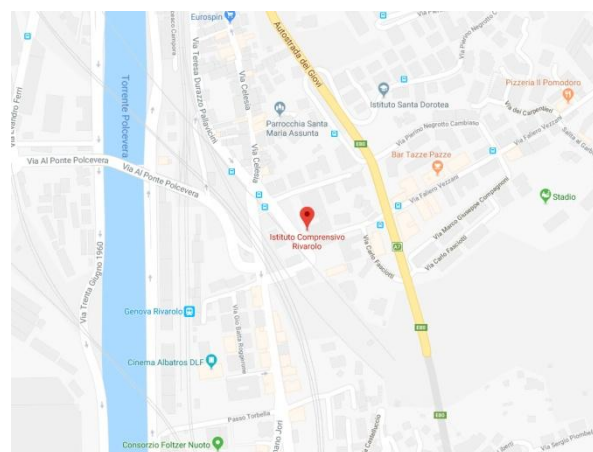
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carmela Palmieri Marco Santomauro Fabio Armillotta Pierluigi Fecondo Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Sopralluogo in sito
Andrea Ciarcelluti Gregorio Cocciarficco		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Roberta Campanella		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Fabio Armillotta		Prove strumentali: Termografie ed endoscopie
Marco Santomauro	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Pierluigi Fecondo	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Carmela Palmieri	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sezione RIV, F. 34 Mapp. 817 è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Rivarolo, un quartiere di Genova nella bassa Val Polcevera, compreso tra i quartieri di Sampierdarena e Cornigliano a sud, Bolzaneto a nord, Sestri Ponente ad ovest. Comune autonomo fino al 1926, Rivarolo, nella nuova ripartizione in vigore dal 2005 appartiene al Municipio V Valpolcevera.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola primaria, secondaria di primo grado, scuola dell’infanzia. Una piccola porzione del fabbricato è utilizzato come uffici demografici del Municipio V.

Figura 1.2 – Ubicazione dell’edificio



Nella seguente tabella sono riportate le principali caratteristiche geometriche ed impiantistiche dell’edificio.

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1953
Anno di ristrutturazione		2002 (sostituzione infissi) 2012-13 (impianto fotovoltaico, isolamento e pavimentazione copertura)
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.780
Superficie disperdente (S)	[m ²]	8.735
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	27.725
Rapporto S/V	[1/m]	0,302
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.207
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	5.207
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	5.207
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	820
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	97,512
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	346.982
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	26.769
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	58.718
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	11.140

Nota (1): Valori di Baseline

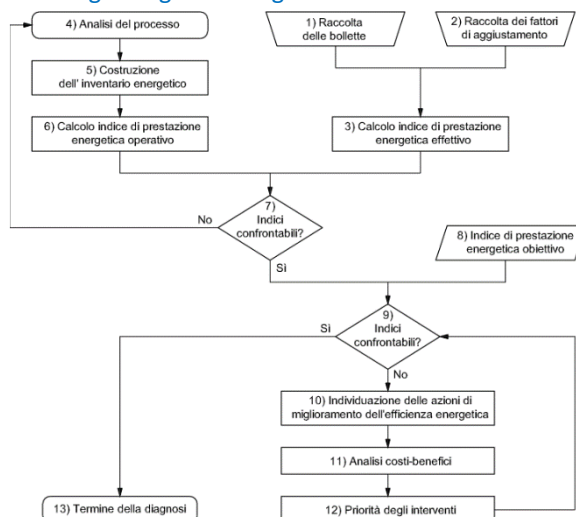
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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 grafici.
- 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 22/11/2017 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, Assista, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale TERMUS dell'ACCA Software versione 42.h in possesso di certificato di

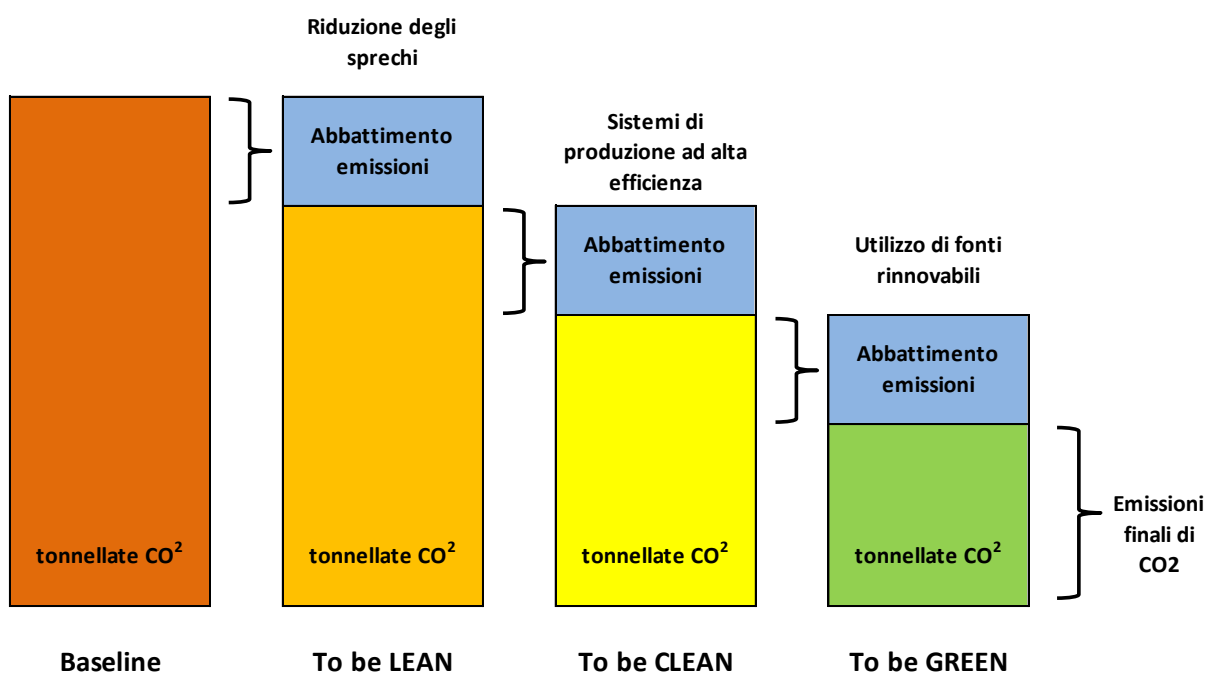
- conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 67 del 15/03/17 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all’Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei 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 CO₂, secondo tre livelli consequenziali:

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

▪ **To be Green:** Produzione di energia da fonti rinnovabili (es: pompe di calore, fotovoltaico, ecc.). Secondo questo modello di gerarchia energetica non è raccomandato riqualificare gli impianti di generazione della climatizzazione e gli impianti rinnovabili se non a partire da rinnovate e ridotte condizioni del fabbisogno energetico, conseguenti all’adozione di EEM preliminari atte a ridurre il fabbisogno energetico primario.

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell’edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei componenti del sistema edificio-impianto.
- Una terza parte contenente l’analisi dei consumi storici dell’edificio oggetto della DE, con la conseguente identificazione degli indici di prestazione energetica effettivi;

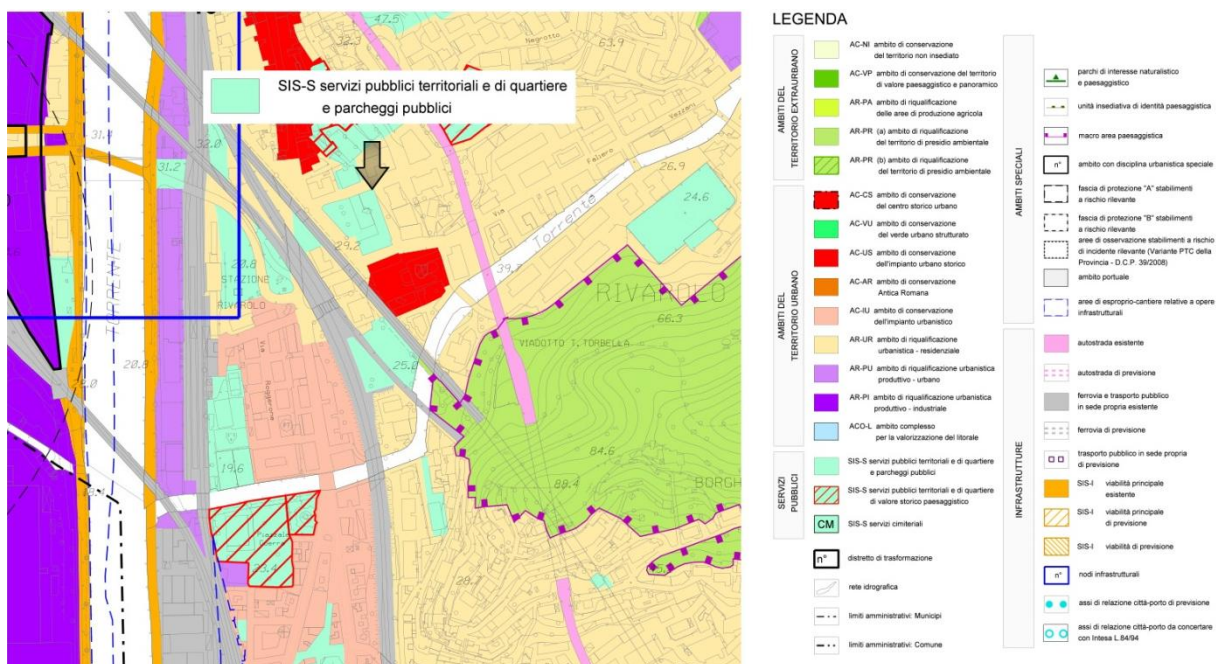
- Una quarta parte relativa alla definizione del modello energetico, e del procedimento di convalida dello stesso, al fine di renderlo conforme a quanto identificato nell’analisi dei consumi storici;
- Una quinta parte in cui sono descritte le caratteristiche tecniche ed i costi delle EEM proposte e gli scenari ottimali, individuabili tramite la valutazione dei risultati dell’analisi economico-finanziaria.
- Una parte conclusiva contenente i risultati dell’analisi ed i suggerimenti dell’Auditor per l’attuazione degli scenari proposti da parte della PA, definendo le opportune priorità di intervento.

2 DATI DELL’EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015 (ultimo aggiornamento 25/10/17), 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



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

L’edificio è localizzato a Rivarolo, che è compreso tra i quartieri di Sampierdarena e Cornigliano a sud, Bolzaneto a nord, Sestri Ponente ad ovest. Ad est il crinale sinistro della Val Polcevera, sul quale corre la lunga cortina delle mura seicentesche di Genova divide Rivarolo da San Teodoro, Oregina e Staglieno, ma non esistono strade di collegamento dirette con questi quartieri.

Rivarolo si trova sulla sinistra del torrente, lungo la ex Strada statale 35 dei Giovi. Sull'argine che divide gli abitati dal torrente, costruito intorno alla metà dell'Ottocento, corre la linea ferroviaria Genova-Torino.

L’edificio è stato realizzato nel 1953 ed è stato ristrutturato a partire dal 2002, quando è stata realizzata la sostituzione degli infissi. Tra il 2012-2013 è stato installato un impianto fotovoltaico con

la contemporanea posa in opera di isolamento della copertura e posa di una nuova pavimentazione flottante.

Un altro intervento ha riguardato l’installazione di un nuovo ascensore e l’adeguamento antincendio dell’edificio.

L’edificio ospita al piano terra la scuola materna, al primo piano gli uffici di segreteria del personale docente, degli alunni e del DSGA e alcune aule della scuola primaria. Al secondo piano le rimanenti aule della primaria e al terzo le classi della scuola media.

Nelle vicinanze dell’ingresso principale, sul fronte sud, si trova l’accesso agli uffici demografici del Municipio V.

Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d’uso E.7 – Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli.

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

L’ipotesi di intervenire al fine di migliorare l’efficienza energetica dell’asilo è volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, e rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all’interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di interesse socio-culturale, poiché trattandosi di una struttura scolastica, sarebbe utile alla sensibilizzazione degli utenti alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

La scuola per l’infanzia “Fasciotti” è costituita da cinque sezioni con bambini di età eterogenea (125 bambini). La scuola primaria “De Amicis” ospita invece 18 classi (364 bambini). La scuola secondaria di I grado “Foscolo” è composta da 16 classi (354 bambini).

Pertanto, ogni anno, la scuola è frequentata da circa 843 bambini, oltre a maestre e collaboratrici scolastiche. Inoltre, è importante evidenziare come, oltre alla riduzione di emissioni climalteranti e alle finalità di sensibilizzazione sulle tematiche ambientali, l’efficientamento dell’edificio e una corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai bambini e dagli operatori didattici, nonché la riduzione dei consumi specifici di energia termica ed elettrica.

L’edificio, ospitante la scuola media oggetto della DE, è disposto su cinque livelli principali: al piano seminterrato sono localizzati i refettori, la cucina, la dispensa, i magazzini, gli archivi, la centrale termica e i locali di servizio; al piano terra ci sono l’atrio di ingresso, la palestra con gli ambienti a servizio, le aule didattiche e speciali della scuola materna e, con ingresso indipendente gli uffici del servizio demografico del Municipio V; al piano primo ci sono gli uffici di segreteria, le aule della scuola primaria, gli spogliatoio per il personale, i servizi igienici e con ingresso indipendente gli ambienti in disuso dell’ex casa del custode; al secondo ci sono le rimanenti aule didattiche e speciali della scuola primaria, il locali e i servizi igienici; al terzo piano ci sono le aule didattiche e speciali, i locali di servizio e i servizi igienici della scuola media.

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 grafici.

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 ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Seminterrato	Refettori, dispensa, cucina, depositi, spogliatoi, archivi, centrale termica e servizi igienici	[m ²]	1.104	821	-
Terra (Palestra, uffici comunali, scuola materna)	Ingresso, aule didattiche e speciali, palestra con tutti gli ambienti di servizio, spogliatoi, e servizi igienici, ingresso uffici Municipio V e uffici.	[m ²]	1.264	1.176	124
Primo (segreterie e scuola elementare)	Aule didattiche e speciali, segreterie, uffici, aula docenti, spogliatoi e servizi igienici del personale e dei bambini, locali dell'ex casa del custode	[m ²]	987	984	-
Secondo (scuola elementare)	Aule didattiche e servizi igienici personale e bambini	[m ²]	902	899	-
Terzo (scuola media)	Aula didattiche e speciali, aula docenti, locale di servizio e servizi igienici personale e bambini	[m ²]	903	900	-
Quarto (scuola media)	Locali tecnici	[m ²]	47		
TOTALE		[m ²]	5.207	4.780	124

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 l'edificio di metà novecento non è classificato come **bene di interesse Storico ed Artistico Particolarmente Importante**, pertanto, nell'analisi delle EEM non si è resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale didattico e di servizio, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti.

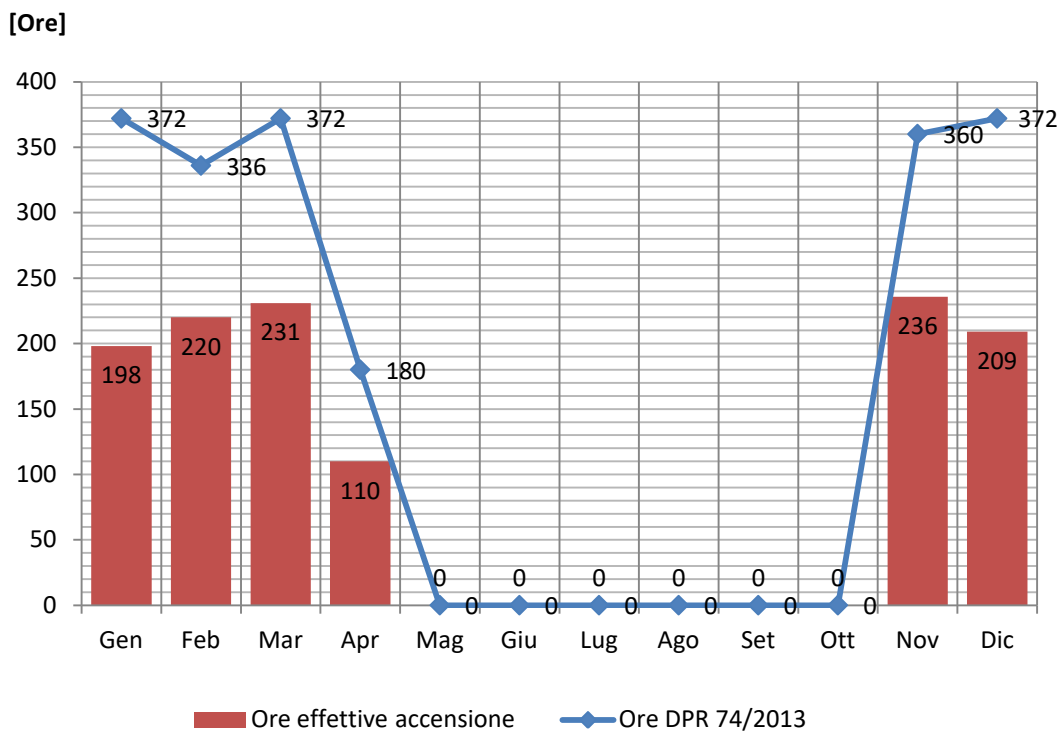
Nella Tabella 2.2 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.2 – Orari di funzionamento dell'edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 14 Settembre al 31 Ottobre	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	6.00 – 18.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile al 30 Giugno	dal martedì al venerdì	7.00 – 18.00	spento

	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 01 Luglio al 13 Settembre	tutti i giorni	chiuso	spento

Figura 2.3 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell’impianto termico



Dall’analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle attività dell’asilo, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura pertanto un’ora prima dell’arrivo dei bambini ed un’ora dopo l’edificio è occupato dal personale scolastico. L’impianto inoltre si accende un’ora prima dell’arrivo 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.

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 905 GG 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 GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21,22%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21,00%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20,66%
Aprile	30	15,3	15	71	20	15	52	5,72%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	-
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	-
Settembre	30	22,2	-	-	14	-	-	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14,81%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16,58%
TOTALE	365	16,7	166	1421	212	111	905	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

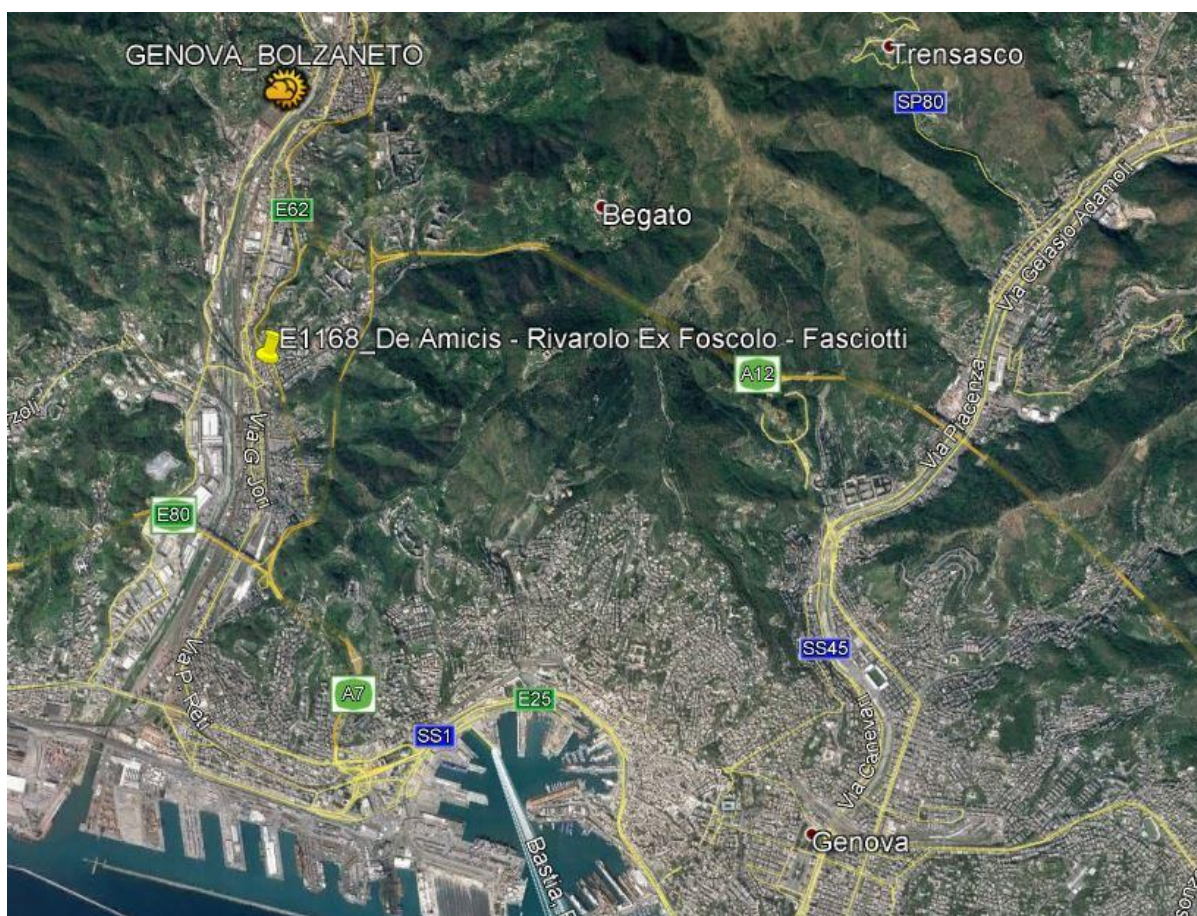
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica GENOVA-BOLZANETO (Long. 8° 53’ 44.196’’ – Lat. 44° 27’ 19.08’’ – Altezza sul livello del mare 47m).

In mancanza di specifiche tecniche relative alla tipologia di centralina climatica, si riporta di seguito il link di riferimento da cui sono stati estrapolati i dati climatici utilizzati per il calcolo dei gradi giorno: <http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/SiraQualMeteo/script/PubAccessoDatiMeteo.asp>.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è l’unica disponibile e fornita dalla PA per l’edificio oggetto della presente DE.

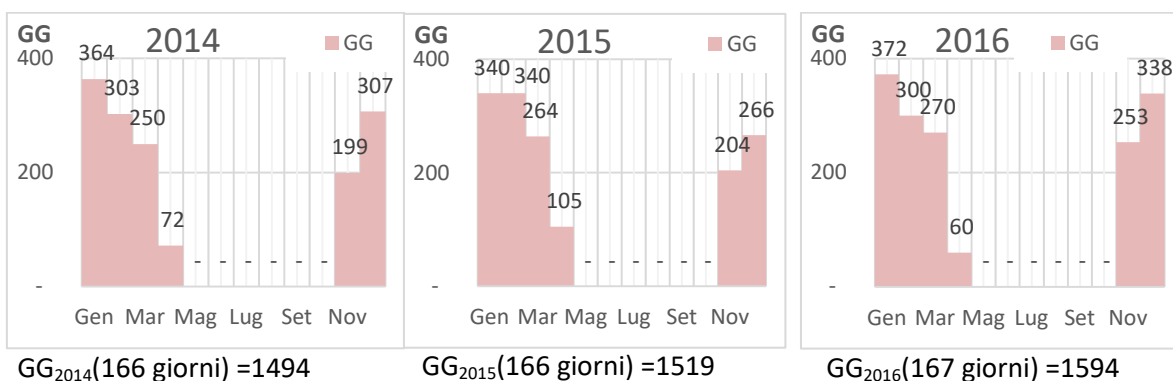
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

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

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

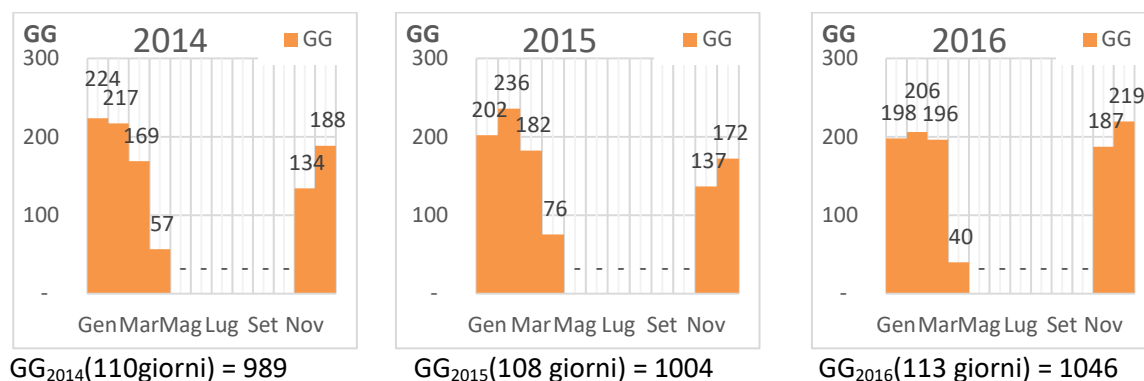


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore medio per le tre stagioni termiche analizzate di 1013 GG calcolati su 110 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_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG evidenzia l'innalzamento medio delle temperature esterne per il sito di riferimento e dunque la necessità di normalizzare i dati di consumo energetico.

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 una muratura a cassa vuota in laterizio da 40 a 50 cm. La muratura è intonacata su entrambi i lati e, ad ogni piano è uguale su tutti i fronti dell'edificio. Sono presenti nicchie sottofinestra all'interno delle quali sono alloggiati i radiatori. Le pareti esterne al piano terra presentano un rivestimento in materiale lapideo. I solai sono in laterocemento ed è sempre presente un controsoffitto all'interno degli ambienti. Il solaio piano di copertura presenta uno strato di isolamento posato a secco al di sotto di una pavimentazione in graniglia realizzata in concomitanza con l'installazione dell'impianto fotovoltaico in copertura.

Figura 4.1 – Dettaglio della muratura esterna



Figura 4.2 - Particolare del solaio di copertura

Questa soluzione realizzativa presenta le problematiche classiche delle strutture a telaio non isolate, con particolari disagi nella parte dell'edificio orientata a sud, in cui sono accentuate le condizioni di surriscaldamento nel periodo estivo.

Questo aspetto è stato segnalato anche dagli utenti dell'edificio.



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termocamera ai sensi della norma UNI EN 13187: 2000 "Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all'infrarosso".
- Indagine endoscopica delle strutture a eseguito tramite videoendoscopio flessibile Eumig-6200, Monitor Type Boroscope.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni dell'involucro edilizio in corrispondenza dei ponti termici della struttura;
- Dispersioni dell'involucro edilizio in corrispondenza delle zone sottofinestra.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete nord del blocco palestra



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Solaio interpiano con controsoffitto	SL01	[53,8]	[assente]	[1,20]	[discreto]
Solaio Copertura con controsoffitto	SL03	[65,8]	[XPS]	[0,54]	[discreto]
Solaio Copertura piana	SL03	[36,9]	[assente]	[1,64]	[discreto]
Solaio controterra	SL13	[34,5]	[assente]	[2,02]	[buono]
Parete esterna verticale	[MR01]	[40]	[assente]	[1,26]	[discreto]
Parete esterna sottofinestra	[MR08]	[25]	[assente]	[1,91]	[discreto]

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 in PVC con vetrocamera.

Nei vani scala sono presenti ampie superfici trasparenti in vetro mattone.

Le porte finestre installate per l’adeguamento antincendio sono in alluminio non a taglio termico con vetro singolo.

Gli infissi non presentano un sistema di schermatura esterno.

In generale, la tipologia di infissi più ricorrenti in PVC con vetrocamera, installati circa 15 anni fa, presenta problemi di tenuta all’aria e all’acqua, soprattutto in quelli con apertura a wasistas.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



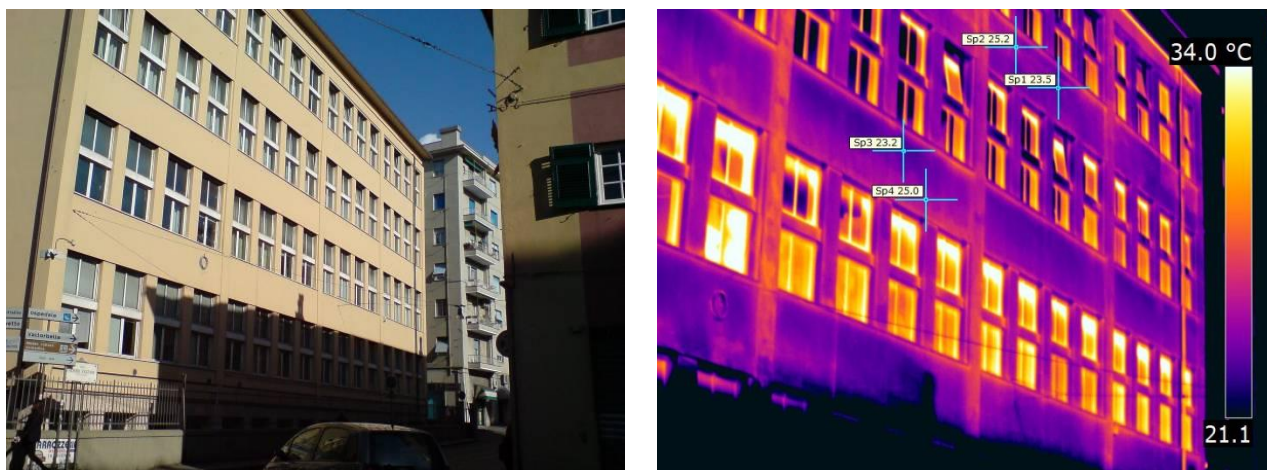
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito sensi della norma UNI EN 13187:2000 “Prestazione termica degli edifici. Rilevazione qualitativa delle irregolarità termiche negli involucri edilizi. Metodo all’infrarosso”.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Dispersioni termiche in corrispondenza dell’attacco parete-serramento;
- Dispersioni termiche di telaio e vetro.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti sul fronte est



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento ad un’anta	WN01	[0,80x0.60]	PVC	Vetrocamera	2,99	discreto
Serramento ad un’anta con divisorio V	WN02	[1.45x1.00]	PVC	Vetrocamera	3,07	discreto
Serramento ad un’anta con 2 divisori V	WN03	[2.20x1.25]	PVC	Vetrocamera	3,11	discreto
Serramento ad un’anta con divisorio V e O	WN01	[3.10x2.15]	PVC	Vetrocamera	3,12	discreto
Serramento a due ante	WN05	[1.40x1.25]	PVC	Vetrocamera	3,02	discreto
Serramento a tre ante con sopra luce	WN06	[1.80x2.60]	alluminio	Vetro singolo	5,60	discreto
Serramento a due ante con sopra luce	WN07	[1.30x3.10]	alluminio	Vetro singolo	5,62	discreto
Serramento a tre ante	WN09	[2.20x1.25]	PVC	Vetrocamera	3,03	discreto
Serramento a due ante	WN10	[1.40x2.15]	alluminio	Vetro singolo	5,59	discreto
Serramento a tre ante	WN18	[3.10x2.30]	alluminio	Vetro singolo	5,63	discreto
Serramento a tre ante	WN20	[2.40x1.25]	PVC	Vetrocamera	3,03	discreto

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 dell’Edificio scolastico e della casa del custode è costituito da un sistema con fluido termovettore acqua.

In centrale termica è presente un generatore di calore a basamento alimentato a gas metano, un gruppo di circolazione costituito da due pompe a giri fissi installate in parallelo più una pompa di circolazione interna, un sistema di distribuzione a colonne montanti ed un sistema di emissione a radiatori.

Gli ambienti degli uffici comunali sono climatizzati mediante un impianto ad espansione diretta costituito da unità esterne (pompe di calore) e unità interne. E’ presente, inoltre, un ventilconvettore all’interno di un ambiente degli uffici.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori su parete esterna non isolata;
- Radiatori su parete interna;
- Ventilconvettore;
- Split a parete.

E’ necessario sottolineare che al momento del sopralluogo i terminali di emissione erano in funzione a pieno regime.

Figura 4.6 - Particolare di un radiatore installato all’interno dell’edificio scolastico



Figura 4.7 – Particolare di unità interna installata in un ambiente degli uffici comunali



Figura 4.8 - Particolare del ventilconvettore installato all’interno degli uffici comunali



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Edificio scolastico	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
Edificio scolastico	Radiatori su parete interna	93%

Casa del custode	Radiatori su parete esterna non isolata	90%
Uffici	Split	97%
Uffici	Ventilconvettore	97%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

Edificio scolastico	PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
				[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Edificio scolastico	Seminterrato	Su parete esterna non isolata	12	1,24	14,88	-	-
		Su parete esterna non isolata	6	3,08	18,48	-	-
		Su parete interna	4	1,35	5,4	-	-
		Su parete interna	2	1,03	2,06	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	0,75	0,75	-	-
	Terra	Su parete esterna non isolata	12	1,05	12,6	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,35	1,35	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,24	1,24	-	-
		Su parete interna	3	1,62	4,86	-	-
		Su parete interna	4	0,86	3,44	-	-
		Su parete interna	1	1,35	1,35	-	-
		Su parete esterna non isolata	4	0,75	3	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	2,31	2,31	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	0,86	0,86	-	-
		Su parete interna	2	2,7	5,4	-	-
		Su parete interna	1	0,77	0,77	-	-
		Su parete interna	1	0,75	0,75	-	-
		Su parete interna	1	1,08	1,08	-	-
		Su parete interna	3	1,24	3,72	-	-
		Su parete interna	2	2,7	5,4	-	-
Su parete interna	1	1,5	1,5	-	-		
Su parete esterna non isolata	3	2,7	8,1	-	-		
Primo	Su parete esterna non isolata	2	1,05	2,1	-	-	
	Su parete esterna non isolata	20	0,75	12,75	-	-	
	Su parete esterna non isolata	1	0,77	0,77	-	-	
	Su parete esterna non isolata	2	1,35	2,7	-	-	
	Su parete esterna non isolata	1	1,08	1,08	-	-	
	Su parete esterna non isolata	1	0,86	0,86	-	-	
	Su parete interna	4	0,75	3	-	-	
	Su parete interna	1	0,86	0,86	-	-	
	Su parete interna	1	1,05	1,05	-	-	
	Su parete interna	2	1,35	2,7	-	-	
Secondo	Su parete interna	5	1,62	8,1	-	-	
	Su parete esterna	2	1,44	2,88	-	-	

		non isolata					
		Su parete esterna non isolata	15	0,93	13,95	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,62	1,62	-	-
		Su parete esterna non isolata	4	0,86	3,44	-	-
		Su parete esterna non isolata	3	0,77	2,31	-	-
		Su parete interna	3	1,08	3,24	-	-
		Su parete interna	1	0,95	0,95	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,08	1,08	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	0,75	0,75	-	-
		Su parete interna	2	1,35	2,7	-	-
		Su parete interna	5	0,77	3,85	-	-
		Su parete interna	3	0,75	2,25	-	-
Terzo		Su parete esterna non isolata	1	2,44	2,44	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,89	1,89	-	-
		Su parete esterna non isolata	6	1,62	9,72	-	-
		Su parete esterna non isolata	3	0,86	2,58	-	-
		Su parete esterna non isolata	2	1,49	2,98	-	-
		Su parete esterna non isolata	8	1,05	8,4	-	-
		Su parete esterna non isolata	4	0,75	3	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,08	1,08	-	-
		Su parete interna	2	1,08	2,16	-	-
		Su parete interna	6	0,75	4,5	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,35	1,35	-	-
		Su parete esterna non isolata	1	1,08	1,08	-	-
		Su parete interna	4	1,35	5,4	-	-
		Su parete interna	1	1,49	1,49	-	-
Uffici	Terra	Split	3	5,70	17,10	5,30	15,9
		Ventilconvettore	1	2,10	2,10	2,10	2,10
Casa del custode	Primo	Su parete esterna non isolata	3	0,75	2,25	-	-
TOTALE			193	-	243,81	-	18,00

Nota(1): La potenza dei terminali di emissione è stata calcolata sulla base di quanto fornito dalla P.A. e verificata in sede di sopralluogo.

Nota(2): La differenza di temperatura tra i terminali di emissione e ambiente è assunta pari a 19,4°C, in base a quanto rilevato in sede di sopralluogo.

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata per funzionare dalle 6:00 alle 18:00 dal lunedì al venerdì.

Non sono presenti dei termostati ambiente a servizio del funzionamento dei radiatori.

Figura 4.9 – Centralina di controllo situata all’interno della centrale termica a servizio dell’edificio scolastico

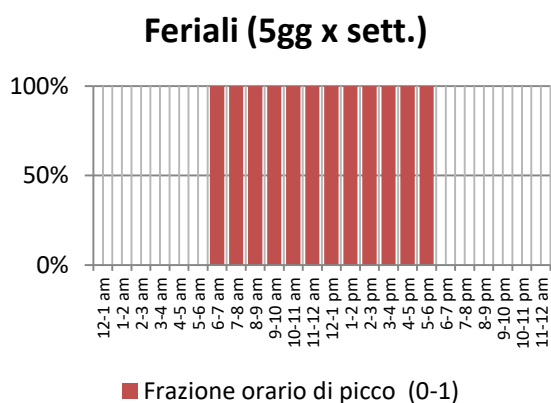


Figura 4.10 - Particolare della centralina di controllo in centrale termica



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

Figura 4.11 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per le zone termiche Edificio scolastico e Uffici



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
Edificio scolastico	Climatica centralizzata on/off	82%
Casa del custode	Climatica centralizzata on/off	82%
Uffici	Per singolo ambiente più climatica	99%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il generatore di calore ed il collettore di mandata e di ritorno.
- 2) Circuito secondario di collegamento tra il collettore in centrale termica ed i terminali d’emissione all’interno degli ambienti all’interno dell’edificio.

1) **Circuito primario:** è installata una pompa di circolazione interna di collegamento tra il generatore di calore e il collettore all’interno della centrale termica.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito primario - Edificio scolastico P1	Circolazione interna	n.d.	n.d.	0,140 (1)
Circuito primario - Edificio scolastico P2	Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa a giri fissi)	20/50 (1)	5.9/1.5 (1)	0,800 (1)
TOTALE				0,940

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Circuito di riscaldamento	Mandata	Caldo	46,7 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	37,4 (2)	60 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo;

Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo.

2) **Circuito secondario:** sono presenti due pompe di circolazione installate in parallelo sul circuito di mandata.

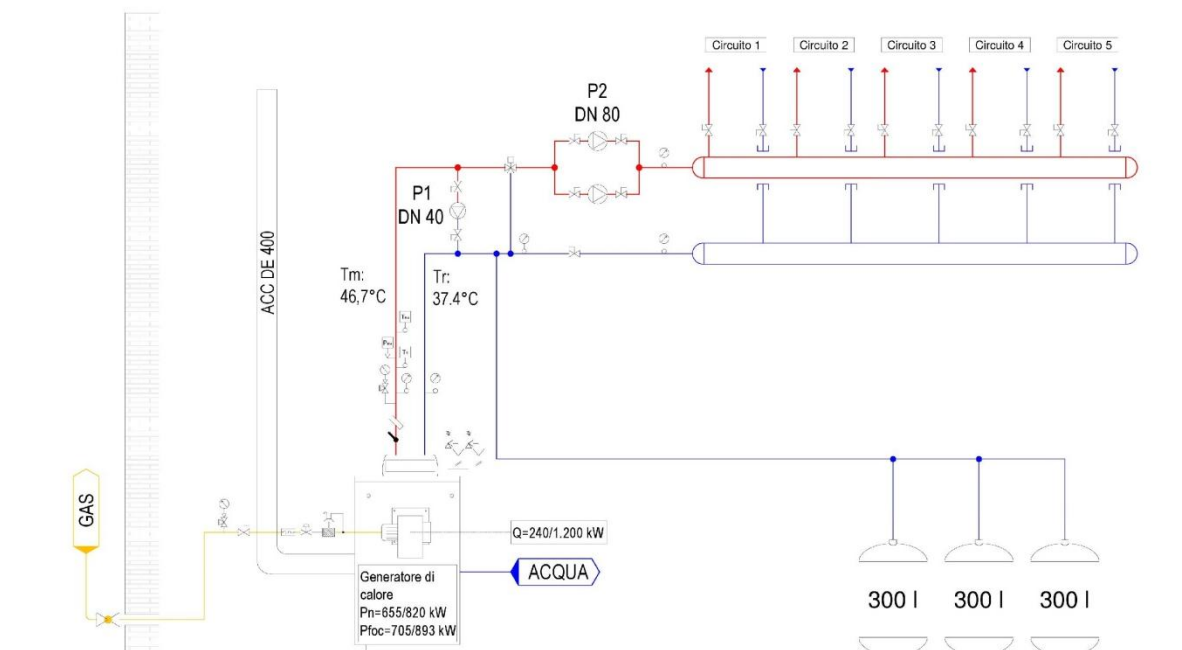
Le caratteristiche del circolatore a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA [m ³ /h]	PREVALENZA [kPa]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Circuito primario - Edificio scolastico	P2 Distribuzione fluido termovettore a radiatori (Pompa a giri fissi)	20/50 (1)	5.9/1.5 (1)	0,800 (1)
TOTALE				0,940

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Figura 4.12 - Particolare dello schema di impianto



Al fine di registrare le temperature dei singoli tratti all’interno della CT si è provveduto ad un rilievo puntuale mediante un termometro del tipo digitale senza contatto ad infrarossi con puntatore laser – CLASSE IIIA.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 89%. Tale rendimento è stato calcolato mediante il metodo previsto dalle norme UNI/TS 11300-2 prospetti 21-23.

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 per l’Edificio scolastico e per la casa del custode è costituito da un generatore a basamento alimentato a gas metano con potenza termica nominale min/Max pari a 655/820 kW, potenza termica al focolare min/Max pari a 705/893 kW di produzione UNICAL modello P 820, anno di costruzione 1997.

Il bruciatore a servizio del generatore di calore è di marca Baltur, modello TBG 120P con potenza nominale min/Max pari a 240/1.200 kW del 2009.

Per la climatizzazione invernale ed estiva degli uffici comunali sono installate due pompe di calore esterne ed un ventilconvettore installato all’interno degli ambienti di lavoro.

Le caratteristiche dei componenti di climatizzazione invernale/estiva a servizio degli uffici sono di seguito elencate:

- Pompa di calore di produzione EMMETI, modello XECO-1215, anno di costruzione 2017;
- Pompa di calore di produzione MAXA, modello BD4M114PA;
- Ventilconvettore di produzione OLIMPIA SPLENDID, tipo UNICO 8,5 HP HE, modello 00511.

Figura 4.13 - Particolare del generatore di calore installato all’interno della centrale termica a servizio dell’edificio scolastico e della casa del custode



Figura 4.14 - Particolare di una pompa di calore per la climatizzazione invernale/estiva degli uffici



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Gen	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE	POTENZA TERMICA UTILE	RENDIMENTO/ COP	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA
					[kW]	[kW]		[kW]
Gen 1	Riscaldamento	UNICAL	P820	1997	893 (1)	820 (1)	91,8% (3)	0,150 (2)
Bru1	Riscaldamento	BALTUR	TBG 120P	2009	-	1.200 (1)	-	1,600 (1)
Gen 2	Risc./Raff.	EMMETI	XECO-1215	2017	-	3,80 (1)	4,2 (1)	1,650 (1)
Gen 3	Risc./Raff.	MAXA	BD4M114PA	n.d.	-	6,90 (3)	2,38 (3)	2,500 (3)
Gen 4	Risc./Raff.	OLIMPIA SPLENDID	UNICO 8,5 HP HE 00511	n.d.	-	2,10 (4)	3,01 (3)	0,930 (1)

Nota (1): Valore ricavato da dati di targa

Nota (2): Valore desunto da scheda tecnica di generatore di pari caratteristiche e stesso periodo di costruzione

Nota (3): Valore calcolato sulla base dei dati di targa

Nota (4): Valore desunto dalla scheda tecnica fornita dal produttore

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 77%.

Si sottolinea che in sede di sopralluogo, in mancanza del libretto di impianto, non è stato possibile rilevare i dati inerenti le prove fumi.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso degli studenti e del personale dell’edificio scolastico e degli uffici comunali.

Figura 4.15 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



Il numero complessivo di boiler elettrici installati e rilevati in sede di sopralluogo è pari a 7. I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4. Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Rendimenti dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100% (1)	93% (1)	- (2)	- (2)	75% (1)	70% (1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo;

Nota (2) Sottosistema non presente.

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 dei soli uffici comunali è effettuata grazie alla presenza di un impianto ad espansione diretta costituito da unità esterne (pompe di calore) e unità interne. E' presente, inoltre, un ventilconvettore all'interno di un ambiente degli uffici.

Figura 4.16 - Particolare di una unità esterna per la climatizzazione degli uffici comunali



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – 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
98%(1)	98%(1)	98%(1)	- (2)	221%(1)	208%(1)

Nota (1) Valori ricavati dal modello di calcolo;

Nota (2) Sottosistema non presente.

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, PC, distributori automatici ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Scuola	SCALDAVIVANDE	3	2000	6000	200
	LIM	14	340	4760	400
	PC	33	220	7260	400
	SERVOSCALA	1	100	100	200
	PROIETTORE	5	225	1125	400
	DIST. CAFFE'	1	1350	1350	100
	STAMPANTE	5	80	400	200
	RACK DATI	1	100	100	5520
	DISTRIBUTORE CIBI E BEVANDE	1	500	500	5520
	FORNO MICROONDE	1	1000	1000	100
	CASSA AUDIO	1	400	400	200
	PROIETTORE OCCHIO DI	1	1000	1000	100

BUE					
	STEREO	1	200	200	200
	STAMPANTE MULTIF.	1	300	300	300
	FRIGORIFERO	1	350	350	5520
Uffici Municipio	ARCHIVIO Elett.	1	500	500	200
	SERVOSCALA	1	100	100	200
	PC	6	220	1320	400
	STAMPANTE	6	80	480	200
	DEUMIDIFICATORE	1	230	230	200
	DIST. CAFFE'	1	1350	1350	200
	FRIGORIFERO	1	350	350	2500
	STAMPANTE MULTIF.	2	300	600	300
	STUFA Elett.	4	2000	8000	80

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

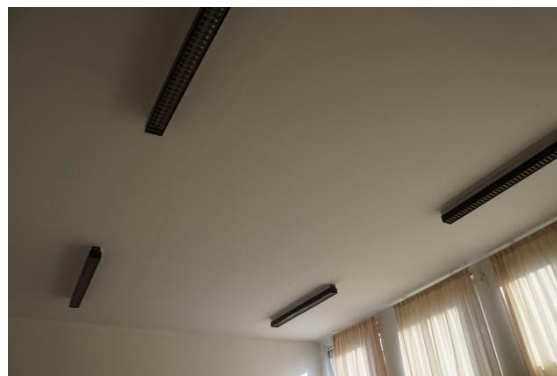
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero tubolari neon, alogene ed a basso consumo, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali:

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nelle zone di circolazione interna, nelle aule e nei servizi igienici dell'edificio scolastico;
- Lampade a neon installate a soffitto negli ambienti di lavoro e nei servizi igienici degli uffici comunali;
- Proiettori alogeni installati all'esterno;
- Lampade a basso consumo installate nella palestra dell'edificio scolastico.

Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule dell'edificio scolastico



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

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Edificio scolastico	Tubolare	15	72(2x36)	1.080
	Tubolare	2	36(1x36)	72
	Tubolare	26	36(2x18)	936
	Tubolare	233	58(1x58)	13.514
	Tubolare	55	116(2x58)	6.380
	Tubolare	0	72(4x18)	0
	Tubolare	5	18(1x18)	90
	Proiettore alogeno	2	157	314
	Lampada a basso consumo	14	40	560
Casa del custode	Incandescenza	5	60	300
Uffici	Tubolare	2	72(2x36)	144
	Tubolare	20	58(1x58)	1.160
	Tubolare	1	36(1x36)	36
	Tubolare	3	18(1x18)	54
	Plafoniera di emergenza	4	11	44

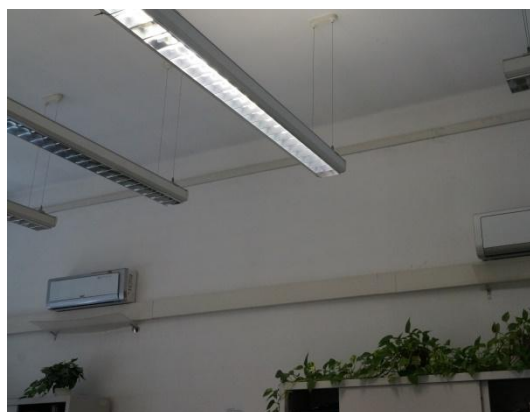
LED			
Lampada a basso consumo	2	40	80

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.

Figura 4.18 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella palestra dell’edificio scolastico



Figura 4.19 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati negli uffici comunali



4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE

Attualmente è presente un impianto Fotovoltaico installato sulla copertura opaca al di sopra dei locali adibiti a aule scolastiche, con un potenza di picco di circa 20 kWp.

Il suddetto impianto è costituito da 85 moduli policristallini, installati su apposito supporto metallico con inclinazione di circa 30°, orientati a sud-est.

Figura 4.20 - Vista dell’impianto fotovoltaico



Tabella 4.14 – Caratteristiche impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE [mq]	TIPO DI MODULI	POTENZA INSTALLATA [kW]	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODOTTA [kWh/anno]
Fotovoltaico	138,85 (1)	Policristallini	19,975 (1)	83% (1)	22.464 (2)

Nota (1) Valore calcolato sulla base dei dati di targa e sui rilievi effettuati in sede di sopralluogo

Nota (2) Valore ricavati dal modello di calcolo

Le caratteristiche di tali impianti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche sono riportate nella Sezione 9 dell’Allegato J – Schede di Audit.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura 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 ³]	PCI [kWh/Nm ³]	FATTORE DI CONVERSIONE [Sm ³ /Nm ³]	PCI [kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 (*)	1,0549	9,42

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Elementare “De Amicis”;
- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Media “Rivarolo ex Foscolo sede”;
- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Scuola Materna “Fasciotti”;

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 dei m³ 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	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270049330150	Riscaldamento	35.672	41.418	46.607	336.028	390.156	439.038

Essendo attivo per l'edificio il servizio A del SIE3 non si è svolta l'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione in quanto non sono state fornite le bollette (non in possesso della PA). 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:

$$Q_{baseline} = \bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$$

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

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 _{REALI} SU 110 GIORNI	GG _{RIF} SU 110 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 905 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	989	905	35.672	336.126	340,0	307.587	-	-
2015	1.004	905	41.418	390.269	388,8	351.690	-	-
2016	1.046	905	46.607	439.164	419,7	379.684	-	-
Media	1.013	905	41.232	388.520	383,5	346.982	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un generico aumento dei consumi.

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]
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	346.982
$Q_{baseline}$	346.982

5.1.2 Energia elettrica

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

- Scuola Elementare “De Amicis”;
- Media “Rivarolo ex Foscolo sede”;
- Scuola Materna “Fasciotti”

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 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.5 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096747	Scuola	10.660	13.245	12.099	12.001
IT001E00096748	Scuola	41.993	45.442	44.727	44.054
TOTALE		52.653	58.687	56.826	VALORE MEDIO FATTURATO 56.055

Come si evince dalla Tabella 5.5 i consumi ricavati dall’analisi delle fatture, confrontati con i consumi annuali elaborati e forniti dalla PA ed identificati per l’edificio oggetto della DE all’interno del file “kyotoBaseline-EXXXX”, presentano alcune differenze come di seguito riassunto:

- Per il 2014 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 10% circa per il POD IT001E00096747 e coincidente per il POD IT001E00096748; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 11.837 kWh e 41.993 kWh)
- Per il 2015 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 4% circa per il POD IT001E00096747 e del -1% circa per il POD IT001E00096748; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 13.087 kWh e 47.346 kWh)
- Per il 2016 l’analisi delle fatture ha prodotto un dato inferiore del 9% circa per il POD IT001E00096747 e del 6% circa per il POD IT001E00096748. (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 12.874 kWh e 49.017 kWh)

Il dato medio desumibile dall’analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 4.5% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 58.718).

Considerando che lo scostamento fra il dato ottenuto a seguito dell’analisi della fatturazione e quello fornito dalla PA nel file “kyotoBaseline-EXXXX” è inferiore al 10%, si è deciso di utilizzare il dato fornito dalla PA per la validazione del modello energetico. Pertanto, si assume come valore di baseline 58.718 kWh.

Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096748	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	4.228	1.044	1.350	6.622
Feb - 14	3.454	795	648	4.897
Mar - 14	2.216	744	710	3.670
Apr - 14	1.763	551	652	2.966
Mag - 14	1.440	724	1.097	3.261
Giu - 14	749	541	875	2.165
Lug - 14	186	283	396	865
Ago - 14	132	264	450	846
Set - 14	1.045	524	450	2.019
Ott - 14	2.532	712	561	3.805
Nov - 14	3.375	898	1.133	5.406
Dic - 14	3.402	884	1.185	5.471
Totale	24.522	7.964	9.507	41.993
POD: IT001E00096748	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	3.532	885	986	5.403
Feb - 15	3.558	969	1.040	5.567
Mar - 15	3.043	1.041	1.396	5.480
Apr - 15	1.651	686	904	3.241
Mag - 15	1.573	515	654	2.742
Giu - 15	655	444	681	1.780
Lug - 15	83	381	609	1.073
Ago - 15	70	285	481	836
Set - 15	1.667	797	857	3.321
Ott - 15	3.115	973	854	4.942
Nov - 15	3.569	894	976	5.439
Dic - 15	3.687	923	1.008	5.618
Totale	26.203	8.793	10.446	45.442
POD: IT001E00096748	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	3.650	949	1.019	5.618
Feb - 16	3.341	957	1.021	5.319
Mar - 16	2.437	823	908	4.168
Apr - 16	1.825	782	982	3.589
Mag - 16	2.407	703	808	3.918
Giu - 16	702	522	766	1.990
Lug - 16	163	421	714	1.298
Ago - 16	57	281	466	804
Set - 16	1.264	658	699	2.621
Ott - 16	2.852	932	881	4.665
Nov - 16	3.554	954	1.018	5.526
Dic - 16	2.985	939	1.287	5.211
Totale	25.237	8.921	10.569	44.727

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

POD: IT001E00096747	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.301	104	114	1.519
Feb - 14	1.201	136	144	1.481
Mar - 14	913	84	89	1.086
Apr - 14	419	57	85	561
Mag - 14	359	71	124	554
Giu - 14	500	57	85	642
Lug - 14	556	71	93	720
Ago - 14	454	64	101	619
Set - 14	479	64	92	635
Ott - 14	467	66	89	622
Nov - 14	696	79	108	883
Dic - 14	995	137	206	1.338
Totale	8.340	990	1.330	10.660
POD: IT001E00096747	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.161	185	247	1.593
Feb - 15	1.128	247	255	1.630
Mar - 15	694	198	285	1.177
Apr - 15	675	95	120	890
Mag - 15	346	111	170	627
Giu - 15	511	61	86	658
Lug - 15	1.184	145	165	1.494
Ago - 15	884	81	94	1.059
Set - 15	694	104	141	939
Ott - 15	634	101	116	851
Nov - 15	671	127	214	1.012
Dic - 15	817	158	340	1.315
Totale	9.399	1.613	2.233	13.245
POD: IT001E00096747	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	879	265	409	1.553
Feb - 16	826	191	219	1.236
Mar - 16	682	178	228	1.088
Apr - 16	400	75	99	574
Mag - 16	445	64	91	600
Giu - 16	452	70	98	620
Lug - 16	865	83	98	1.046
Ago - 16	941	90	113	1.144
Set - 16	755	79	96	930
Ott - 16	641	92	123	856
Nov - 16	866	104	111	1.081
Dic - 16	957	168	246	1.371
Totale	8.709	1.459	1.931	12.099

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

Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8 bis.

Tabella 5.8 – Consumi mensili fatturati

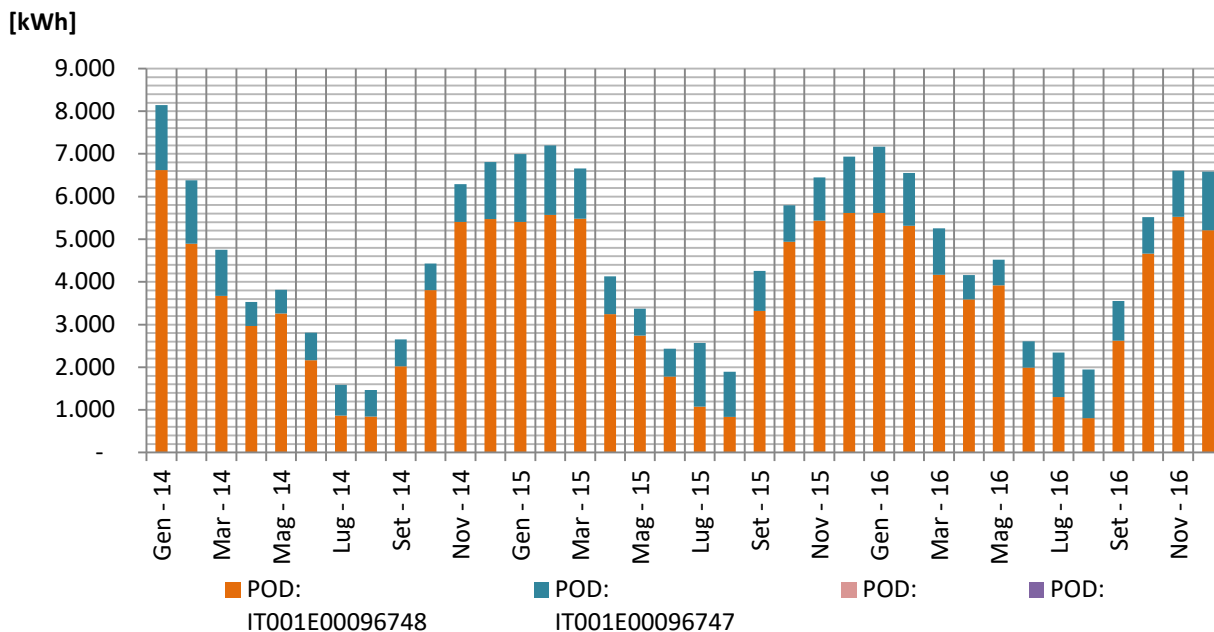
	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	4.917	1.144	1.375	7.436
Febbraio	4.503	1.098	1.109	6.710
Marzo	3.328	1.023	1.205	5.556
Aprile	2.244	749	947	3.940
Maggio	2.190	729	981	3.901
Giugno	1.190	565	864	2.618
Luglio	1.012	461	692	2.165
Agosto	846	355	568	1.769
Settembre	1.968	742	778	3.488
Ottobre	3.414	959	875	5.247
Novembre	4.244	1.019	1.187	6.449
Dicembre	4.281	1.070	1.424	6.775
Totale	34.137	9.913	12.005	56.055

Tabella 5.8 bis – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	5.151	1.198	1.440	7.789
Febbraio	4.717	1.151	1.162	7.029
Marzo	3.486	1.071	1.263	5.820
Aprile	2.351	784	992	4.128
Maggio	2.294	764	1.028	4.086
Giugno	1.246	592	905	2.743
Luglio	1.060	483	725	2.268
Agosto	886	372	595	1.853
Settembre	2.061	777	815	3.654
Ottobre	3.576	1.004	916	5.496
Novembre	4.445	1.067	1.243	6.755
Dicembre	4.484	1.120	1.492	7.096
Totale	35.758	10.384	12.576	58.718

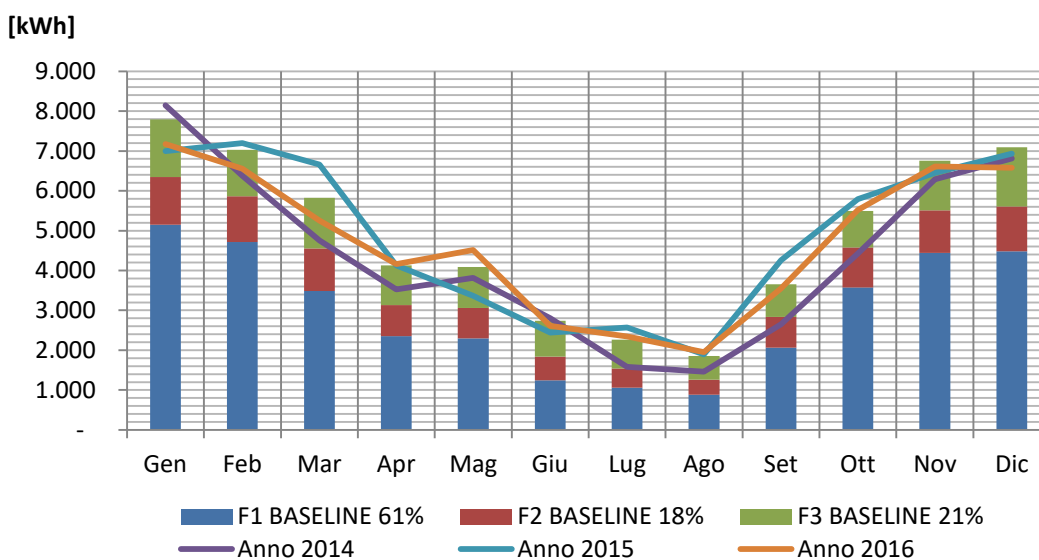
Il confronto tra i profili elettrici relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento è riportato nel grafico di figura 5.1.

Figura 5.1 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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

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



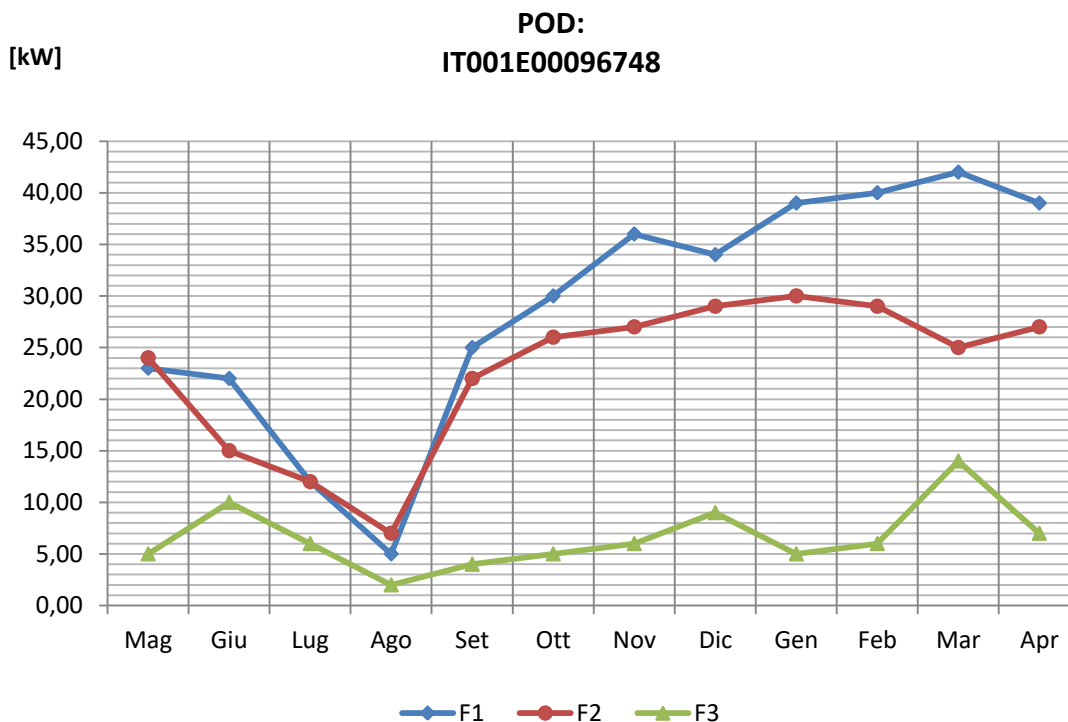
I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con l'utilizzo del fabbricato. La presenza di una base di consumo sempre presente anche in assenza di utilizzo dell'immobile potrebbe essere imputata ad alcune fra le seguenti cause:

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.5 e dettagliatamente nella tabella 4.12, che potrebbero non essere staccate dalla rete quando la scuola è chiusa come ad esempio i distributori automatici, i pc e le stampanti lasciati in standby o i consumi residui dell'ascensore;
- Presenza di punti luce interni che rimangono accesi;

- Presenza di punti luce esterni che vengono accesi anche nei periodi in cui l’edificio non è utilizzato;
- Utilizzo da parte di utenti terzi dell’edificio.

E’ stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell’energia elettrica, la quale rende disponibili i prelievi di energia elettrica con cadenza mensile.

Figura 5.3 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00096748



Il prelievo di potenza massima è pari a 42,00 kW e si verifica nel mese di Marzo 2018. Tali profili risultano coerenti con l’effettivo utilizzo dell’edificio e delle utenze elettriche presenti.

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 CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.9.

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202

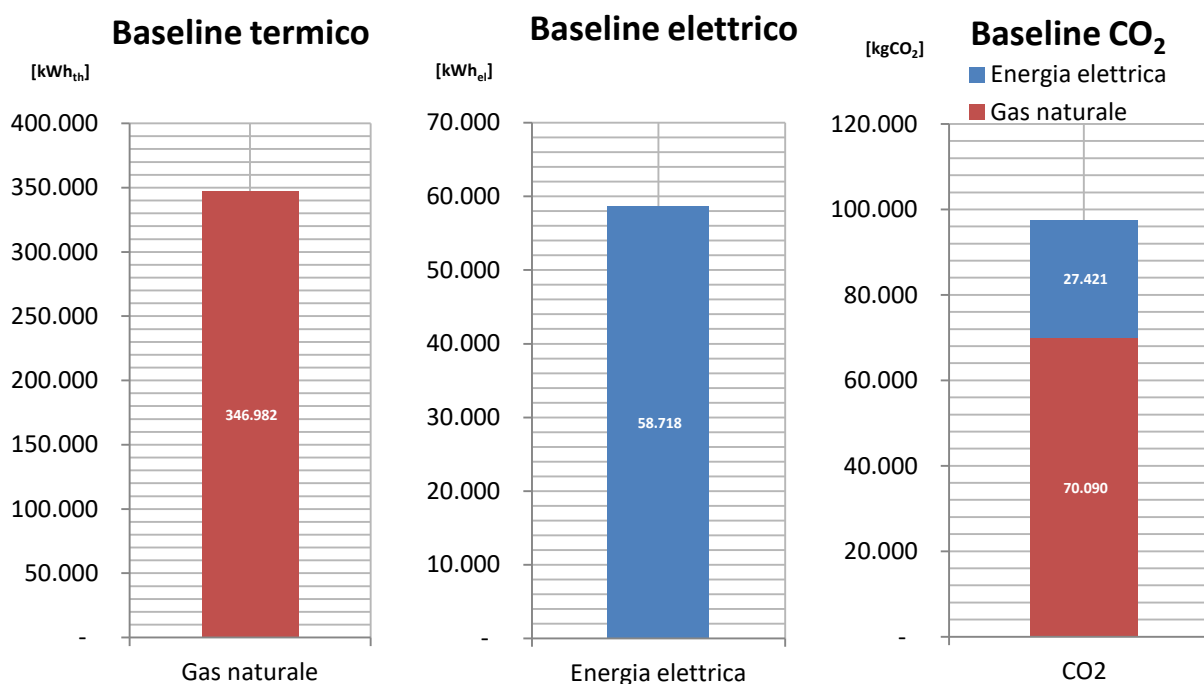
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE		FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]		[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
[Energia elettrica]	58.718		* 0,467	27,421
[Gas naturale]	346.982		* 0,202	70,090

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.



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

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

COMBUSTIBILE	F _{P,nren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
Gas naturale	1,05	0	1,05
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	4.780	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	5.207	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	27.725	m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	346 982	1,05	364 331	76,2	70,0	13,1	14,66	13,46	2,53
Energia elettrica	58 718	2,42	142 098	29,7	27,3	5,1	5,74	5,27	0,99
TOTALE			506 429	106	97	18	20	19	4

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	346 982	1,05	364 331	76,2	70,0	13,1	14,66	13,46	2,53
Energia elettrica	58 718	1,95	114 500	24,0	22,0	4,1	5,74	5,27	0,99
TOTALE			478 831	100	92	17	20	19	4

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

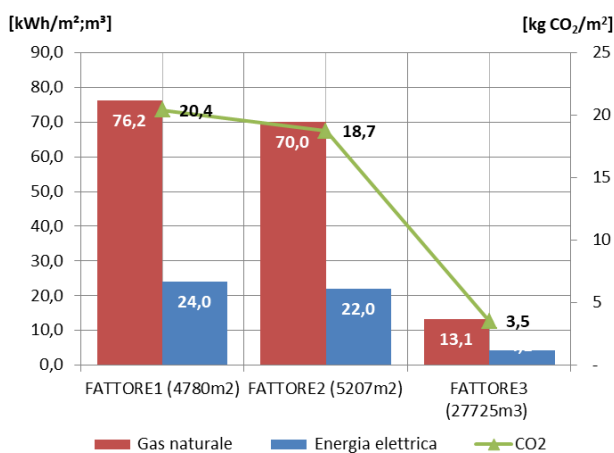
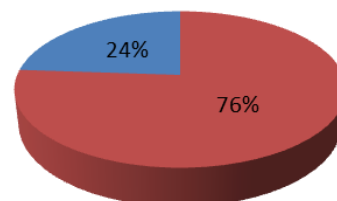
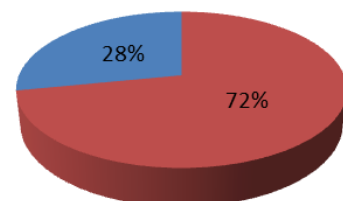


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo_annuo_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}}$$

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

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

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

$$IEN_E = \frac{\text{Consumo_energia_elettrica} \times F_h}{A_p}$$

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ² anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	6,76	7,85	8,,83	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	7,83	8,79	8,54

La valutazione dei consumi energetici specifici (IEN) calcolati per la scuola in esame avviene paragonandoli ai consumi specifici di riferimento relativi ad un campione significativo della realtà nazionale.

Nelle tabelle che seguono sono riportati i consumi specifici di riferimento organizzati per tipologia scolastica e per classe di merito rispetto alla qualità energetica.

In particolare la classe di merito della scuola in esame si individua in base alla collocazione nelle tabelle di riferimento dello IEN calcolato; tali parametri sono riportati nell’Allegato M – Report di Benchmark.

Tabella 5.16 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per riscaldamento

	Wh _t / m ³ x GG x anno		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 18,5	da 18,5 a 23,5	maggiore di 23,5
Elementari	minore di 11,0	da 11,0 a 17,5	maggiore di 17,5
Medie, Secondarie Sup.	minore di 11,5	da 11,5 a 15,5	maggiore di 15,5

Tabella 5.17 – Classi di merito dei consumi specifici di riferimento per energia elettrica

	kWh_e / m² x anno		
	Buono	Sufficiente	Insufficiente
Materne	minore di 11,0	da 11,0 a 16,5	maggiore di 16,5
Elementari, Medie, Secondarie Sup. tranne Ist.Tecn.Ind. e Ist.Prof.Ind.	minore di 9,0	da 9,0 a 12,0	maggiore di 12,0
Ist.Tecn. Ind., Ist. Prof. Ind.	minore di 12,5	da 12,5 a 15,5	maggiore di 15,5

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	231,0122	221,5246
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	210,0095	207,2548
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,3822	1,1138
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	1,0983	0,5805
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	17,7296	12,0428
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,7926	0,5327
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	52,23	48,53

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 ³ /anno; kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	98.471	973.977
Energia Elettrica	43.523 + 15.102	114.319

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 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)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall’impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base delle ore di funzionamento dei singoli apparecchi e della loro potenza di targa come indicato nella tabella 4.13 - Elenco caratteristiche altre utenze elettriche.

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 che l’impianto ha una gestione del tipo intermittente e che non è in funzione tutti i giorni della settimana.

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	104,1781	93,3202
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	84,3259	79,5768
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,5173	0,4168
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	1,3169	0,8806
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	17,1658	12,4315

Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,8521	0,6145
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	26,31	22,77

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5. Inoltre si fa presente che gli indici calcolati sono paragonabili a quelli calcolati nelle tabelle 5.13 e 5.14. Le incongruenze nell'ordine del 10% sono riconducibili alla porzione di energia elettrica imputabile alle FEM così come calcolate nel paragrafo 4.5 e non inserite all'interno del modello di calcolo.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	36.745	348.549
Energia Elettrica	43.836 + 15.102	58.938

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
348.549	346.982	0,5

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
58.938	58.718	0,4

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

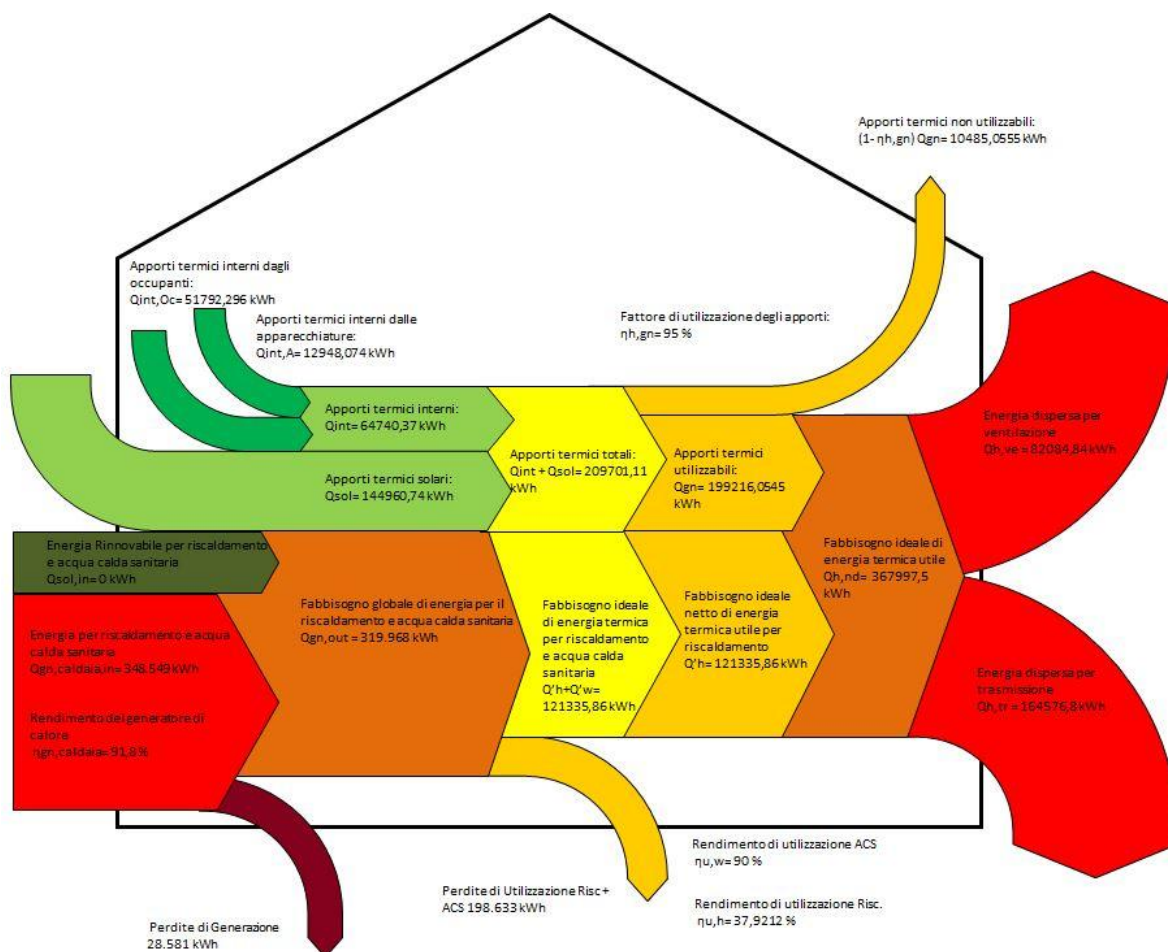
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

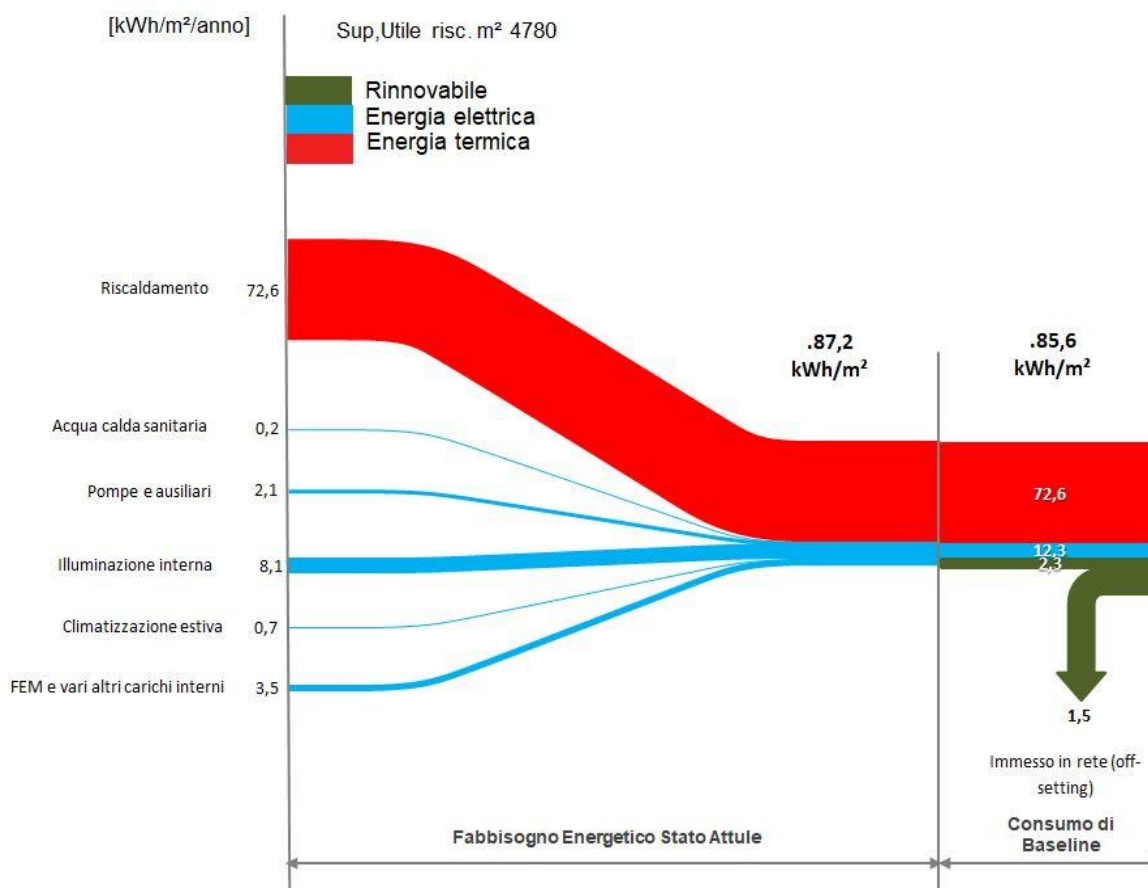
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che le perdite di generazione sono notevoli e che le perdite per trasmissione rappresentano la maggior parte delle perdite.

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

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



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

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

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

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

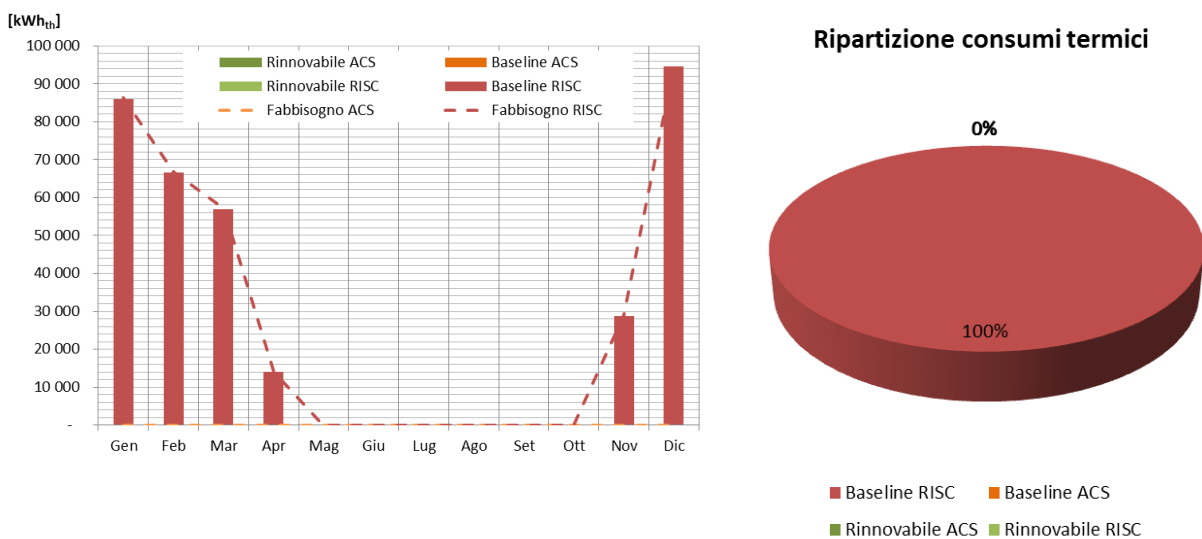
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il maggior quantitativo di energia è impiegato per il riscaldamento degli ambienti.

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



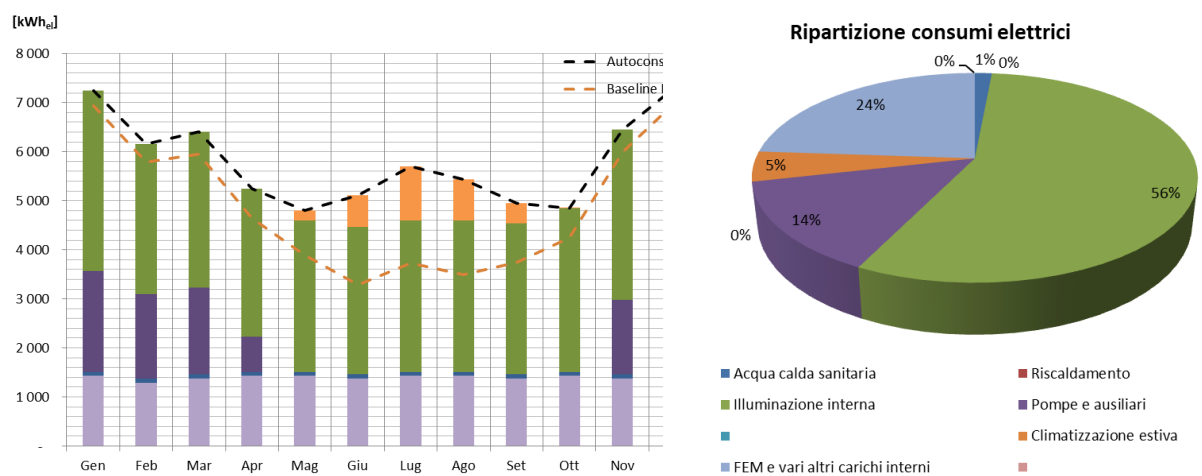
Si può notare come la totalità dei consumi termici è da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione. Si precisa inoltre che alla categoria “FEM e vari altri carichi interni” è stato attribuito il valore di 15.102 kWh, valore derivato dall'utilizzo delle apparecchiature elettriche presenti all'interno della scuola per i tempi stimati e definiti in tabella 4.13 (Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche).

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 degli ambienti.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite un contratto per il PDR presente all’interno dell’edificio, come di seguito indicato:

- PDR 1 – 3270049330150: 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 ;

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite due contratti differenti per i due POD presenti.

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

- POD 1 – IT001E00096748: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E’ stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.
- POD 2 – IT001E00096747: 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 elettrico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00096748	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	PIAZZA DURAZZO PALLAVICINI, 6 - GENOVA				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	34,00 kW
Potenza elettrica disponibile	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW	35,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA6	BTA6	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Prezzi del fornitura dell’energia elettrica ⁽²⁾	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

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.

POD: IT001E00096747	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	PIAZZA DURAZZO PALLAVICINI, 6 - GENOVA				
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE	Comune di Genova GE
Società di fornitura	Edison	Edison	GALA	GALA	IREN Mercato S.p.a.
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	35,20 kW	35,20 kW	35,20 kW	35,20 kW	10,00 kW
Potenza elettrica disponibile	35,20 kW	35,20 kW	35,20 kW	35,20 kW	35,20 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	BTA6	BTA6	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,07327 €/kWh	0,07380 €/kWh	0,07298 €/kWh	0,05223 €/kWh	0,05097 €/kWh

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

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

Nella Tabella 7.2 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: IT001E00096 748	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	490	71	568	83	267	1.478	6.622	0,223
Feb – 14	369	52	491	61	214	1.188	4.897	0,243
Mar – 14	272	39	403	46	167	927	3.670	0,253
Apr – 14	218	32	338	37	137	762	2.966	0,257
Mag – 14	231	35	372	41	149	828	3.261	0,254
Giu – 14	150	23	265	27	102	568	2.165	0,262
Lug – 14	59	9	135	11	47	260	865	0,301
Ago – 14	56	9	106	11	40	222	846	0,262
Set – 14	148	22	249	25	98	541	2.019	0,268
Ott – 14	285	41	356	48	161	890	3.805	0,234
Nov – 14	399	58	559	68	238	1.322	5.406	0,244
Dic – 14	399	80	570	68	-	1.118	5.471	0,204
Totale	3.077	470	4.412	525	1.620	10.104	41.993	0,241
POD: IT001E00096 748	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]

Gen – 15	402	58	546	68	236	1.309	5.403	0,242
Feb – 15	413	59	566	70	244	1.352	5.567	0,243
Mar – 15	399	58	567	69	240	1.333	5.480	0,243
Apr – 15	234	35	314	41	137	760	3.241	0,234
Mag – 15	200	29	276	34	119	659	2.742	0,240
Giu – 15	124	19	204	22	81	450	1.780	0,253
Lug – 15	70	11	150	13	54	300	1.073	0,279
Ago – 15	55	9	132	10	45	252	836	0,302
Set – 15	241	35	320	42	140	778	3.321	0,234
Ott – 15	368	53	442	62	203	1.127	4.942	0,228
Nov – 15	405	58	479	68	222	1.232	5.439	0,227
Dic – 15	418	60	493	70	229	1.270	5.618	0,226
Totale	3.330	485	4.488	568	1.951	10.822	45.442	0,238

POD: IT001E00096 748	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	295	58	475	70	90	988	5.618	0,176
Feb – 16	278	55	452	66	85	936	5.319	0,176
Mar – 16	216	43	363	52	67	741	4.168	0,178
Apr – 16	182	37	318	45	58	640	3.589	0,178
Mag – 16	204	40	344	49	64	701	3.918	0,179
Giu – 16	96	21	195	25	34	371	1.990	0,186
Lug – 16	59	13	142	16	23	253	1.298	0,195
Ago – 16	36	8	104	10	16	174	804	0,216
Set – 16	133	27	244	33	44	480	2.621	0,183
Ott – 16	244	48	401	58	75	827	4.665	0,177
Nov – 16	290	57	468	69	88	972	5.526	0,176
Dic – 16	267	54	443	65	83	913	5.211	0,175
Totale	2.299	461	3.949	559	727	7.995	44.727	0,179

POD: IT001E00096 747	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
ANNO 2014	FISSA	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	117	16	184	19	74	410	1.519	0,270
Feb – 14	113	17	165	19	69	383	1.481	0,259
Mar – 14	83	13	130	14	53	292	1.086	0,269
Apr – 14	42	9	76	7	29	163	561	0,291
Mag – 14	41	9	70	7	28	154	554	0,278
Giu – 14	49	10	85	8	33	185	642	0,288
Lug – 14	55	10	89	9	36	198	720	0,275

Ago – 14	46	9	81	8	32	175	619	0,284
Set – 14	48	9	79	8	32	176	635	0,277
Ott – 14	47	8	79	8	31	174	622	0,279
Nov – 14	67	12	109	11	44	242	883	0,274
Dic – 14	101	18	156	17	64	355	1.338	0,265
Totale	809	141	1.302	133	525	2.909	10.660	0,273
POD: IT001E00096 747	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	120	19	170	20	33	362	1.593	0,227
Feb – 15	122	19	173	20	34	369	1.630	0,226
Mar – 15	86	14	130	15	25	270	1.177	0,229
Apr – 15	36	10	107	11	16	181	890	0,203
Mag – 15	25	7	95	8	13	148	627	0,237
Giu – 15	25	7	97	8	14	151	658	0,229
Lug – 15	53	17	157	19	24	269	1.494	0,180
Ago – 15	35	12	130	13	19	210	1.059	0,198
Set – 15	36	11	115	12	17	192	939	0,204
Ott – 15	27	10	117	11	16	181	851	0,212
Nov – 15	33	11	133	13	19	210	1.012	0,207
Dic – 15	43	15	159	16	23	256	1.315	0,195
Totale	641	152	1.584	166	254	2.798	13.245	0,211
POD: IT001E00096 74	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	79	16	162	19	28	304	1.553	0,196
Feb – 16	49	13	140	15	22	239	1.236	0,193
Mar – 16	40	11	121	14	19	204	1.088	0,188
Apr – 16	19	9	69	7	10	114	574	0,199
Mag – 16	22	10	71	8	11	121	600	0,201
Giu – 16	24	10	77	8	12	131	620	0,212
Lug – 16	49	23	120	13	21	226	1.046	0,216
Ago – 16	44	25	123	14	21	227	1.144	0,198
Set – 16	44	20	106	12	18	199	930	0,214
Ott – 16	50	13	106	11	18	198	856	0,232
Nov – 16	73	17	124	14	23	250	1.081	0,231
Dic – 16	85	22	151	17	28	303	1.371	0,221
Totale	579	188	1.369	151	229	2.516	12.099	0,208

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

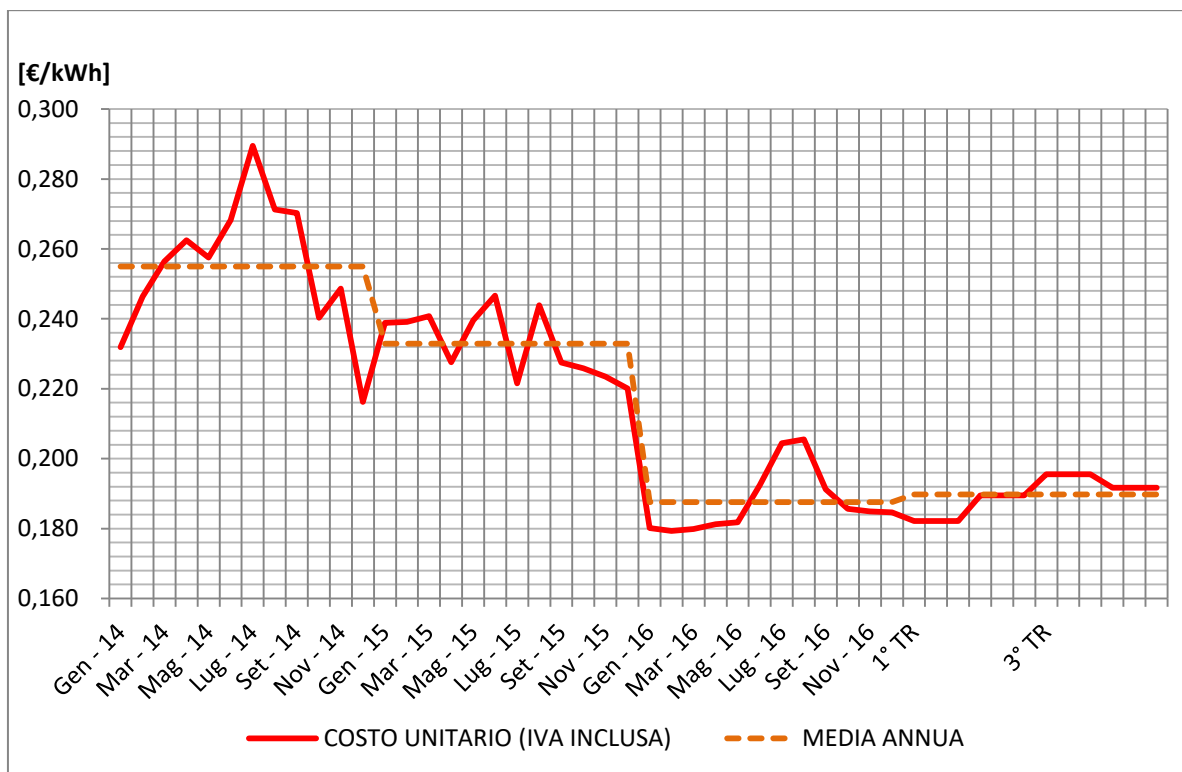
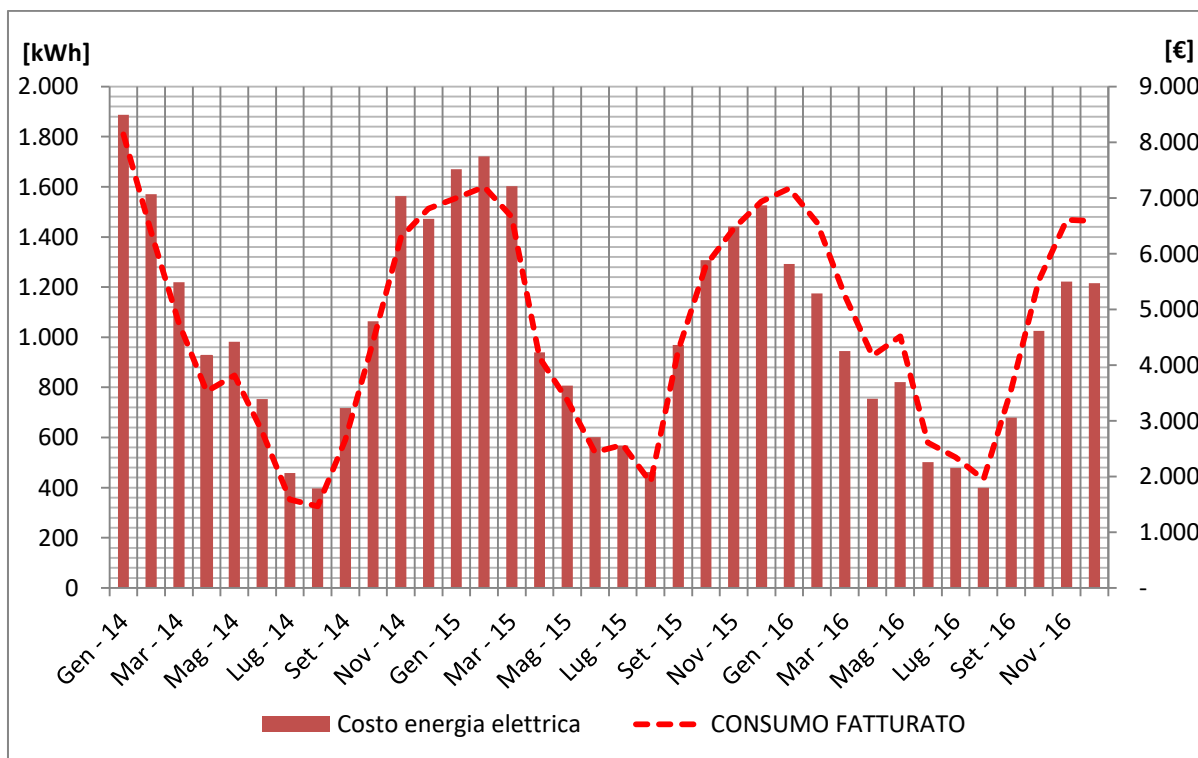


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



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	n.d.	n.d.	n.d.	52.653	13.013	0,247	n.d.
2015	n.d.	n.d.	n.d.	58.687	13.169	0,232	n.d.
2016	n.d.	n.d.	n.d.	56.826	10.511	0,185	n.d.
2017	n.d.	n.d.	0,0771	n.d.	n.d.	0,189	n.d.
Media	n.d.	n.d.	n.d.	56.055	12.231	0,213	n.d.

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	C _{Uq} 0,077	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UE} 0,190	[€/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:

- L1-042-099: 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 51.071,02€.

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

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

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

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

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori 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	C_{MO} 28.075	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 7.463	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

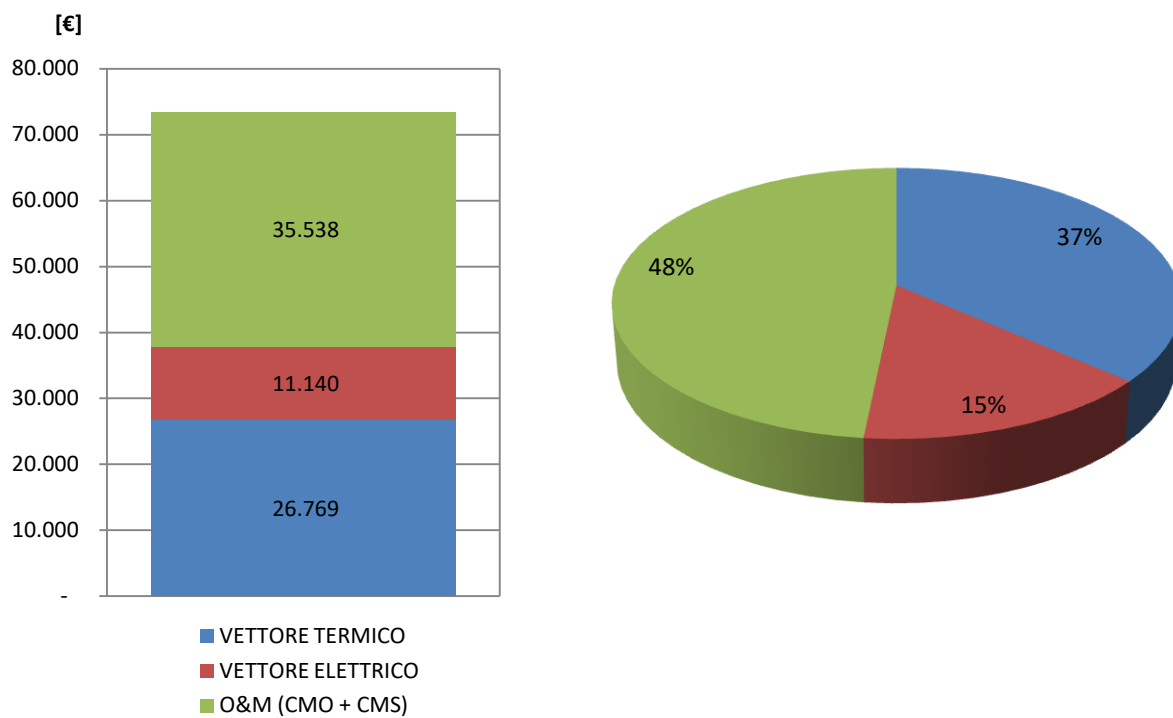
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 37.909 e un $C_{baseline}$ pari a € 73.446.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	C_{uQ}	C_Q	$EE_{baseline}$	C_{uEE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
346.982	0,077	26.769	58.718	0,190	11.140	35.538	28.075	7.463	73.446

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 l’applicazione su tutte le chiusure opache verticali dell’edificio di una lastra in lana di vetro dello spessore di 10 cm incollata e fissata meccanicamente alla parete sullo strato di intonaco esistente. Sulla lastra, previa applicazione di idoneo supporto meccanico tipo rete, sarà posato uno strato di finitura consistente di una rasatura e tinteggiatura.

L’intervento è volto alla riduzione delle dispersioni termiche delle murature perimetrali dell’edificio.

Figura 8.1 – Particolare vista esterna



L’inserimento di un cappotto esterno in lana di vetro consente, oltre che di ridurre le dispersioni termiche dell’involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico. L’intervento può generare una riduzione del fabbisogno termico complessivo compreso fra il 25 ed il 35%.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Il cappotto termico esterno è un sistema di isolamento che si installa applicando dei pannelli isolanti direttamente all’esterno delle facciate del fabbricato.

Questo intervento consente di ottenere una notevole riduzione delle dispersioni termiche, nonché dei ponti termici.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato in modo da garantire una lavorazione a regola d’arte.

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – CAPPOTTO INTERNO

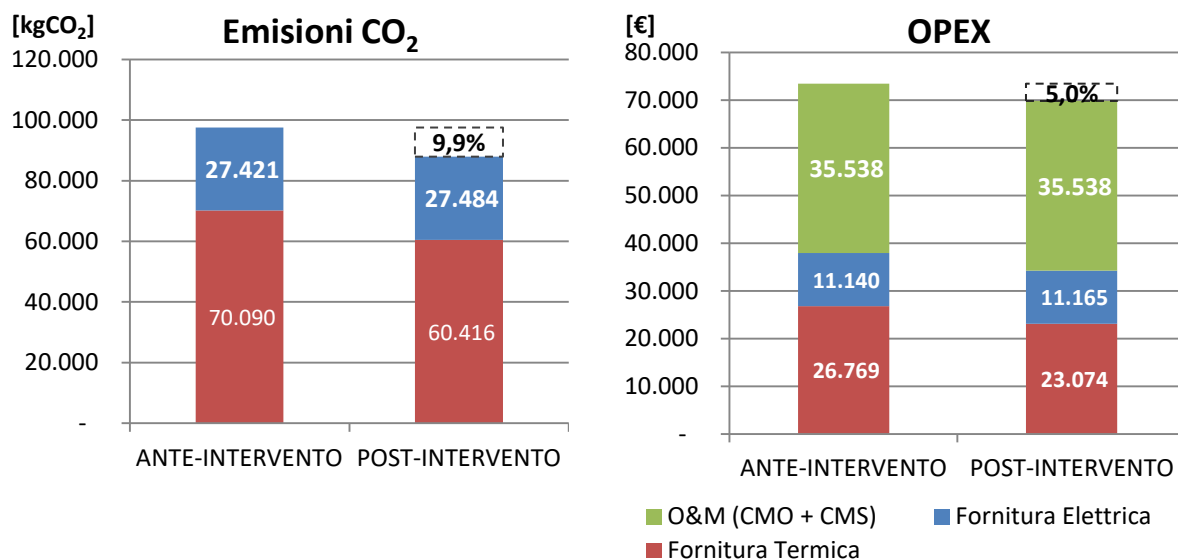
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1: Trasmittanza termica	[W/m ² K]	1,263	0,254	79,9%
Q _{teorico}	[kWh]	348 549	300 439	13,8%
EE _{teorico}	[kWh]	58 500	58 633	-0,2%

$Q_{baseline}$	[kWh]	346 982	299 088	13,8%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	58 718	58 852	-0,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	70 090	60 416	13,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 421	27 484	-0,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	97 512	87 899	9,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	26 769	23 074	13,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11 140	11 165	-0,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37 909	34 239	9,7%
C_{MO}	[€]	28 075	28 075	0,0%
C_{MS}	[€]	7 463	7 463	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	35 538	35 538	0,0%
OPEX	[€]	73 446	69 777	5,0%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,190 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate e non a quelle standard come previsto dalla UNI TS 11300.

Figura 8.2 – EEM1 – CAPPOTTO INTERNO: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM2: Isolamento copertura**Generalità**

La misura prevede l'applicazione all'intradosso di una lastra di lana di vetro dello spessore di 10 cm applicata su una struttura metallica di supporto ed uno strato di finitura consistente di una lastra di cartongesso fibrorinforzato al fine di ridurre le dispersioni termiche dei solai di copertura verso l'esterno.

L'inserimento di una lastra di lana di vetro consente di ridurre le dispersioni termiche dell'involucro opaco, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico.

Figura 8.3 – Particolare termografia solaio

**Caratteristiche funzionali e tecniche**

L'inserimento di un pannello isolante in lana di vetro richiede la valutazione delle prestazioni energetiche dello stato di conservazione del solaio esistente, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro opaco in modo significativo (10-15%).

La finitura materica di rivestimento del pannello ed il colore dello stesso devono essere scelti in funzione ed in relazione alla funzione dell'edificio ed alla compatibilità estetica.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato.

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

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – ISOLAMENTO TERMICO COPERTURA

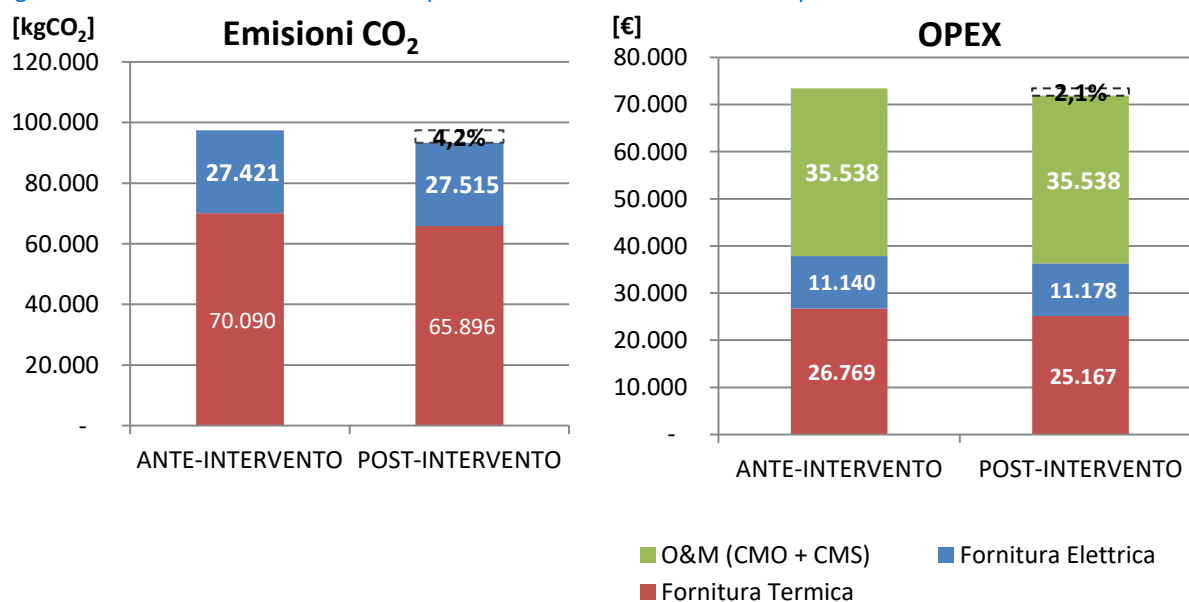
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2: Trasmittanza termica	[W/m ² K]	0,611	0,209	65,8%
Q _{teorico}	[kWh]	348 549	327 692	6,0%
EE _{teorico}	[kWh]	58 500	58 700	-0,3%
Q _{baseline}	[kWh]	346 982	326 218	6,0%
EE _{baseline}	[kWh]	58 718	58 919	-0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	70 090	65 896	6,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 421	27 515	-0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	97 512	93 411	4,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26 769	25 167	6,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11 140	11 178	-0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37 909	36 345	4,1%
C _{MO}	[€]	28 075	28 075	0,0%

C _{MS}	[€]	7 463	7 463	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	35 538	35 538	0,0%
OPEX	[€]	73 446	71 883	2,1%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,190 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

Figura 8.4 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Caldaie a condensazione

Generalità

La misura prevede l’installazione di quattro caldaie modulari murali a condensazione a servizio dell’impianto di riscaldamento al fine di garantire rendimenti del sistema di generazione maggiori ed in linea con il nuovo quadro normativo.

L’installazione di un generatore modulare a gas a condensazione consente di ridurre il consumo di combustibile per il riscaldamento grazie al principio della condensazione associato alla modulazione di tali nuovi generatori.

Figura 8.5 – Particolare generatore di calore



Caratteristiche funzionali e tecniche

L’installazione di una caldaia a condensazione richiede la valutazione delle prestazioni dello stato di conservazione della rete di distribuzione e della possibilità di installare valvole regolatrici della portata sui corpi scaldanti, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell’intervento.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica in modo significativo (20-30%).

La potenza termica utile e la portata termica del nuovo generatore devono essere scelte in funzione ed in relazione all’attuale configurazione dell’impianto termico, alla potenza del generatore attualmente installato ed alla possibilità di avere fabbisogni inferiori a seguito di altri tipi di intervento di efficientamento energetico.

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo generatore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione del generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3: Rendimento di generazione	[-]	91,8	107	-16,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	348 549	187 139	46,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	58 500	58 500	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	346 982	186 297	46,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	58 718	58 718	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	70 090	37 632	46,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 421	27 421	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	97 512	65 053	33,3%
Fornitura Termica, C ₀	[€]	26 769	14 373	46,3%

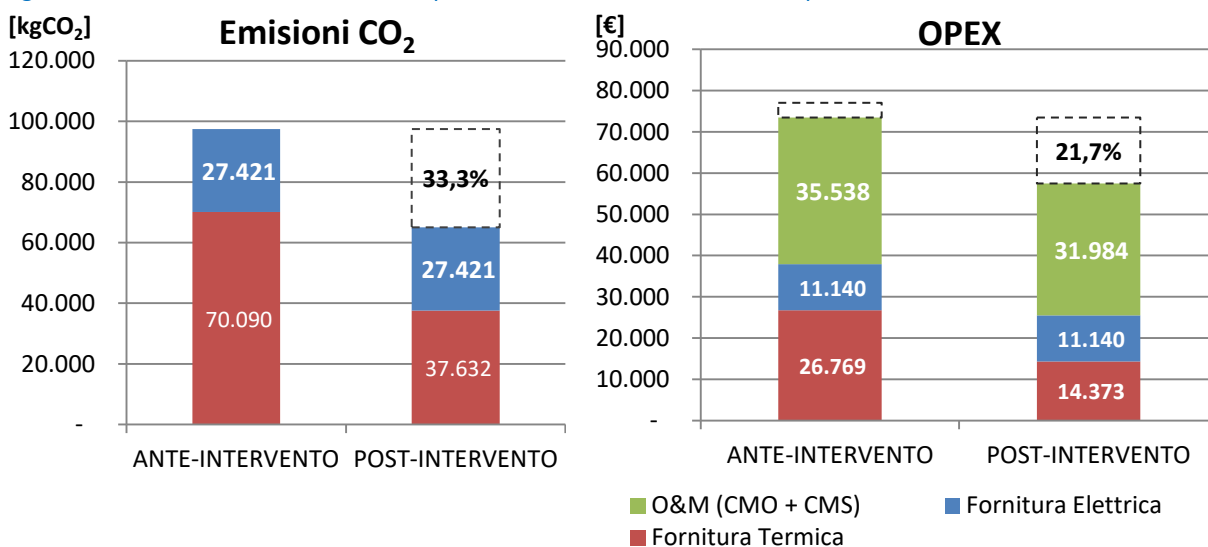
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11 140	11 140	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37 909	25 512	32,7%
C _{MO}	[€]	28 075	25 267	10,0%
C _{MS}	[€]	7 463	6 717	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	35 538	31 984	10,0%
OPEX	[€]	73 446	57 496	21,7%
Classe energetica	[-]	G	E	+1 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,190 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

La riduzione dei costi di manutenzione O&M è dovuta al fatto che la potenza del gruppo termico installato a seguito dell'intervento proposto è inferiore a quella dell'attuale, sulla base del quale è stato stimato il canone di manutenzione secondo quanto appreso dal servizio calore del Comune di Genova. Inoltre, come indicato in una *Guida all'efficienza energetica negli edifici scolastici* (ENEA, M.A.T.T.M, M.I.U.R. e Presidenza del Consiglio dei Ministri), si evidenzia che i costi di O&M non sono inferiori al 20% della somma dei costi di approvvigionamento di combustibile ed energia elettrica.

Figura 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM4: Valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori presenti all'interno dell'edificio.

Le valvole termostatiche sono tipicamente impiegate per la regolazione del fluido ai radiatori degli impianti di riscaldamento. Abbinata a un comando termostatico o elettrotermico, mantengono costante, al valore impostato, la temperatura ambiente del locale in cui sono installate. In questo modo si evitano indesiderati incrementi di temperatura e si ottengono consistenti risparmi energetici.

\Queste valvole sono dotate di un particolare codolo con tenuta idraulica in gomma che permette il collegamento al radiatore in modo veloce e sicuro, senza l'ausilio di altro mezzo sigillante.

Figura 8.7 – Particolare terminali di emissione



Caratteristiche funzionali e tecniche

In base al tipo di corpo scaldante, al diametro e materiale del tubo saranno predisposte le seguenti tipologie di valvole termostatiche con i relativi detentori:

- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi diritti per tubo ferro 3/8", 1/2" e 3/4". Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" M con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi a squadra per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Valvola termostatica per radiatori predisposta per comandi termostatici ed elettrotermici. Attacchi diritti per tubo rame e plastica semplice e multistrato 23 p.1,5 M. Attacco al radiatore 3/8" e 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio in ABS bianco RAL 9010. Doppia tenuta sull'asta di comando con O-Ring in EPDM. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Detentore. Attacchi a squadra, per tubo rame, plastica semplice e multistrato. Attacchi tubazione 23 p.1,5 e 3/4" M. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS.

Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.

- Detentore. Attacchi diritti, per tubo rame, plastica semplice e multistrato. Attacchi tubazione 23 p.1,5 e 3/4" M. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS. Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar.
- Detentore. Attacchi a squadra, per tubo ferro 3/8", 1/2", 3/4" o 1" F. Attacco al radiatore 3/8" o 1/2" M con codolo fornito di guarnizione di tenuta in EPDM, 3/4" e 1" M con codolo senza guarnizione di tenuta. Corpo in ottone. Cromato. Cappuccio bianco RAL 9010 in ABS. Tenuta verso l'esterno costituita da O-Ring in EPDM sull'asta di comando. Campo di temperatura d'esercizio 5÷100°C. Pressione massima d'esercizio 10 bar

Tutte le valvole termostatiche sono dotate di coperchio antimanomissione e anti vandalismo.

Tale misura può ridurre il consumo di energia termica (10-15%).

Descrizione dei lavori

La posa delle valvole deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08). Inoltre si dovrà provvedere ad un lavaggio dell'intero impianto per evitare che le impurità depositatesi nel corso degli anni vadano a danneggiare le componenti delle nuove valvole.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.8.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione valvole termostatiche

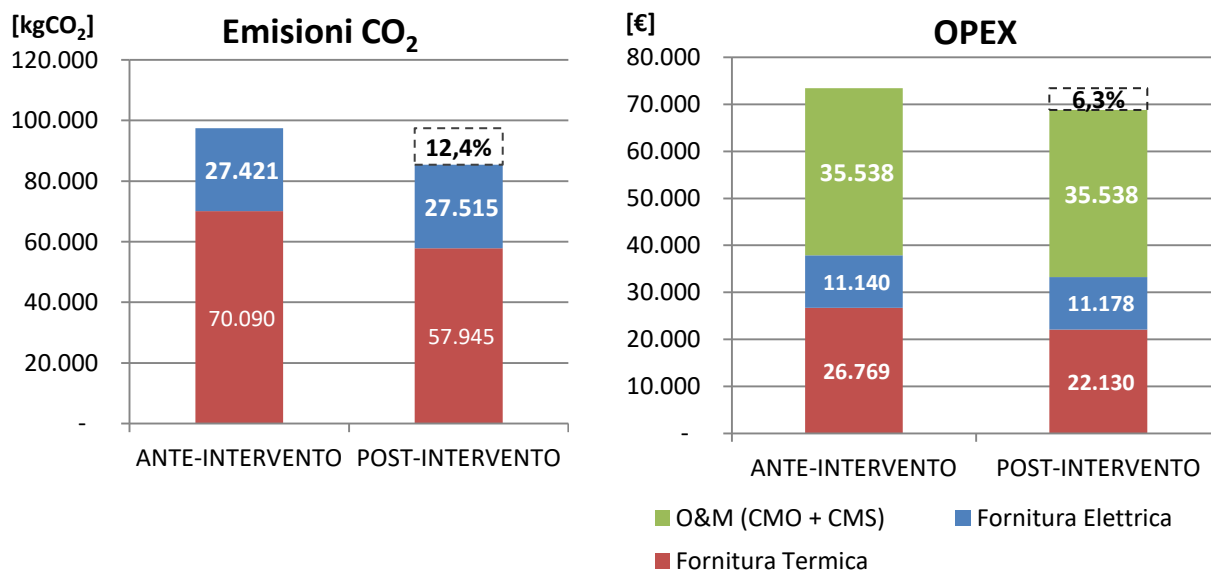
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4: Rendimento di regolazione	[-]	73	99	-35,6%
Q _{teorico}	[kWh]	348 549	288 150	17,3%
EE _{teorico}	[kWh]	58 500	58 700	-0,3%
Q _{baseline}	[kWh]	346 982	286 854	17,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	58 718	58 919	-0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	70 090	57 945	17,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 421	27 515	-0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	97 512	85 460	12,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26 769	22 130	17,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11 140	11 178	-0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37 909	33 308	12,1%
C _{MO}	[€]	28 075	28 075	0,0%
C _{MS}	[€]	7 463	7 463	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	35 538	35 538	0,0%
OPEX	[€]	73 446	68 846	6,3%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per

il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,190 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

Figura 8.8 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM5: Pompe a portata variabile

Generalità

La misura prevede l'installazione di una pompa di circolazione di tipo elettronico a giri variabili (inverter). L'intervento sarà realizzato mediante la sostituzione delle due pompe di circolazione a giri fissi, con una nuova pompa di circolazione gemellare a giri variabili controllata elettronicamente da inverter e grado di protezione minimo IP55.

Portata, prevalenza e diametro di allaccio saranno verificate e confermate dalle condizioni idrostatiche di lavoro dell'attuale rete di distribuzione.

Figura 8.9 – Particolare pompe di circolazione



L'installazione di un circolatore elettronico a velocità variabile permette di ottimizzare tutte le prestazioni dell'impianto anche in termini di energia elettrica necessaria per l'alimentazione degli organi ausiliari. Inoltre viene prolungata la vita della pompa stessa.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Tale misura può ridurre il consumo di energia elettrica (5-10%).

Descrizione dei lavori

La posa del nuovo circolatore deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche ed una dichiarazione secondo quanto stabilito dalla normativa vigente in materia (DM 37/08).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.10.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione pompa inverter

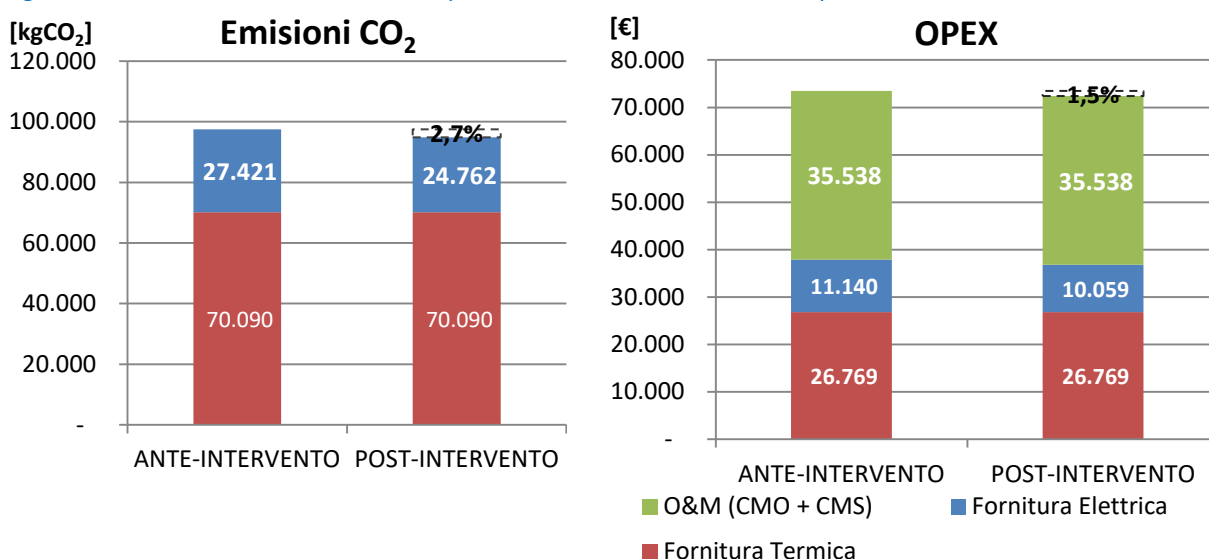
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5: Potenza elettrica assorbita	[W]	1600	600	62,5%
$Q_{teorico}$	[kWh]	348 549	348 549	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	58 500	52 826	9,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	346 982	346 982	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	58 718	53 023	9,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	70 090	70 090	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 421	24 762	9,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	97 512	94 852	2,7%
Fornitura Termica, C _q	[€]	26 769	26 769	0,0%

Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11 140	10 059	9,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37 909	36 828	2,9%
C _{MO}	[€]	28 075	28 075	0,0%
C _{MS}	[€]	7 463	7 463	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	35 538	35 538	0,0%
OPEX	[€]	73 446	72 366	1,5%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,190 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (2) La classe energetica indicata si riferisce alle condizioni adattate.

Figura 8.10 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Si fa presente che per l'edificio in esame il fabbisogno di ACS è molto ridotto per cui non risulterebbe economicamente conveniente intraprendere misure di efficienza in tali direzioni.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

Si precisa che utilizzando i costi unitari dell'area di riferimento tali interventi non risultano economicamente convenienti nemmeno combinati in scenari con altri interventi. Inoltre si fa presente che, data la normativa vigente in materia di classificazione energetica, riducendo la potenza installata dei corpi illuminanti (come nel caso dell'utilizzo di tecnologia LED) non è quasi mai possibile determinare un salto di due classi energetiche, anzi la classe energetica dell'edificio peggiora. Tale criticità sarebbe risolvibile combinando tale EEM con altri più energeticamente prestanti ma, come già precisato i costi non renderebbero conveniente l'intero scenario.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento termico a cappotto

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella realizzazione di un cappotto termico costituito da un pannello di 10 cm di lana di vetro ed uno strato di finitura a tonachino con idonee caratteristiche.

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: 40% dell'importo dei lavori con un massimale di 100 €/mq.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – CAPPOTTO TERMICO

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Pannello in lana di vetro	Liguria 2017	2650	€/mq	14,337	37 993,05 €	8 358,47 €	46 351,52 €
Posa di pannello isolante	Liguria 2017	2650	€/mq	4,221	11 185,65 €	2 460,84 €	13 646,49 €
Tonachino esterno	Liguria 2017	2650	€/mq	21,132	55 999,80 €	12 319,96 €	68 319,76 €
Costi per la sicurezza				3%	3 155,36 €	694,18 €	3 849,53 €
Costi per la progettazione				7%	7 362,50 €	1 619,75 €	8 982,24 €
TOTALE (I₀)					115 696,35 €	25 453,20 €	141 149,55 €
Incentivi	Conto termico						56 460,00 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							11 292,00 €

EEM2: Isolamento termico intradosso solaio copertura

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'applicazione di un pannello di 10 cm di lana di vetro ed uno strato di finitura ad intonaco.

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: 40% dell'importo dei lavori con un massimale di 100 €/mq.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – ISOLAMENTO COPERTURA

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Fornitura di pannello in lana di vetro 10 cm	Liguria 2017	920	€/mq	14,337	13 190,04 €	2 901,81 €	16 091,85 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	920	€/mq	4,221	3 883,32 €	854,33 €	4 737,65 €
Lastra di cartongesso	Liguria 2017	920	€/mq	8,766	754,14 €	165,91 €	920,05 €
Costi per la sicurezza				3%	1 759,67 €	387,13 €	2 146,79 €
Costi per la progettazione				7%	27 651,89 €	6 083,42 €	33 735,30 €
TOTALE (I₀)					754,14 €	165,91 €	920,05 €
Incentivi	Conto termico						13 494,00 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							2 699,00 €

EEM3: Generatore modulare a condensazione

Nella Tabella 9.3 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell’installazione di un gruppo termico modulare costituito da quattro generatori a condensazione.

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: 40% dell’importo dei lavori con un massimale di 130 €/kWt.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2 – ISOLAMENTO COPERTURA

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione di caldaia esistente	CCIAA RE	1	cad	3697,5	3 697,50 €	813,45 €	4 510,95 €
Fornitura di caldaia a condensazione	Liguria 2017	4	cad	8027,325	32 109,30 €	7 064,05 €	39 173,35 €
Posa in opera di caldaia murale	Liguria 2017	4	cad	299,196	1 196,78 €	263,29 €	1 460,08 €
Costi per la sicurezza				3%	1 110,11 €	244,22 €	1 354,33 €
Costi per la progettazione				7%	2 590,25 €	569,86 €	3 160,11 €
TOTALE (I₀)					40 703,94 €	8 954,87 €	49 658,81 €
Incentivi	Conto termico						19 864,00 €
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							3 973,00 €

EEM4: Installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.4 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell’installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti dell’edificio.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – VALVOLE TERMOSTATICHE

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Valvole termostatiche	Liguria 2017	184	cad	37,233	6 850,87 €	1 507,19 €	8 358,06 €
Costi per la sicurezza				3%	205,53 €	45,22 €	250,74 €
Costi per la progettazione				7%	479,56 €	105,50 €	585,06 €
TOTALE (I₀)					7 535,96 €	1 657,91 €	9 193,87 €

EEM5: Installazione di circolatore gemellare con inverter

Nella Tabella 9.5 è riportata l’analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nell’installazione di un circolatore elettronico gemellare a giri variabili.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – POMPA INVERTER

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Circolatore gemellare con inverter DN65	Liguria 2017	2	cad	3142,26	6 284,52 €	1 382,59 €	7 667,11 €
Posa in opera di circolatore	Liguria 2017	2	cad	45,054	90,11 €	19,82 €	109,93 €
Costi per la sicurezza				3%	191,24 €	42,07 €	233,31 €
Costi per la progettazione				7%	446,22 €	98,17 €	544,39 €
TOTALE (I₀)					7 012,09 €	1 542,66 €	8 554,75 €

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Isolamento termico a cappotto

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

Tabella 9.6 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– ISOLAMENTO TERMICO A CAPPOTTO

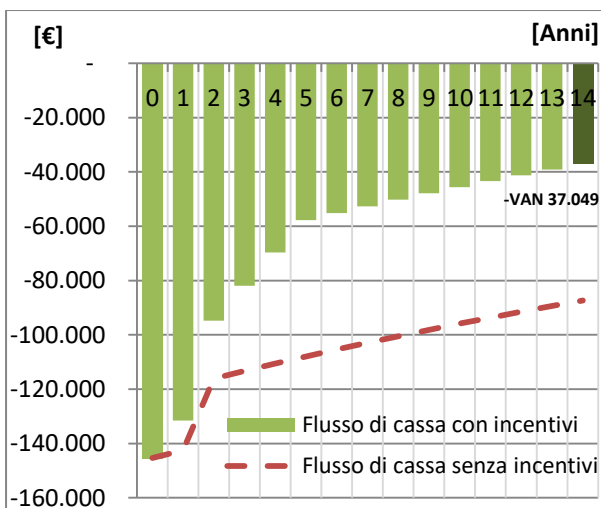
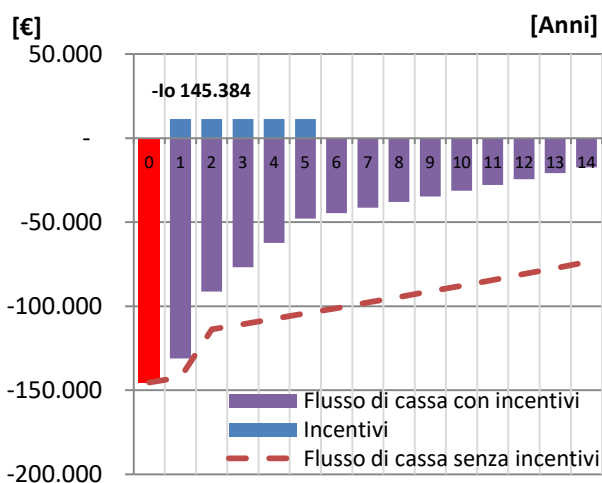
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	141 150
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	11 292
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	33,5	18,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	52,5	32,7
Valore attuale netto	VAN	- 62 378	- 12 108
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,8%	2,8%
Indice di profitto	IP	-0,44	-0,09

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

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

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



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento preso singolarmente non risulta economicamente vantaggioso anche in presenza di incentivi.

EEM2: Isolamento termico intradosso solaio copertura

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

Tabella 9.7 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– ISOLAMENTO COPERTURA

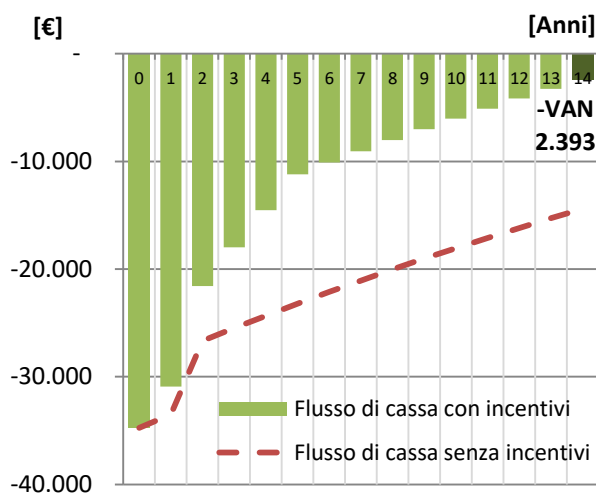
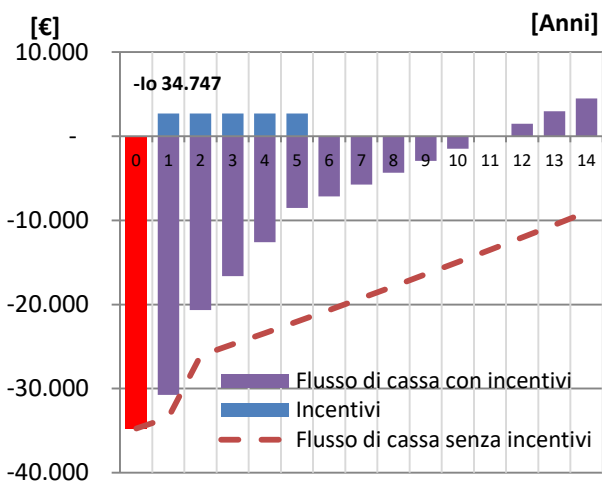
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 33 735
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	30
Incentivo annuo	B	€/anno 2 699
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRs 19,7	11,5
Tempo di rientro attualizzato	TRa 33,7	17,0
Valore attuale netto	VAN - 3 779	8 236
Tasso interno di rendimento	TIR 3,0%	6,8%
Indice di profitto	IP -0,11	0,24

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

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 preso singolarmente non risulta economicamente vantaggioso senza gli incentivi previsti dal Conto Termico. Considerando questi ultimi invece l’intervento diviene più conveniente.

EEM3: Generatore a condensazione

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– GENERATORE A CONDENSAZIONE

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 49 659
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	15
Incentivo annuo	B	€/anno 3 973
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 3,3	2,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA 3,6	2,7
Valore attuale netto	VAN 105 633	123 319
Tasso interno di rendimento	TIR 29,0%	35,6%
Indice di profitto	IP 2,13	2,48

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

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

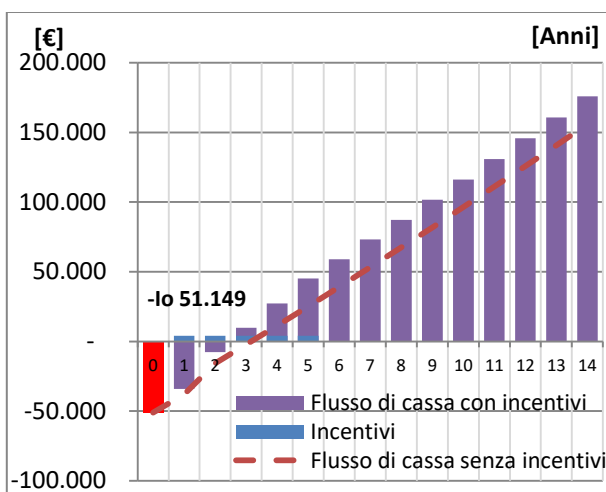
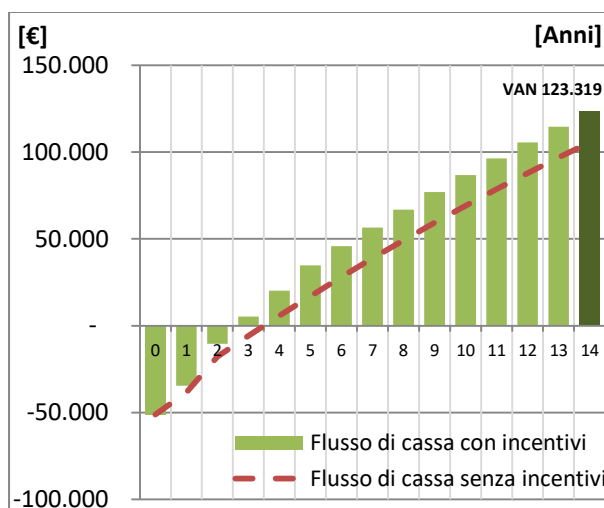


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente conveniente.

EEM4: Valvole termostatiche

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

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– VALVOLE TERMOSTATICHE

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 9 194
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,1 -
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,3 -
Valore attuale netto	VAN	35 357 -
Tasso interno di rendimento	TIR	44,9% -
Indice di profitto	IP	3,85 -

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

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

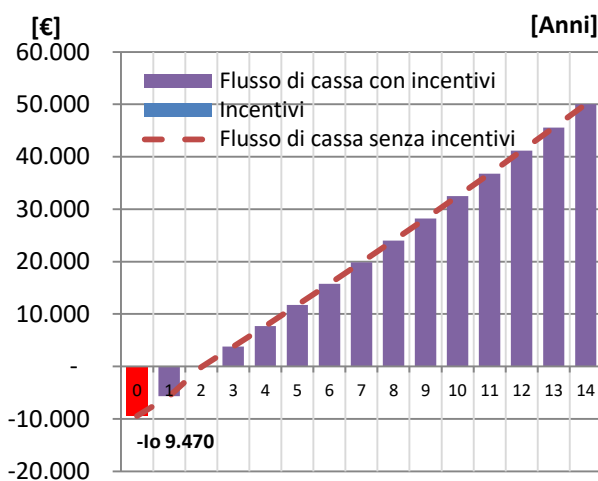
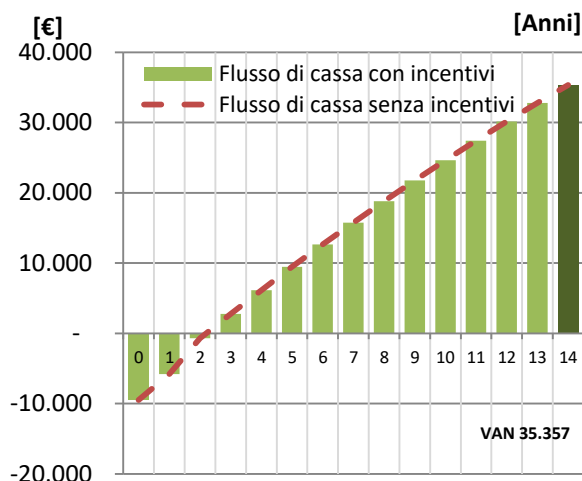


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente conveniente.

EEM5: Circolatore con inverter

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

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5– CIRCOLATORE CON INVERTER

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 8 555
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	7,8	-
Tempo di rientro attualizzato	9,7	-
Valore attuale netto	2 782	-
Tasso interno di rendimento	8,8%	-
Indice di profitto	0,33	-

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

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

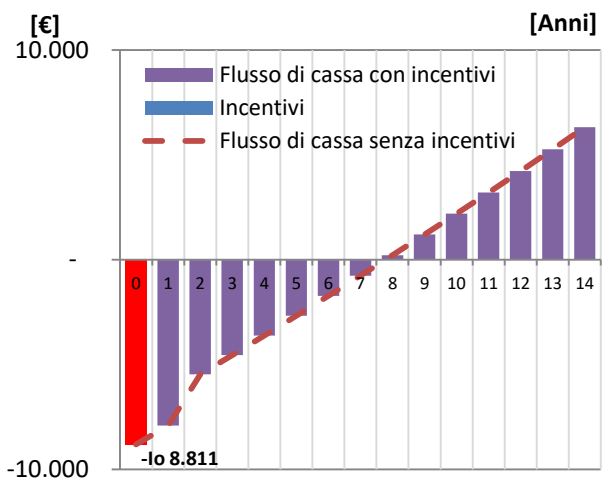
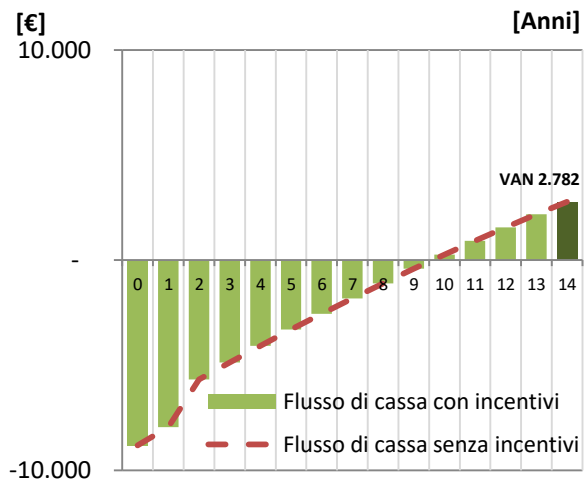


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta essere economicamente conveniente.

Sintesi

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

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

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	9,9	9,9	3 670	-	-	141 150	33,5	52,5	30	-62 378	-0,8	-0,44
EEM 2	4,1	4,1	1 564	-	-	33 735	19,7	33,7	30	-3 779	3,0	-0,11
EEM 3	33,3	33,3	12 397	2 808	746	49 659	3,3	3,6	15	105 633	29,0	2,13
EEM 4	12,4	12,4	4 601	-	-	9 194	2,1	2,3	15	35 357	44,9	3,85
EEM 5	2,7	2,7	1 081	-	-	8 555	7,8	9,7	15	2 782	8,8	0,33

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

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO_2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- ΔC_E è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- ΔC_{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;
- ΔC_{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;

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

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	9,9	9,9	3 670	-	-	141 150	18,9	32,7	30	-12 108	2,8	-0,09
EEM 2	4,1	4,1	1 564	-	-	33 735	11,5	17,0	30	8 236	6,8	0,24
EEM 3	33,3	33,3	12 397	2 808	746	49 659	2,5	2,7	15	123 319	35,6	2,48
EEM 4	12,4	12,4	4 601	-	-	9 194	2,1	2,3	15	35 357	44,9	3,85
EEM 5	2,7	2,7	1 081	-	-	8 555	7,8	9,7	15	2 782	8,8	0,33

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

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

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

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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è verificato un tempo di ritorno semplice, TRS ≤ 15 anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è 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%
- τ è l’aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell’aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

- FCO_n sono i flussi di cassa operativi nell’anno corrente n-esimo;
- K_n è la quota capitale da rimborsare nell’anno n-esimo;
- I_n è la quota interessi da ripagare nell’anno tn-esimo.

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nell'ammodernamento generale della centrale termica mediante la rimozione dell'attuale generatore e l'installazione di un gruppo termico modulare a condensazione (EEM3), l'installazione di due circolatori gemellari con inverter (EEM5) e l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti dell'edificio (EEM4);
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione di un isolamento termico a cappotto su tutto l'edificio (EEM1), l'isolamento della copertura all'intradosso (EEM2) ed in contemporanea cambiare il generatore (EEM3) e installare valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti (EEM4).

9.3.1 Scenario 1: IMPIANTO TERMICO

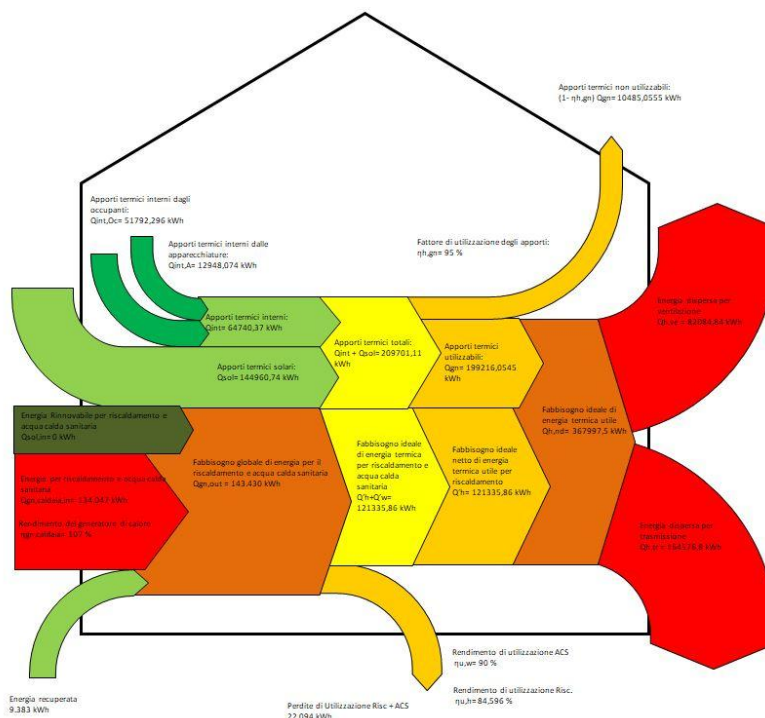
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 Fornitura & Posa	37 003,58 €	8 140,79 €	45 144,37 €
EEM4 Fornitura & Posa	6 850,87 €	1 507,19 €	8 358,06 €
EEM5 Fornitura & Posa	6 374,63 €	1 402,42 €	7 777,05 €
Costi per la sicurezza	1 506,87 €	331,51 €	1 838,38 €
Costi per la progettazione	3 516,04 €	773,53 €	4 289,56 €
TOTALE (I₀)	55 251,99 €	12 155,44 €	67 407,43 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 O&M	25 267,22 €	6 716,60 €	31 983,82 €
EEM4 O&M	28 074,69 €	7 462,89 €	35 537,58 €
EEM5 O&M	28 074,69 €	7 462,89 €	35 537,58 €
TOTALE (C_M)	25 267,22 €	6 716,60 €	31 983,82 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	26 962,97 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		5 392,59 €	

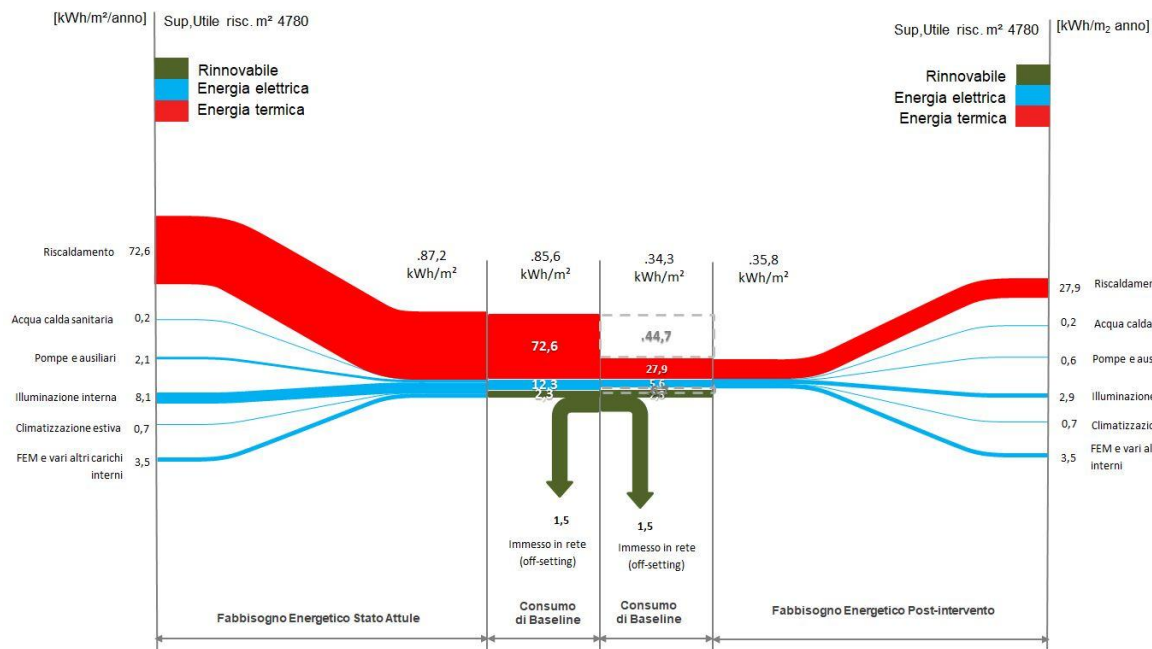
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

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



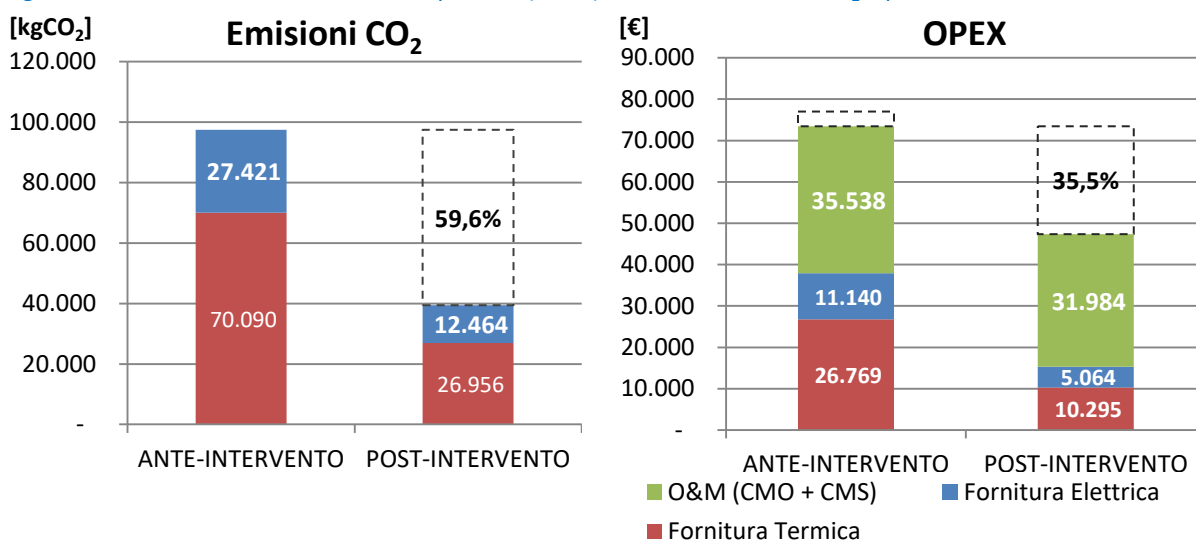
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13

Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3: Rendimento di generazione	[-]	91,8	107	-16,6%
EEM4: Rendimento di regolazione	[-]	73	99	-35,6%
EEM5: Potenza elettrica assorbita	[W]	1600	600	62,5%
$Q_{teorico}$	[kWh]	348 549	134 047	61,5%
$EE_{teorico}$	[kWh]	58 500	26 591	54,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	346 982	133 445	61,5%
$EE_{baseline}$	[kWh]	58 718	26 690	54,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	70 090	26 956	61,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 421	12 464	54,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	97 512	39 420	59,6%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	26 769	10 295	61,5%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11 140	5 064	54,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37 909	15 359	59,5%
C_{MO}	[€]	28 075	25 267	10,0%
C_{MS}	[€]	7 463	6 717	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	35 538	31 984	10,0%
OPEX	[€]	73 446	47 342	35,5%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,190 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.13 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



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

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	3
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 67 407
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2 022
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 69 430
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%

Debito	I_D	€	55 544
Equity	I_E	€	13 886
Fattore di annualità Debito	FA_D		2,83
Rata annua debito	q_D	€	19 624
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	58 873
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	3 329

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	31 073
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	24 302
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	55 375
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		59,5%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		4,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	18 883
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	2 215
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	116 996
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	25 030
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		287,65%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	14 265
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	238
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	2 165
Canone O&M €/anno	CnM	€	22 710
Canone Energia €/anno	CnE	€	13 782
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	36 492
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	16 668
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	53 160
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	12 155
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	26 963
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

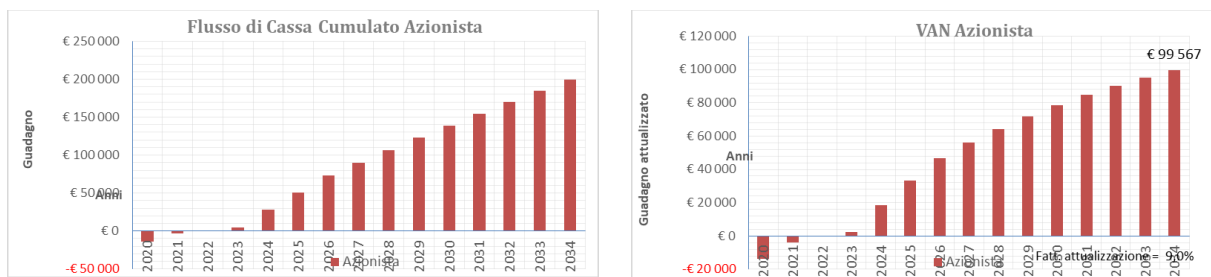
INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		3,65
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		3,88
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	143 269
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$		33,99%
Indice di Profitto	IP		212,54%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		2,74
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		3,17
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€	99 567

Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	73,86%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,101
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	5,696
Indice di Profitto Azionista	IP	147,71%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

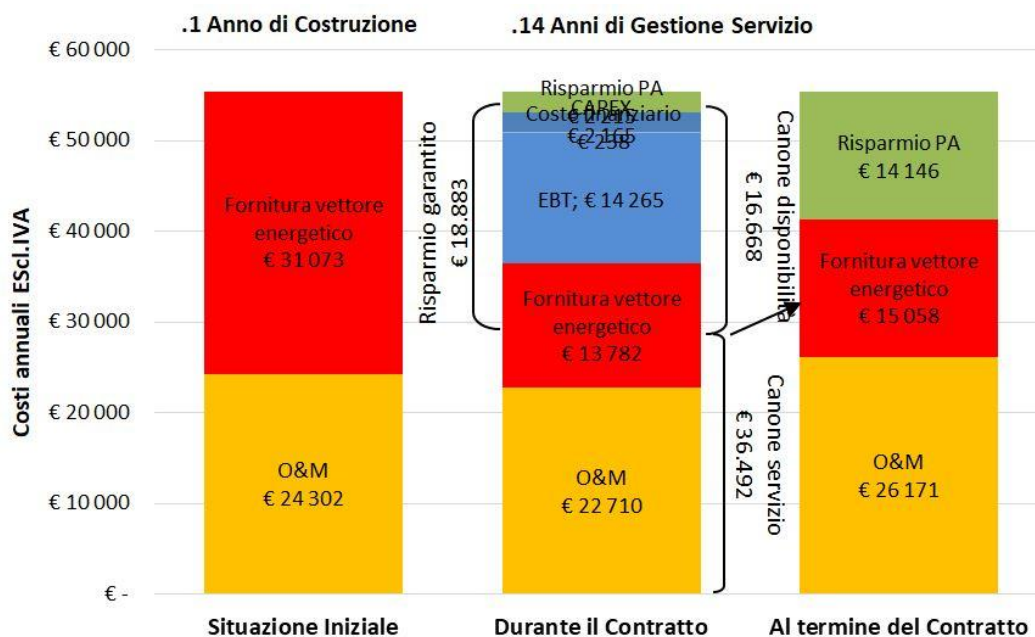


Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO

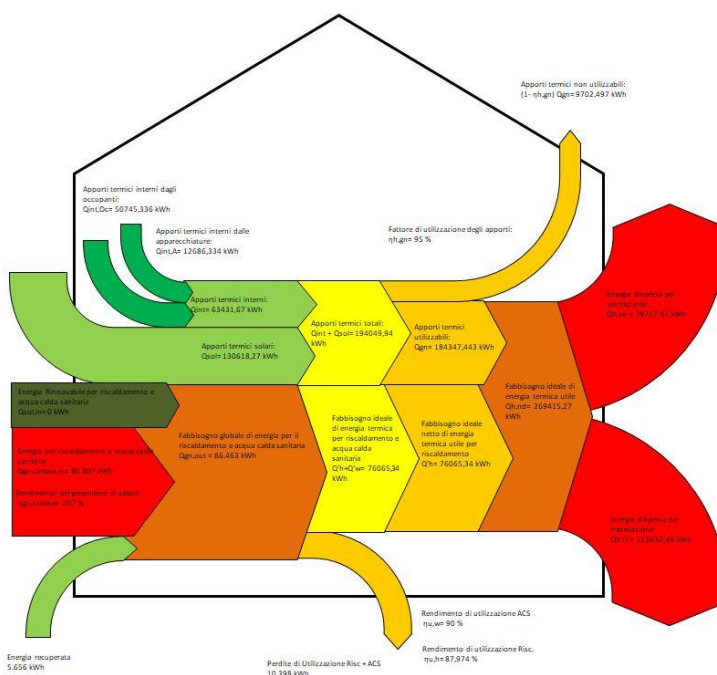
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	105 178,50 €	23 139,27 €	128 317,77 €
EEM2 Fornitura & Posa	25 138,08 €	5 530,38 €	30 668,46 €
EEM3 Fornitura & Posa	37 003,58 €	8 140,79 €	45 144,37 €
EEM4 Fornitura & Posa	6 850,87 €	1 507,19 €	8 358,06 €
Costi per la sicurezza	5 225,13 €	1 149,53 €	6 374,66 €
Costi per la progettazione	12 191,97 €	2 682,23 €	14 874,21 €
TOTALE (I₀)	191 588,14 €	42 149,39 €	233 737,53 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	28 074,69 €	7 462,89 €	35 537,58 €
EEM2 O&M	28 074,69 €	7 462,89 €	35 537,58 €
EEM3 O&M	25 267,22 €	6 716,60 €	31 983,82 €
EEM4 O&M	28 074,69 €	7 462,89 €	35 537,58 €
TOTALE (C_M)	25 267,22 €	6 716,60 €	31 983,82 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	116 868,77 €	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		23 373,75 €	

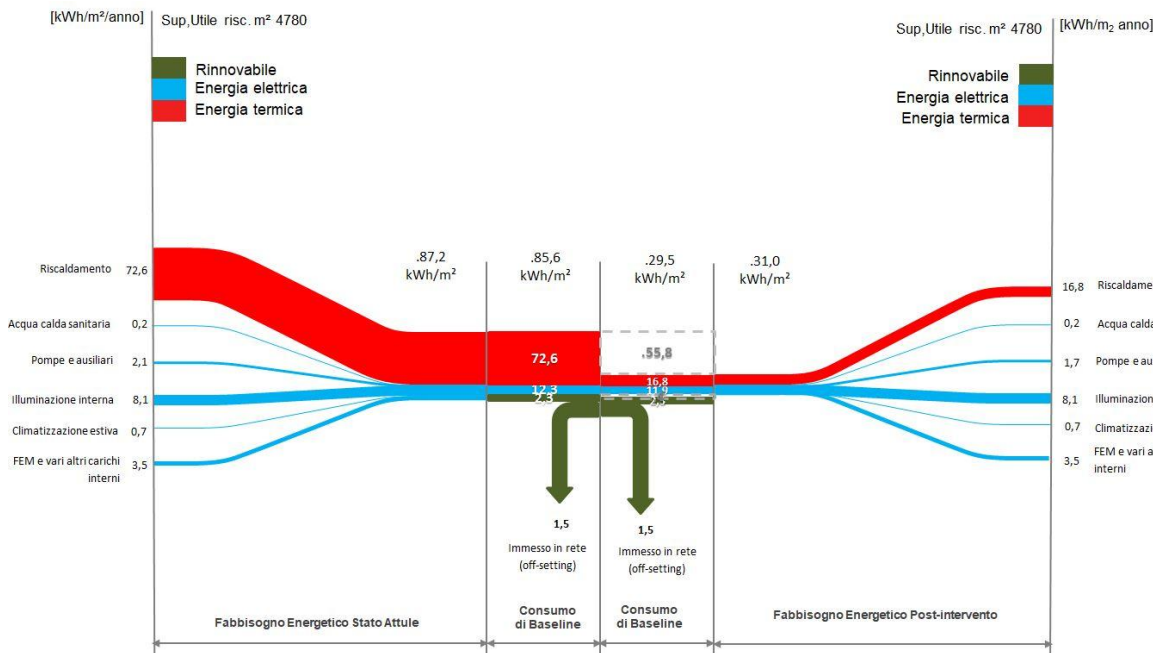
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.17 – 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 il fabbisogno ideale del sistema edificio-impianto è diminuito. Inoltre sono notevolmente diminuite le perdite di generazione le quali presentano un segno positivo (energia entrante) dovute al sistema a generazione.

Figura 9.18 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



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

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1: Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,263	0,254	79,9%
EEM2: Trasmittanza termica	[W/m²K]	0,611	0,209	65,8%
EEM3: Rendimento di generazione	[-]	91,8	107	-16,6%
EEM4: Rendimento di regolazione	[-]	73	99	-35,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	348 549	80 808	76,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	58 500	56 596	3,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	346 982	80 445	76,8%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	58 718	56 807	3,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	70 090	16 250	76,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 421	26 529	3,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	97 512	42 779	56,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	26 769	6 206	76,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	11 140	10 777	3,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37 909	16 983	55,2%
C_{MO}	[€]	28 075	25 267	10,0%
C_{MS}	[€]	7 463	6 717	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	35 538	31 984	10,0%
OPEX	[€]	73 446	48 967	33,3%

Classe energetica

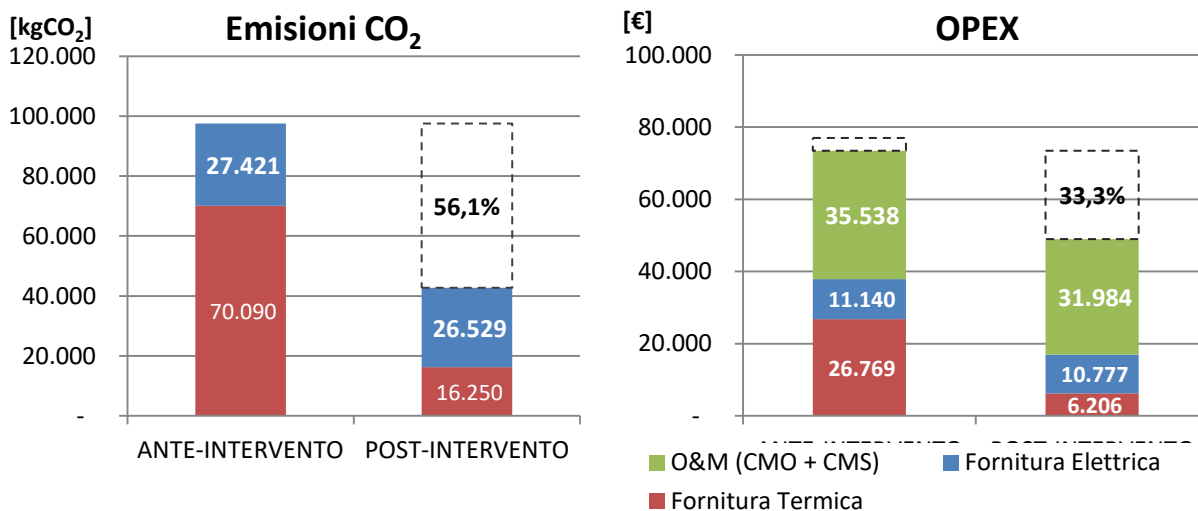
[-]

F

C

+3 classi

Nota (1) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,190 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.19 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

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

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– INVOLUCRO E IMPIANTO

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	2
Anni Gestione Servizio	n_s	23
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	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	23
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 233 738
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 7 012
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 240 750
%CAPEX a Debito	D	80,0%

%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 192 600
Equity	I _E	€ 48 150
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q _D	€ 23 200
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 231 997
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 39 398

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 31 073
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 24 302
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{baseline}	€ 55 375
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	55,2%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{baseline}	10,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 15 711
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 5 538
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 368 392
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 26 409
N° di Canoni annuali	anni	23
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	46,88%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 4 907
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 1 713
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 3 554
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€ 23 350
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€ 16 314
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C _{nS}	€ 39 664
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C _{nD}	€ 10 173
Canone Totale €/anno IVA escl.	C _n	€ 49 838
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 42 149
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 116 869
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2023

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	8,43
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	12,80
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 51 802
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	7,30%
Indice di Profitto	IP	22,16%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	4,18
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	4,95

Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 28 056
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	21,43%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,146
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,425
Indice di Profitto Azionista	IP	12,00%

Figura 9.20 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

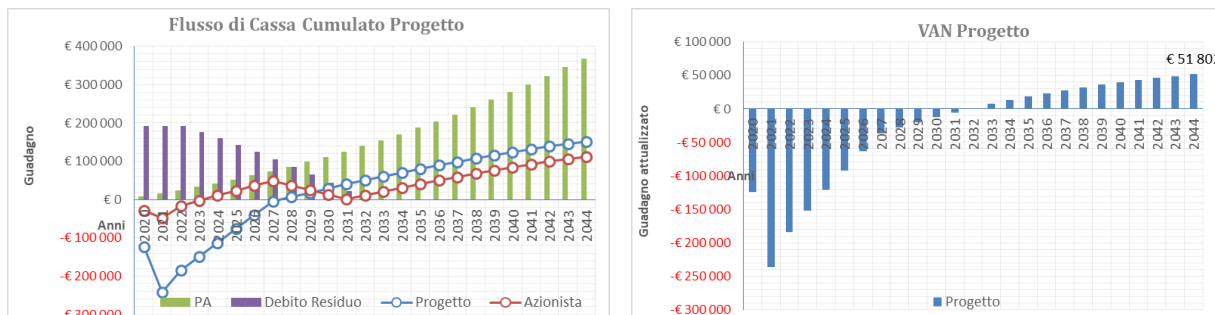
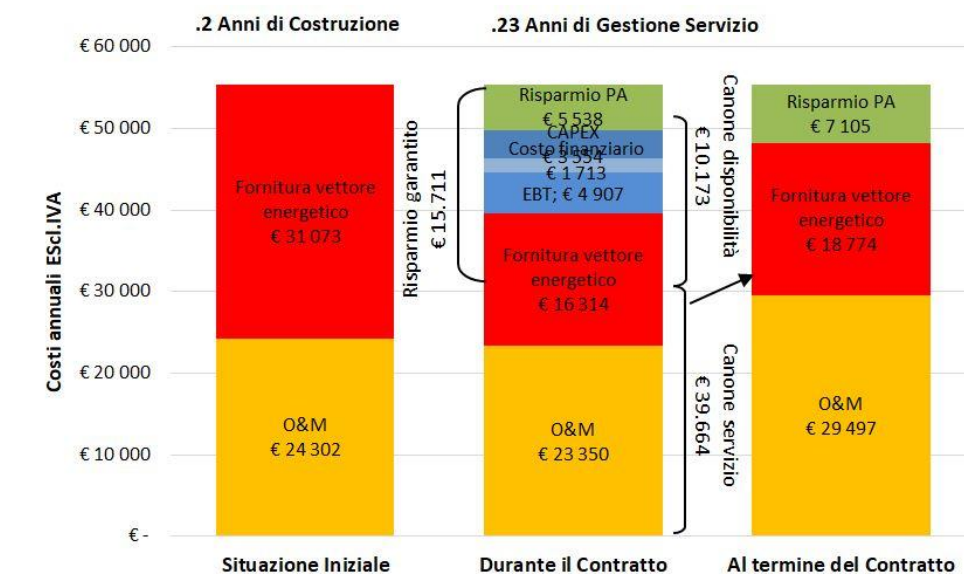


Figura 9.21 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.22 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si veda l'allegato report di benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

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

- **Scenario 1: IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nell'ammodernamento generale della centrale termica mediante la rimozione dell'attuale generatore e l'installazione di un gruppo termico modulare a condensazione (EEM3), l'installazione di due circolatori gemellari con inverter (EEM5) e l'installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti dell'edificio (EEM4);
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione di un isolamento termico a cappotto su tutto l'edificio (EEM1), l'isolamento della copertura all'intradosso (EEM2) ed in contemporanea cambiare il generatore (EEM3) e installare valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti (EEM4).

Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3: Rendimento di generazione	[-]	91,8	107	-16,6%
EEM4: Rendimento di regolazione	[-]	73	99	-35,6%
EEM5: Potenza elettrica assorbita	[W]	1600	600	62,5%
Q _{teorico}	[kWh]	348 549	134 047	61,5%
EE _{teorico}	[kWh]	58 500	26 591	54,5%
Q _{baseline}	[kWh]	346 982	133 445	61,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	58 718	26 690	54,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	70 090	26 956	61,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 421	12 464	54,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	97 512	39 420	59,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26 769	10 295	61,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11 140	5 064	54,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37 909	15 359	59,5%
C _{MO}	[€]	28 075	25 267	10,0%
C _{MS}	[€]	7 463	6 717	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	35 538	31 984	10,0%
OPEX	[€]	73 446	47 342	35,5%
Classe energetica	[-]	F	D	+2 classi

Risultati analisi SCN2 – INVOLUCRO E IMPIANTO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1: Trasmittanza termica	[W/m²K]	1,263	0,254	79,9%
EEM2: Trasmittanza termica	[W/m²K]	0,611	0,209	65,8%
EEM3: Rendimento di generazione	[-]	91,8	107	-16,6%
EEM4: Rendimento di regolazione	[-]	73	99	-35,6%
Q _{teorico}	[kWh]	348 549	80 808	76,8%
EE _{teorico}	[kWh]	58 500	56 596	3,3%
Q _{baseline}	[kWh]	346 982	80 445	76,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	58 718	56 807	3,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	70 090	16 250	76,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27 421	26 529	3,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	97 512	42 779	56,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	26 769	6 206	76,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11 140	10 777	3,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	37 909	16 983	55,2%
C _{MO}	[€]	28 075	25 267	10,0%
C _{MS}	[€]	7 463	6 717	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	35 538	31 984	10,0%
OPEX	[€]	73 446	48 967	33,3%
Classe energetica	[-]	F	C	+3 classi

Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
SCN 1	59,6	59,6	22 550	2 807	746	67 407	2,74	3,17	-	99 567	73,9	1,47	1,101	5,696
SCN 2	56,1	56,1	20 926	2 807	746	233 738	4,18	4,95	-	28 056	21,43	0,12	1,146	1,425

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall’analisi effettuata, come riportato nella presente Diagnosi Energetica, emerge che è possibile conseguire un **miglioramento energetico in condizioni standard di tre classi energetiche, ed in particolare per l’edificio in esame dalla F alla C**, attraverso lo scenario proposto numero 2 e concernente le specifiche tecniche riportate.

In linea generale tutti gli interventi proposti mirano, oltre a rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico; a tal riguardo si fa particolare riferimento alle condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell’impianto termico, oltre che dell’involucro opaco.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede un’azione congiunta su involucro ed impianto con l’efficientamento dell’involucro mediante la realizzazione di un cappotto esterno e dell’isolamento all’intradosso del solaio di copertura e l’efficientamento dell’impianto termico mediante la sostituzione del generatore ed un sistema di regolazione e controllo della temperatura per ogni singolo ambiente. Questo scenario presenta una maggiore convenienza economica (in termini di VAN).

Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima **una riduzione complessiva di 58.091 kg CO2.**

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico **sarebbe possibile risparmiare 302.447 kWh.**

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1168_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO B_Elaborati grafici DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO B_Elaborati grafici diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO B_Elaborati grafici posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO B_Elaborati grafici schema CT DE_Lotto. n5-E1168_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1168_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n.5-E1165_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1168_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO C_Report termografico

ALLEGATO D – REPORT ENDOSCOPICO

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine endoscopica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO D_Report endoscopico

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di dettaglio dei calcoli	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO E_Relazione dettaglio calcoli

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	18/05/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	18/05/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	18/05/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev B-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE
APE stato di fatto (XML)	18/05/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto (XML) con firma digitale	18/05/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML.P7M

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE scenario 1	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1168_ALLEGATO K_ schede ORE

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
PEF scenari di intervento	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1168_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM