

Scuola materna statale "CAPITINI" e Scuola elementare "VILLA SANGUINETI"

E1180

VIA DEI MOLINUSI 7

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

CASaA
architetti

Scuola materna statale “CAPITINI” e Scuola elementare “VILLA SANGUINETI”

E1180

VIA DEI MOLINUSSI 7

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 Cetto 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	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	22
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	26
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1 <i>Energia termica</i>	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	28
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	32
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	37
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	37
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	38
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	39
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	41
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	43
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	43
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	43
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	46
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	49



7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	49
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	52
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	52
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	56
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	62
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	62
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	63
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	65
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	72
9.3.1	<i>Scenario 1: IMPIANTO TERMICO</i>	75
9.3.2	<i>Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO</i>	82
10	CONCLUSIONI	89
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	89
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	89
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	90
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	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		Primi anni del 900
Anno di ristrutturazione		1991 2007-2008 circa adeguamento antincendio 2014-2015 circa nuovi controsoffitti
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
Superficie utile riscaldata	[m ²]	813,48
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.810,69
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4.347,58
Rapporto S/V	[1/m]	0,41
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.049,41
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	117,47
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.166,88
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	150
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]	30,61
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	96.665
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	7.105
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	23.083
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.405

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione infissi
- EEM 2: Cappotto interno
- EEM 3: Installazione generatore di calore a condensazione
- EEM 4: Installazione circolatore inverter
- EEM 5: Installazione valvole termostatiche

- SCN1: IMPIANTOT ERMICO (EEM3+4+5);
- SCN2: INVOLUCRO E IMPIANTO (EEM1+2+3+5).

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	3,9	3,9	452	-	-	16.488	17,9	31,9	30	-1.028	3,2	-0,06	-	-
EEM 2	14,9	14,9	1.748	-	-	56.863	16,5	30,3	30	505	3,9	-0,01	-	-
EEM 3	27,7	27,7	3.242	624	166	15.750	2,9	3,3	15	29.609	29,4	1,88	-	-
EEM 4	0,8	0,8	93	-	-	1.353	13,8	19	15	-291	0,2	-0,22	-	-
EEM 5	9,4	9,4	1.106	-	-	2.348	2,3	2,4	15	8.379	42,4	3,57	-	-
SCN 1	35,8	35,8	4.187	625	166	19.452	6,54	6,99	-	4.133	23,92	21,25	1,020	2,144
SCN 2	48,8	48,8	5.715	625	166	91.450	8,47	14,62	-	5.251	14,51	5,74	1,050	1,413

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

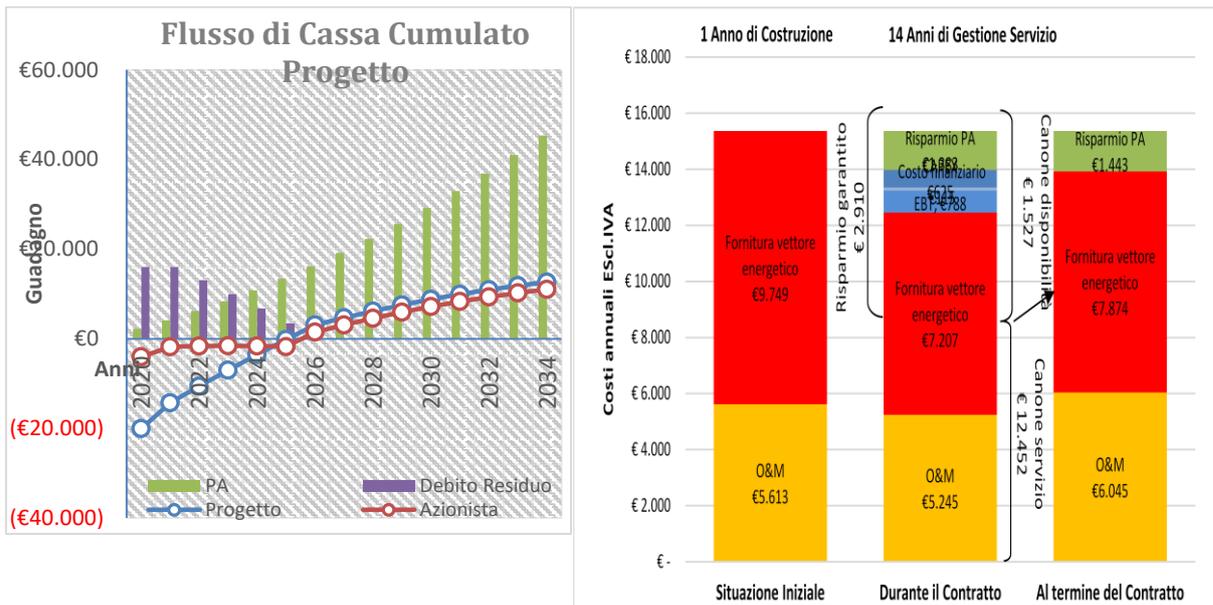
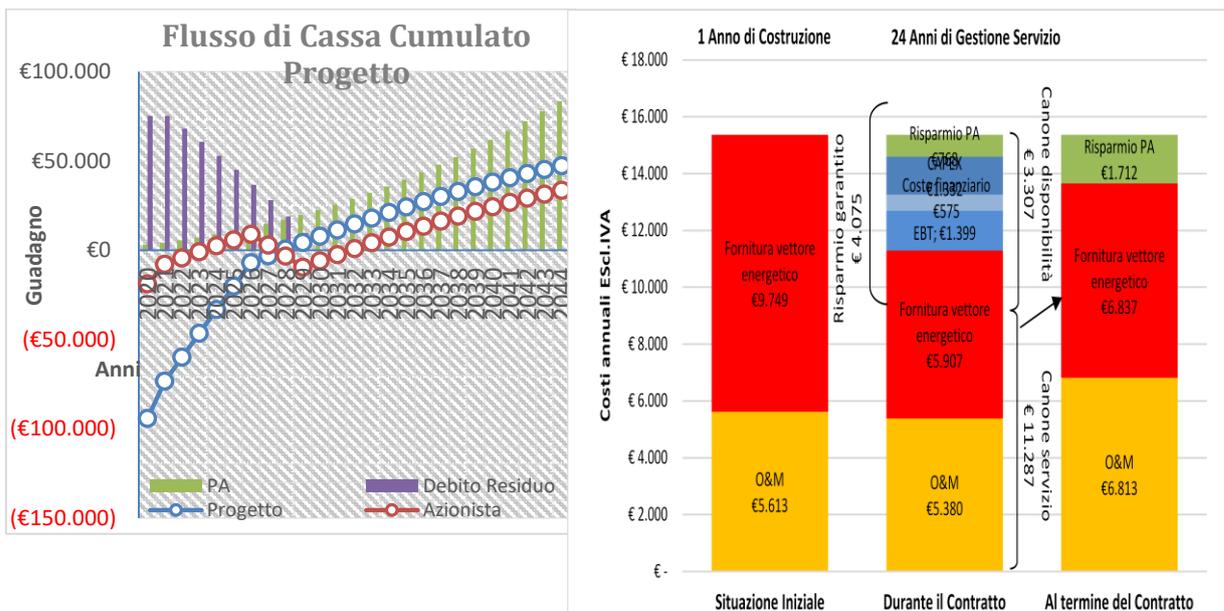


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Dall’analisi effettuata emerge che è possibile effettuare il **miglioramento energetico in condizioni standard di almeno tre classi energetiche da G a D** attraverso gli scenari proposti e concernenti le specifiche tecniche riportate.

Gli interventi proposti mirano, oltre rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico, con particolare riferimento alle gravi condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell’impianto termico.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l’efficientamento mediante la sostituzione degli infissi, l’installazione di un generatore a condensazione, l’installazione di un sistema di controllo della temperatura per singolo ambiente e la realizzazione del cappotto isolante interno.



Per quanto concerne il risparmio di CO2 equivalente si stima un riduzione complessiva di **14.010 kg CO2**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico sarebbe possibile risparmiare **73.579 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 delle facciate nord-nord/est



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.

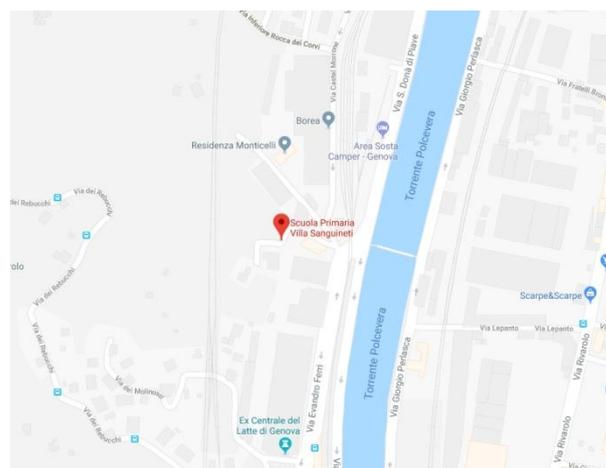
Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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 BOR, F. 68 Mapp. 5, sub 1 è sito nel Comune di Genova e più precisamente a Trasta, una frazione del quartiere genovese di Rivarolo, nella bassa val Polcevera. Nella ripartizione amministrativa del comune di Genova in vigore dal 2005 è compresa nell’“unità urbanistica” di Teglia del Municipio V – Valpolcevera. L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola dell’infanzia e a scuola primaria.

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		Primi anni del 900
Anno di ristrutturazione		1991

2007-2008 circa adeguamento antincendio 2014-2015 circa nuovi controsoffitti		
Zona climatica		[D]
Destinazione d'uso	E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	813,48
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.810,69
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4.347,58
Rapporto S/V	[1/m]	0,42
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	930,95
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.049,41
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	117,47
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.195,09
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore tradizionale	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	150
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	Gas Metano	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler Elettrici	
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	30,61
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	96.665
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	7.105
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	23.083
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	5.405

Nota (1): Valori di Baseline

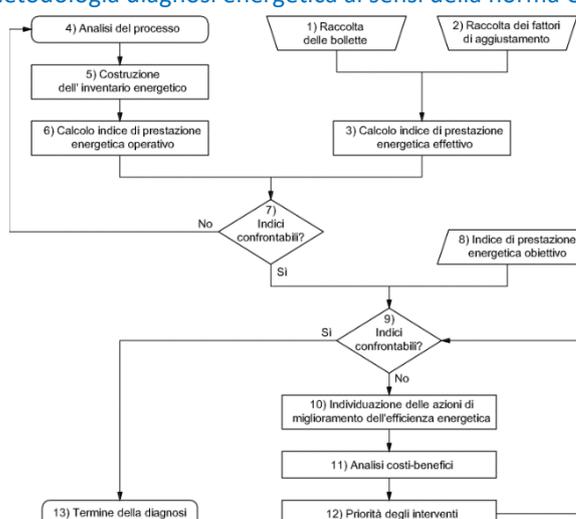
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato 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 23/11/2017 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, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale 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;
- 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;

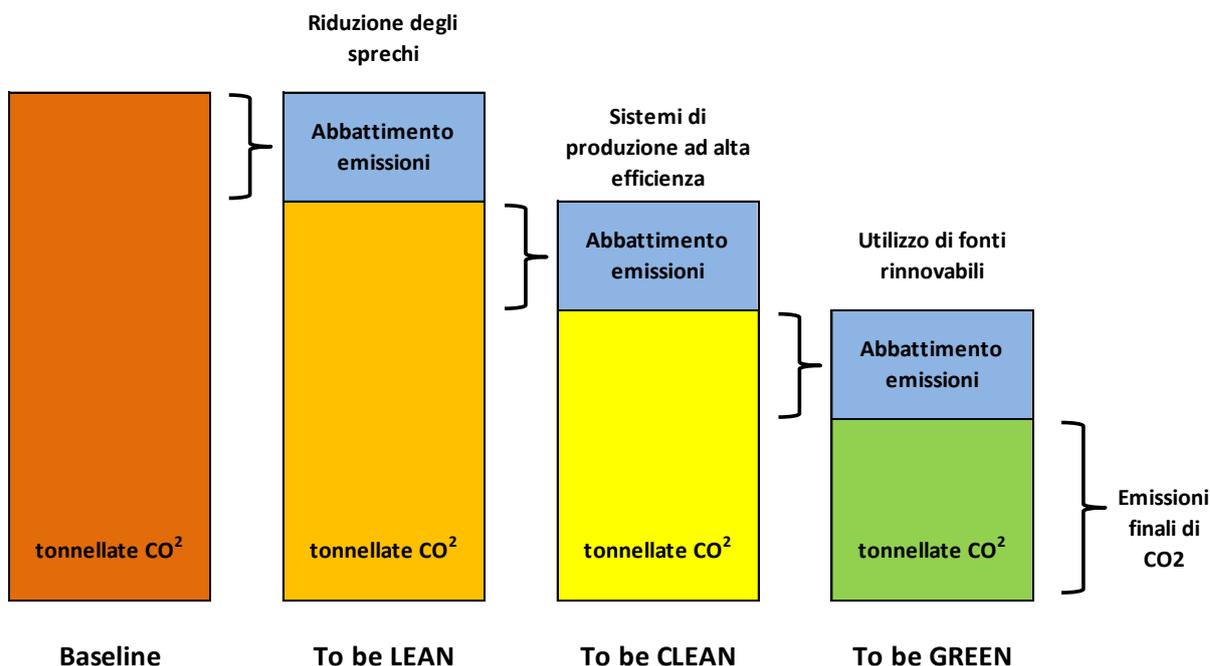
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell’Università di Genova e riportati all’Allegato I – Dati Climatici;
- i) Individuazione della “baseline 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:

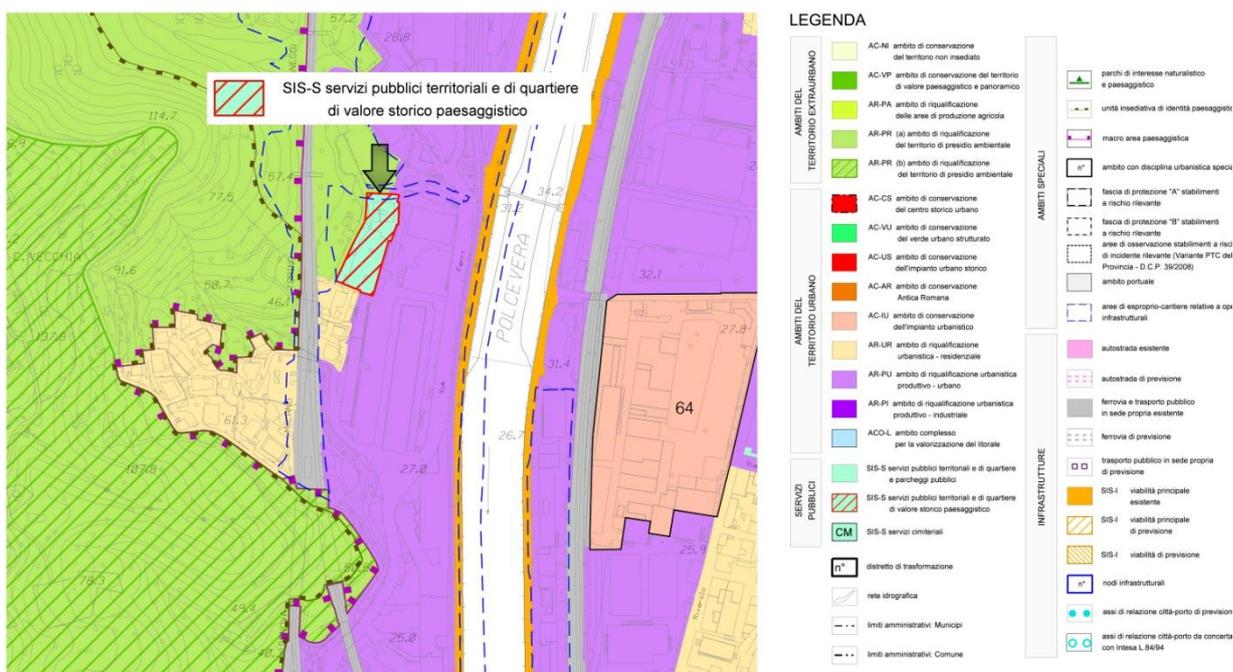
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 di valore storico paesaggistico.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

Villa Sanguineti è localizzata a Trasta, una frazione del quartiere genovese di Rivarolo, nella bassa val Polcevera. Il territorio di Trasta occupa la parte più a valle del versante destro della valle dell'omonimo torrente, affluente di destra del Polcevera. Il nucleo principale del borgo sorge alla confluenza del torrente Trasta nel Polcevera ed è attraversato dalla strada in sponda destra della val Polcevera e collegato da un ponte stradale e da una passerella pedonale con il centro di Teglia, situato sulla sponda opposta del Polcevera.

L'edificio “villa Sanguineti” ospita al piano primo la scuola per l'infanzia “Capitini” e al piano secondo la scuola primaria “Sanguineti”. Per la sua ubicazione accoglie bambini provenienti da tutto il quartiere. E' un edificio dei primi del 900 circa, che nel tempo è stato oggetto di alcuni interventi di ristrutturazione. Il più significativo ha riguardato l'inserimento del corpo della palestra a sud/sud-est e successivamente più recentemente l'adeguamento antincendio. Altri interventi nel tempo hanno riguardato un cambio parziale degli infissi e il rifacimento della controsoffittatura (2014-15 circa).

Recentemente l'edificio è stato oggetto di forti proteste del quartiere nei confronti del comune di Genova, che aveva previsto il trasloco della scuola per renderlo sede degli uffici del cantiere per il terzo valico. Una variante al progetto ha permesso la coabitazione tra i cantieri del terzo valico ferroviario e l'abitato di Trasta in Valpolcevera, mantenendo la scuola, riconosciuta insieme al parco, come un importante presidio sociale per i cittadini del quartiere.

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.

L’edificio comprende la scuola primaria - Villa Sanguineti con 5 classi mono sezione (140 alunni) e la scuola dell’infanzia “Capitini” con 3 sezioni (75 bambini), entrambe facenti parte della struttura dell’Istituto Comprensivo Teglia. Pertanto, ogni anno, la scuola è frequentata da circa 215 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 primaria oggetto della DE, è disposto su tre livelli principali: al piano terra ci sono l’atrio di ingresso, la palestra, un’aula informatica, il refettorio, la cucina, la dispensa e i servizi igienici; al primo ci sono tre aule, una stanza multifunzione, un refettorio per i piccoli e i servizi igienici; al secondo ci sono cinque aule e i servizi igienici. Tre locali interrati nella zona nord dell’edificio sono destinati a magazzino e locali tecnici.

La Scuola ha a sud un grande giardino con alberi secolari ed essenze pregiate, utilizzato dai bambini della scuola e del quartiere.

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

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



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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Interrato	Locali tecnici e magazzino	[m ²]	117,47	-	-
Terra	Ingresso, dispensa, cucina, refettorio, palestra, sala medica e servizi igienici	[m ²]	424,52	331,97	-
Primo	Aule didattiche e servizi igienici	[m ²]	326,55	244,18	-
Secondo	Aule didattiche e servizi igienici	[m ²]	326,55	237,33	-
TOTALE		[m ²]	1.195,09	813,48	-

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

L'edificio “Villa Sanguineti”, insieme al bellissimo parco adiacente, è una donazione fatta dalla famiglia Sanguineti, importante famiglia ligure, che ha voluto lasciarlo al quartiere specificando che dovesse essere assegnata ad una scuola.

Dal punto di vista storico l'edificio, localizzato a Trasta, è una villa d'epoca dei primi del 900, in passato casa privata della famiglia Sanguineti, e rappresenta un notevole esempio di architettura dei primi del 900. L'edificio è sottoposto, insieme al parco, a verifica di interesse culturale ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. n.42 del 22 gennaio 2004.

Pertanto, seppure l'edificio non sia ancora stato riconosciuto bene di interesse Storico ed Artistico nell'analisi delle EEM si è ritenuto utile l'identificazione delle possibili interferenze con le caratteristiche architettoniche e storico-artistiche dell'edificio.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Sostituzione infissi	[Storico – Artistico]		[Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici]
EEM 2: Cappotto interno	[Storico – Artistico]		[Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici]
EEM 3: Generatore di calore a condensazione	[Storico – Artistico]		[Mantenimento dei medesimi posizionamenti ed ingombri delle macchine]
EEM 4: Circolatori a giri variabili	[Storico – Artistico]		-
EEM 5: Valvole termostatiche	[Storico – Artistico]		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

Nessuna delle misure precedentemente indicate presenta interferenze con le caratteristiche architettoniche e storico-artistiche dell'edificio.

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.

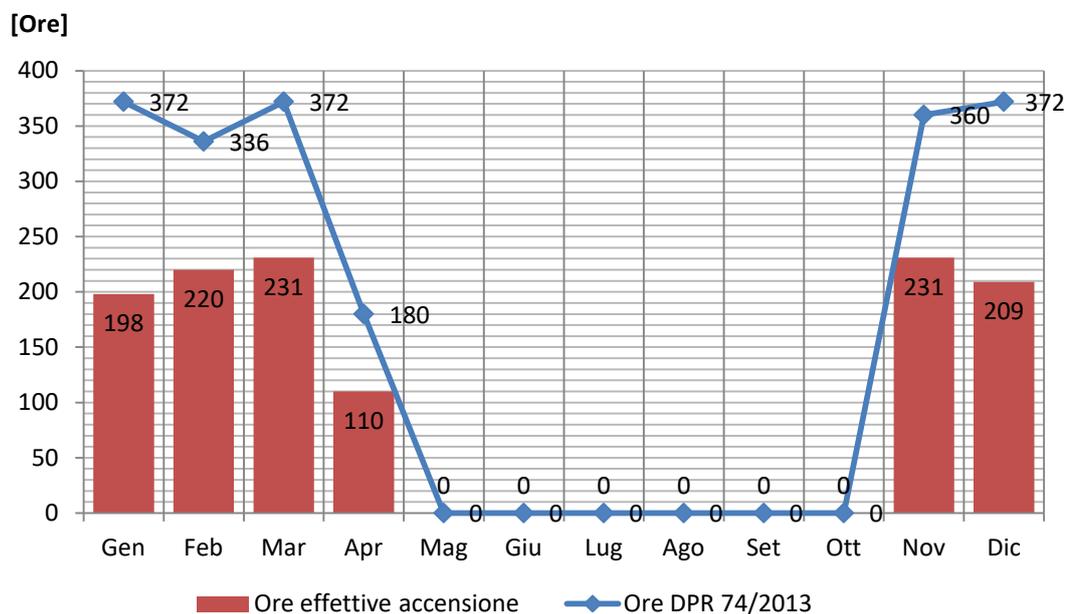
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
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

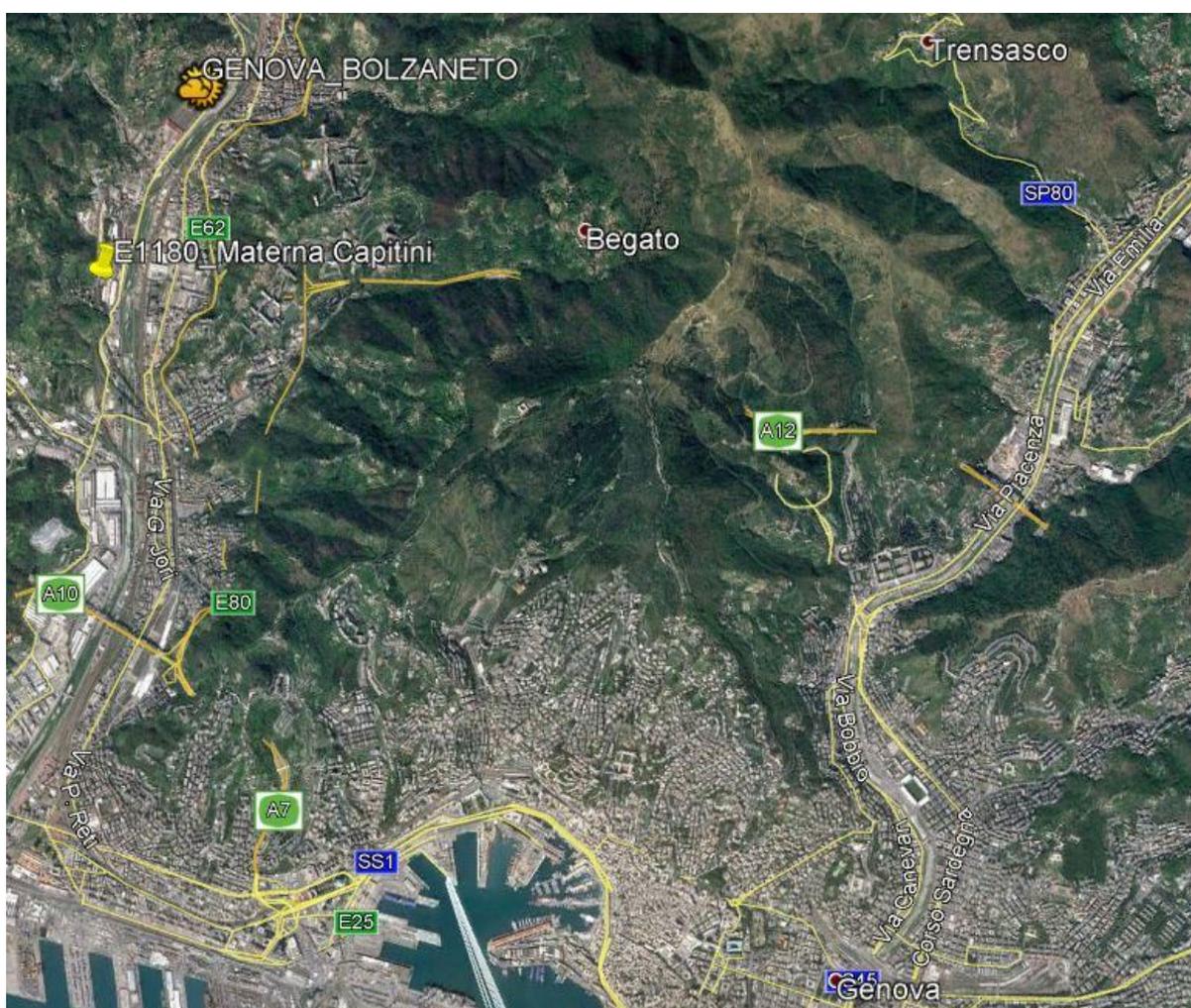
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

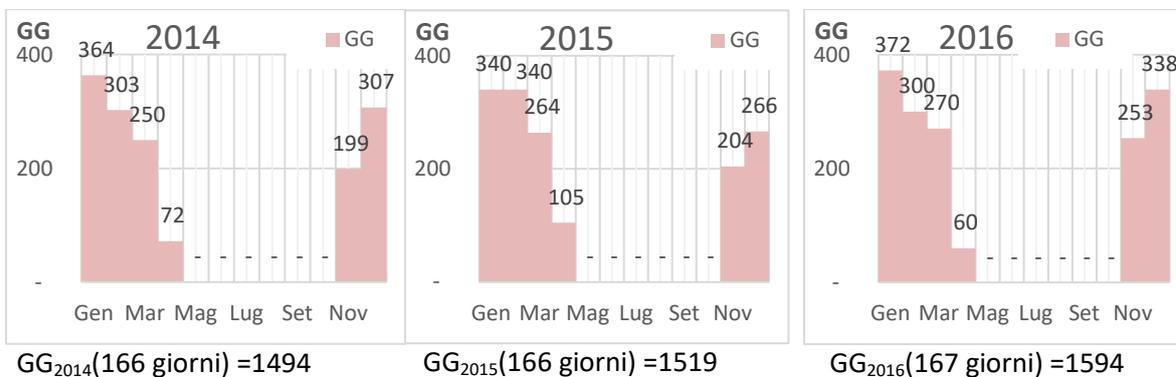


3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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

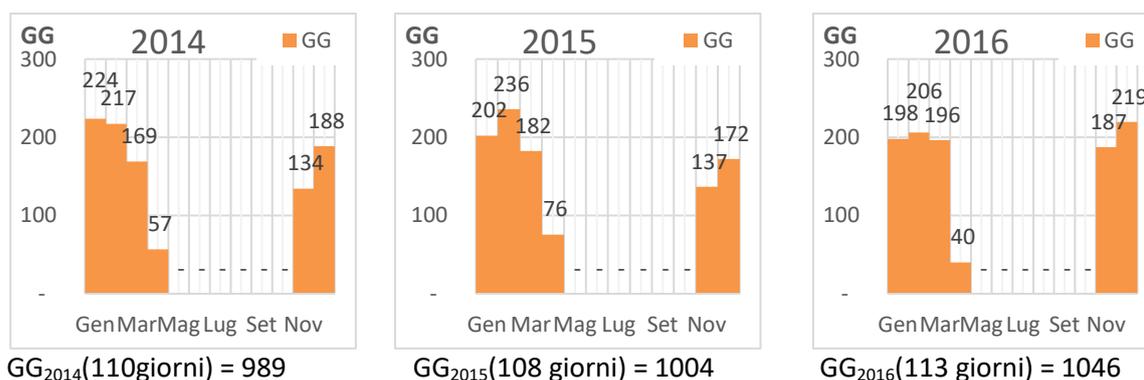


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto 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 portante in pietrame misto con spessori decrescenti dal basso verso l'alto, che vanno da 70 a 60 cm. La muratura è intonacata su entrambi i lati e, ad ogni piano è uguale su tutti i fronti dell'edificio, ad eccezione del blocco della palestra che ha una struttura a telaio in c.a. e tamponatura in laterizio a cassetta con intercapedine d'aria. Sono presenti nicchie sottofinestra all'interno delle quali sono alloggiati i radiatori.

Il solaio di copertura è realizzato da un elemento di plafone in putrelle e laterizio con sovrastante struttura a padiglione e manto di copertura in lastre di ardesia. Il solaio di copertura della palestra è piano in laterocemento. Nell'interrato sono presenti ambienti voltati con volte in pietrame. Volte a padiglione dovrebbero essere presenti anche al di sotto dei controsoffitti di alcune aule del piano secondo.

Questa soluzione realizzativa non presenta problematiche particolari, se non nella zona palestra, più fredda rispetto al resto 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".

L'Indagine endoscopica delle strutture non è stata necessaria grazie alla possibilità di eseguire dei saggi sulla muratura dei locali seminterrati e in altre zone dell'edificio (anche in corrispondenza del solaio della palestra).

Figura 4.1 - Particolare della muratura esterna



Figura 4.2 - Particolare del solaio della palestra



La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

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

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete del fronte nord



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	SPESORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Solaio interpiano	SL01	[22,5]	[assente]	[1,68]	[discreto]
Solaio Copertura palestra	SL03	[32,4]	[assente]	[1,66]	[mediocre]
Solaio di plafone	SL04	[18,5]	[assente]	[1,88]	[mediocre]
Volta in pietrame	SL05	[24,5]	[assente]	[1,57]	[mediocre]
Parete esterna verticale	[MR01]	[60]	[assente]	[2,008]	[mediocre]
Parete esterna palestra	[MR08]	[34]	[assente]	[1,27]	[mediocre]

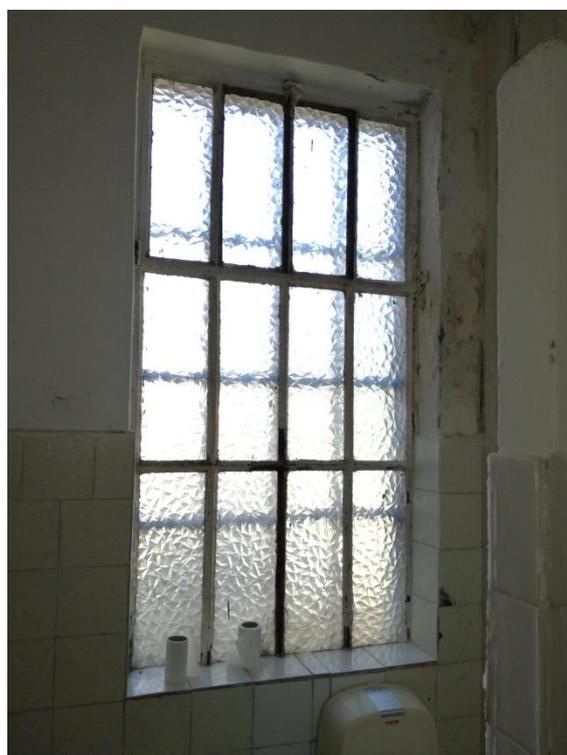
L’elenco completo dei componenti dell’involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell’ Allegato J – Schede di Audit.

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti di diverse tipologie. Gli infissi originari dell’edificio sono in legno con vetro singolo e sono presenti solo nel refettorio e nella cucina a piano terra. Sempre a piano terra le porte finestre di accesso alla cucina, alla palestra e alla scuola (ingresso secondario) sono in ferro con vetro singolo. I serramenti delle aule al piano primo e secondo sono tutti in PVC con

vetrocamera, mentre quelli della palestra e dei servizi a piano terra sono in PVC con vetro singolo. Tutti gli infissi presentano un sistema di schermatura esterno a persiana, ad eccezione di quelli della palestra, del refettorio e della cucina. Gli infissi in legno e in ferro a piano terra hanno notevoli problematiche di tenuta all'aria e all'acqua, oltre che di elevatissime dispersioni termiche. La tipologia ricorrente su tutti i fronti è quella a due ante. Il portone di ingresso principale è in legno.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



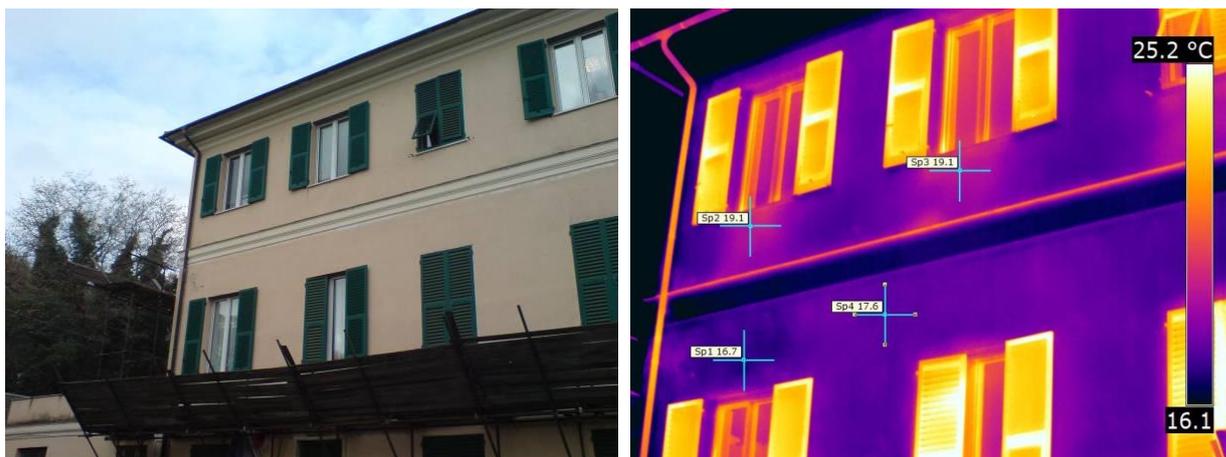
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- 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 al piano secondo e terzo sul fronte principale



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 a due ante (PT)	WN02	[1.20x2.00]	legno	Vetro singolo	4,64	peissimo
Serramento porta finestra cucina	WN03	[1.20x3.00]	ferro	Vetro singolo	6,15	peissimo
Serramento a due ante	WN04	[1.20x2.30]	PVC	Vetrocamera	2,98	discreto
Serramento a due ante	WN05	[1.20x3.30]	PVC	Vetro singolo	4,58	discreto
Serramento a due ante	WN06	[1.20x2.30]	PVC	Vetro singolo	4,60	discreto
Serramento a due ante (palestra)	WN07 WN10	[1.20x2.00]	PVC	Vetro singolo	4,57	discreto
Serramento porta finestra palestra	WN08	[1.75x3.00]	ferro	Vetro singolo	6,12	peissimo
Serramento a due ante con sopra luce	WN09	[1.40x3.00]	ferro	Vetro singolo	6,16	peissimo
Serramento ad un'anta	WN11	[0.60x2.00]	PVC	Vetro singolo	4,57	discreto
Serramento ad un'anta	WN12	[0.70x2.05]	PVC	Vetrocamera	2,97	discreto
Serramento a due ante con sopra luce	WN13	[1.20x2.05]	PVC	Vetrocamera	2,95	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

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un sistema con fluido termovettore acqua, da un generatore di calore a terra alimentato a gas metano e installato in centrale termica, un

gruppo di circolazione costituito da due pompe gemellari a giri costanti, un sistema di distribuzione a colonne montanti ed un sistema di emissione a radiatori.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.6 - Particolare terminale di emissione

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

- Piastre radianti su parete esterna non isolata;
- Piastre radianti su parete interna.

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo i radiatori erano in funzione a pieno regime.



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola materna Capitini e Scuola elementare Sanguineti	Radiatore su parete esterna non isolata	90%
Scuola materna Capitini e Scuola elementare Sanguineti	Radiatore su parete interna	93%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]
Terra	Su parete esterna non isolata	2	1,52	3,04	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	3	1,30	3,90	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	2	0,65	1,30	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	2	1,41	2,82	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	2	1,73	3,46	-	-
Terra	Su parete esterna non isolata	2	1,67	3,33	-	-
Terra	Su parete interna	1	0,68	0,68	-	-
Terra	Su parete interna	1	2,03	2,03	-	-
Terra	Su parete interna	1	1,22	1,22	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	2	1,52	3,04	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	3	1,73	5,19	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	2	1,62	3,24	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	1	1,08	1,08	-	-

Primo	Su parete esterna non isolata	2	1,41	2,82	-	-
Primo	Su parete esterna non isolata	2	1,84	3,68	-	-
Primo	Su parete interna	1	1,89	1,89	-	-
Primo	Su parete interna	1	2,43	2,43	-	-
Primo	Su parete interna	1	1,35	1,35	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	4	1,84	7,36	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	2	1,62	3,24	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	1	1,08	1,08	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	1	2,03	2,03	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	3	1,95	5,85	-	-
Secondo	Su parete esterna non isolata	2	0,54	1,08	-	-
	Su parete interna	1	3,11	3,11	-	-
	Su parete interna	1	3,08	3,08	-	-
	Su parete interna	2	0,41	0,82	-	-
TOTALE		48	-	74,15	-	-

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 pari a 12,2°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 4.7 - Particolare del sistema di termoregolazione in CT

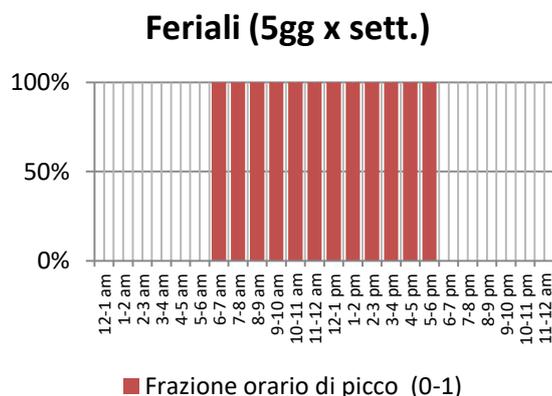


Figura 4.8 - Centralina di controllo in CT



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

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica –Scuola materna Capitini e Scuola elementare Villa Sanguineti



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola materna Capitini e	Climatica centralizzata on/off	86%
Scuola elementare Sanguineti	Climatica centralizzata on/off	86%

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 di riscaldamento. (fluido termovettore acqua).

1) **Circuito di riscaldamento:** è presente una pompa gemellare di circolazione per la distribuzione dal generatore ai terminali di emissione.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito di riscaldamento 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 1 Riscaldamento	P1 mandata acqua calda a radiatori	n.d.	n.d.	0,340 (1)
TOTALE		n.d.	n.d.	0,340

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

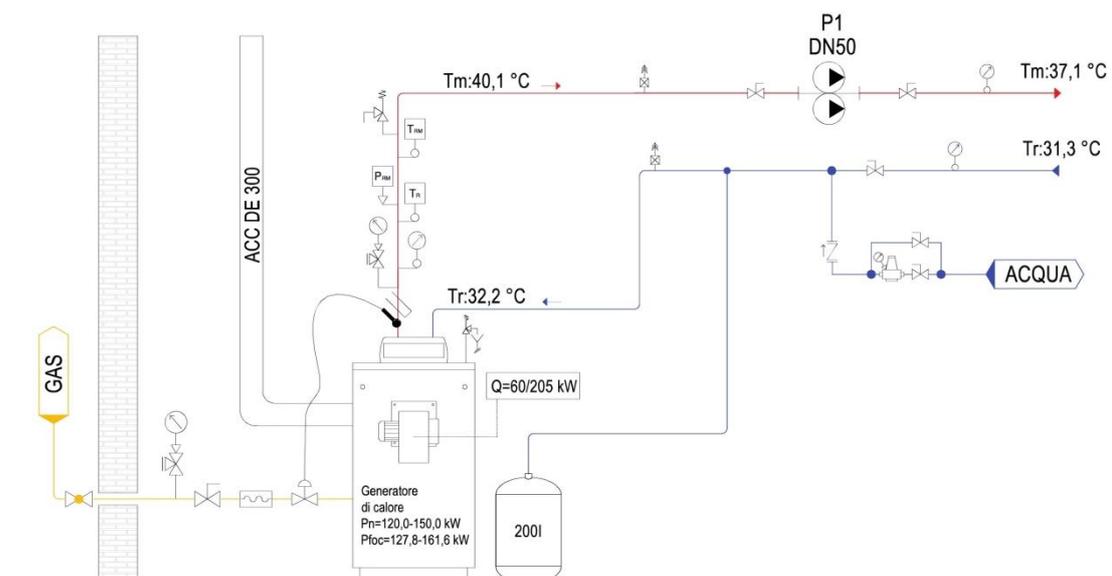
CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Asilo nido 1	Mandata	Caldo	40,1 (2)	80 (1)
	Ritorno	Caldo	32,2 (2)	70 (1)

Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo; Nota (2): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si sono rilevate temperature notevolmente più basse rispetto ai valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo.

Tale differenza può essere dovuta al fatto che la temperatura di mandata impostata sul generatore sia più bassa.

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto



Al fine di rilevare le temperature sui 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. dell’ Allegato J – Schede di Audit.

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da un generatore a basamento alimentato a gas metano con potenza termica al utile pari a 150 kW marca Unical modello TRISECAL 3P 150.

Il bruciatore a servizio del generatore di calore è di marca BALTUR, modello BTG 20P, avente portata termica pari a 60/205 kW.

Figura 4.11- Particolare del generatore di calore

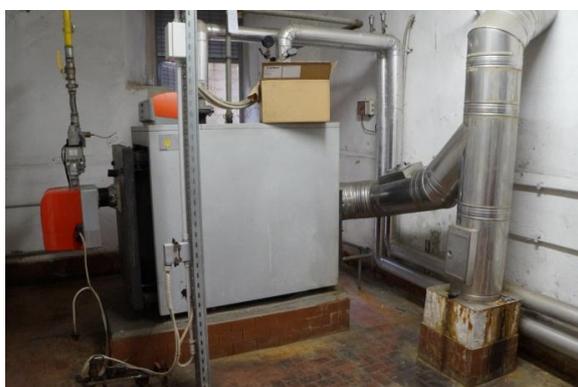


Figura 4.12 - Particolare del generatore di calore



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	UNICAL	TRISECAL3P150	2004	161,6 (1)	150,0 (1)	93,6 (3)	0,150 (2)
Bru 1 Riscaldamento	BALTUR	BTG 20P	2014	-	205,0 (1)	-	0,360 (1)

Nota (1): Valore ricavato da dati di targa;

Nota (2): Valore desunto da scheda tecnica di generatore di simili caratteristiche;

Nota (3): Valore ricavato sul libretto di centrale.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 75%.

Dal libretto di centrale, nella sezione relativa alle prove fumi, sono stati rilevati e confrontati i rendimenti di combustione del generatore installato. Il valore del rendimento di combustione alla data del 16/03/2017 è pari a 93,6%.

Si sottolinea che secondo quanto rilevato in sede di sopralluogo il generatore funziona regolarmente.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

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

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

La produzione è eseguita tramite un bollitore elettrico per produzione di acqua calda sanitaria, installati localmente nei servizi igienici.

Il numero complessivo di bollitori elettrici installati è pari a 2.

La produzione di ACS della cucina è realizzata attraverso una caldaia murale a gas di Marca Rinnai, mod. Infinity 16.



Figura 4.14 - Particolare della caldaia murale per produzione di ACS in cucina



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100% (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 ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

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

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Scuola dell’infanzia	Stereo	1	250	250	100
	TV	1	300	300	100
	Distributore	1	200	200	5.520
Scuola elementare	Frigorifero	1	380	380	5.520
	Freezer	1	1500	1.500	300
	Forno	1	2000	2000	200
	Cappa	1	300	300	200
	Lavastoviglie	1	1500	1.500	200
	LIM	3	340	1.020	100
	PC	14	220	3080	100
	Montacarichi	1	800	800	100
	Distributore	1	200	200	5.520

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.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero tubolare e a basso consumo in funzione della tipologia di utilizzo dei locali:

- Lampade a neon installate in controsoffitto all’ingresso e nelle aule;
- Lampade a neon installate a soffitto nelle aule, nei locali della lavanderia e nei servizi;
- Lampade a basso consumo installate a parete nelle aule.

Figura 4.15- Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle sale espositive



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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

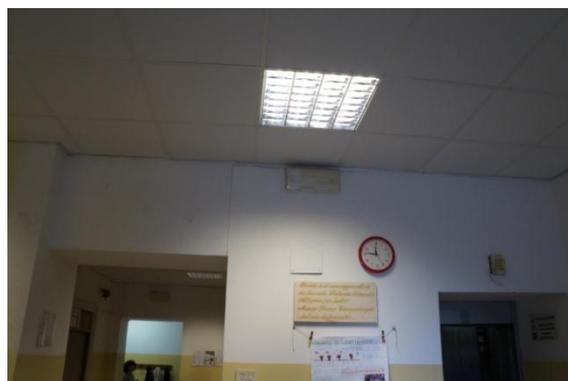
ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Scuola Capitini-Sanguineti	Tubolare	24	72 (2x36)	1.728
	Tubolare	5	36 (1x36)	180
	Tubolare	58	72 (4x18)	3.744
	Tubolare	8	36 (2x18)	216
	Tubolare	5	116 (2x58)	580
	Tubolare	4	18 (1x18)	72

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 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti



Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti



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;
- Gasolio;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano; per un periodo del 2014 il vettore utilizzato è stato il Gasolio.

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [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
Gasolio	11,87 (*)	0,85	n/a	n/a	10,09

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della scuola;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della mensa scolastica;
- Usi cottura.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa 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			2015			2016		
		[Litri]	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
16220050599529	Riscaldamento	6000	2325	7604	7383	82435	71629	69548		
03270030199444	ACS/ Uso cottura	-	2289	2333	2432	21562	21972	22914		

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

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

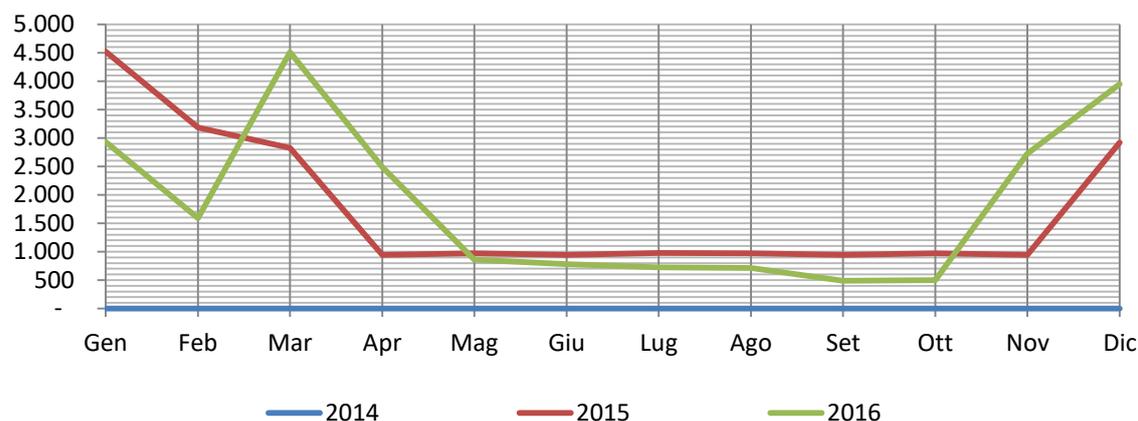
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 03270030199444	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	480	311	-	4.522	2.930
Febbraio	-	338	169	-	3.184	1.592
Marzo	-	300	479	-	2.826	4.512
Aprile	-	100	264	-	942	2.487
Maggio	-	103	91	-	970	857
Giugno	-	100	83	-	942	782
Luglio	-	104	77	-	980	725
Agosto	-	103	76	-	970	716
Settembre	-	100	52	-	942	490
Ottobre	-	103	53	-	970	499
Novembre	-	100	289	-	942	2.722
Dicembre	-	310	419	-	2.920	3.947
Totale	-	2.241	2.363	-	21.110	22.259

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati

[kWh]



Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 52,0 Sm³, e un valore di massimo prelievo pari a 479,0 Sm³.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 110 GIORNI	GG _{RIF} SU 110 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 905GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	989	905	8.751	82.458	83,4	75.457	-	21.562
2015	1.004	905	7.604	71.650	71,4	64.567	-	21.972
2016	1.046	905	7.383	69.568	66,5	60.146	-	22.914
Media	1.013	905	7.913	74.559	73,6	66.587	-	22.149

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

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

Tabella 5.5 –Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ALTRO}	22.149
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	66.587
$Q_{baseline}$	88.737

5.1.2 Energia elettrica

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

- Edificio scolastico.

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096828	Edificio scolastico	20.979	22.868	22.923	22.257
TOTALE		20.979	22.868	22.923	VALORE MEDIO FATTURATO 22.257

Come si evince dalla Tabella 5.6 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 coincidente; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 20.979 kWh)
- Per il 2015 l’analisi delle fatture ha prodotto dati inferiori del 2% circa; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 23.387 kWh)
- Per il 2016 l’analisi delle fatture ha prodotto dati inferiori dell’8% circa; (valori desunti dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 24.883 kWh)

Il dato medio desumibile dall’analisi delle fatture si discosta dunque dal dato di fornito dalla PA di circa il 3,5% in meno (valore desunto dal file “kyotoBaseline-EXXXX”: 23.083 kWh).

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 23.083 kWh.

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

POD: IT001E00096828	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.832	345	408	2.585
Feb - 14	1.789	326	350	2.465
Mar - 14	1.887	341	354	2.582
Apr - 14	1.392	238	285	1.915
Mag - 14	1.735	294	327	2.356
Giu - 14	569	118	169	856
Lug - 14	93	39	66	198
Ago - 14	259	72	79	410
Set - 14	913	198	170	1.281
Ott - 14	1.625	370	419	2.414

Nov - 14	1.401	259	324	1.984
Dic - 14	1.298	258	377	1.933
Totale	14.793	2.858	3.328	20.979
POD: IT001E00096828	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.546	342	426	2.314
Feb - 15	1.724	343	376	2.443
Mar - 15	1.889	350	390	2.629
Apr - 15	1.373	261	337	1.971
Mag - 15	1.352	298	388	2.038
Giu - 15	1.015	244	331	1.590
Lug - 15	511	175	264	950
Ago - 15	300	143	277	720
Set - 15	885	245	292	1.422
Ott - 15	1.715	407	416	2.538
Nov - 15	1.660	258	394	2.312
Dic - 15	1.262	289	390	1.941
Totale	15.232	3.355	4.281	22.868
POD: IT001E00096828	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	1.455	328	383	2.166
Feb - 16	1.587	350	371	2.308
Mar - 16	1.500	321	364	2.185
Apr - 16	1.500	379	435	2.314
Mag - 16	1.563	332	382	2.277
Giu - 16	1.067	288	387	1.742
Lug - 16	436	166	263	865
Ago - 16	326	141	242	709
Set - 16	853	231	261	1.345
Ott - 16	1.506	350	418	2.274
Nov - 16	1.682	335	434	2.451
Dic - 16	1.389	370	528	2.287
Totale	14.864	3.591	4.468	22.923

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	1.611	338	406	2.355
Febbraio	1.700	340	366	2.405
Marzo	1.759	337	369	2.465
Aprile	1.422	293	352	2.067
Maggio	1.550	308	366	2.224
Giugno	884	217	296	1.396

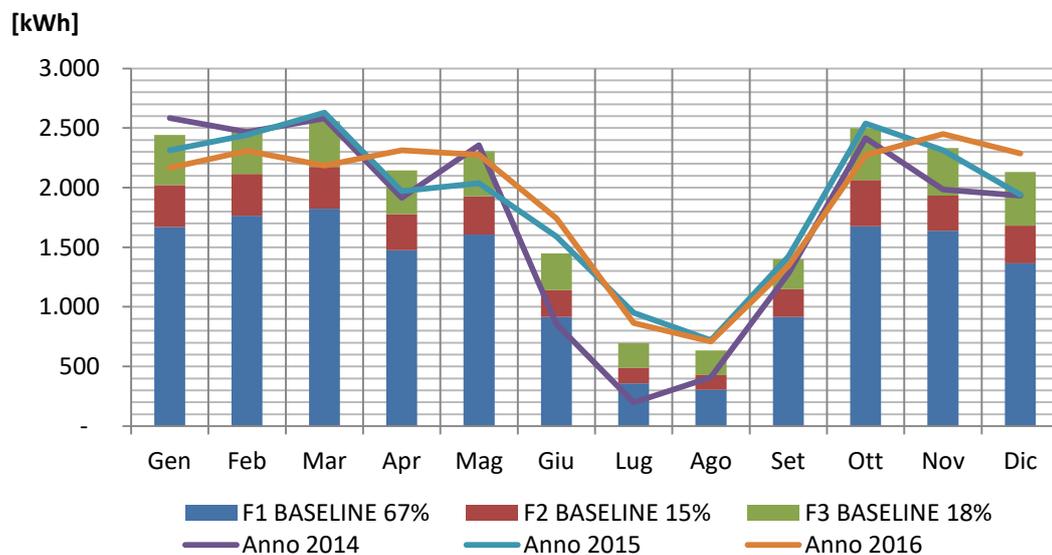
Luglio	347	127	198	671
Agosto	295	119	199	613
Settembre	884	225	241	1.349
Ottobre	1.615	376	418	2.409
Novembre	1.581	284	384	2.249
Dicembre	1.316	306	432	2.054
Totale	14.963	3.268	4.026	22.257

Tabella 5.8 – Consumi mensili di baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.671	351	421	2.442
Febbraio	1.763	352	379	2.495
Marzo	1.824	350	383	2.557
Aprile	1.474	304	365	2.143
Maggio	1.608	319	379	2.306
Giugno	916	225	307	1.448
Luglio	360	131	205	696
Agosto	306	123	207	636
Settembre	916	233	250	1.399
Ottobre	1.675	390	433	2.498
Novembre	1.640	295	398	2.332
Dicembre	1.365	317	448	2.130
Totale	15.519	3.389	4.175	23.083

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

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

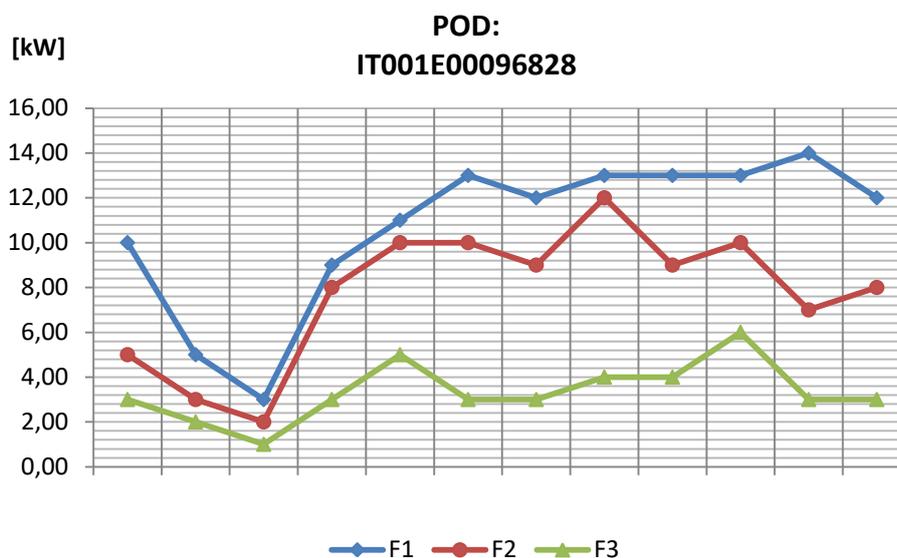


I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti con l'utilizzo del fabbricato. La presenza di una base di consumo sempre presente anche in assenza di utilizzo dell'immobile potrebbe essere imputata ad alcune fra le seguenti cause:

- Presenza di attrezzature elettriche, come peraltro già definite nel paragrafo 4.4 e dettagliatamente nella tabella 4.10, 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 IT001E00096828



Il prelievo di potenza massima è pari a 14,0 kW e si verifica nel mese di Aprile 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
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

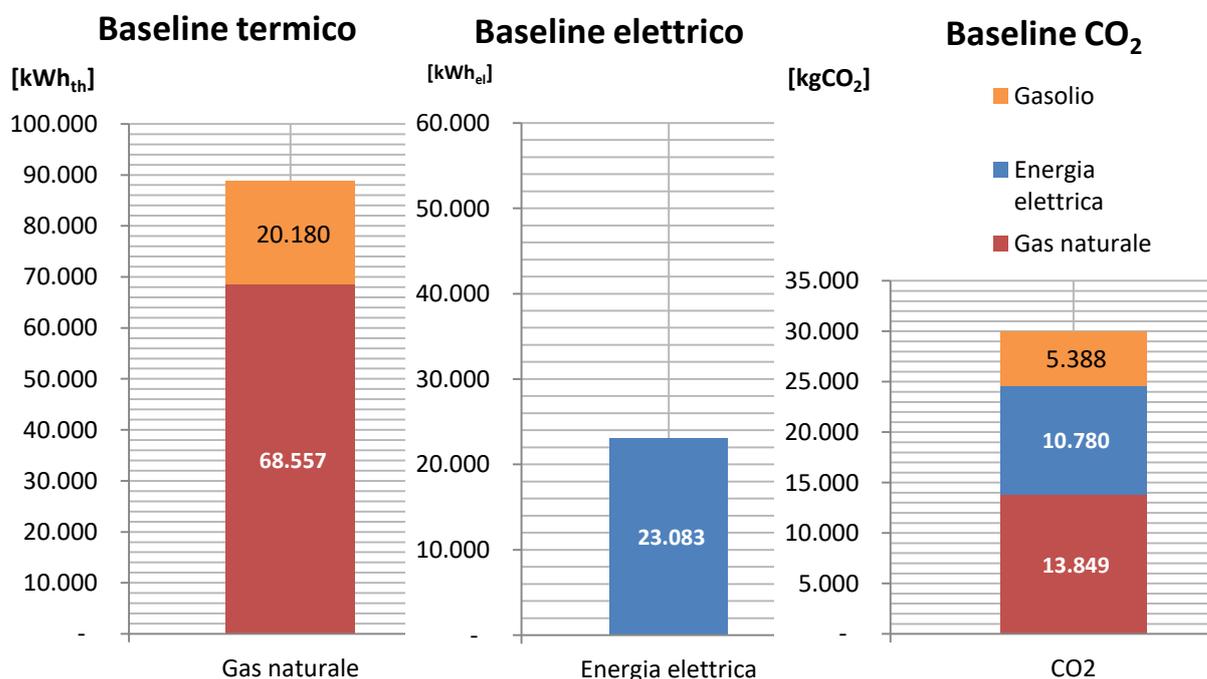
* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE		FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]	
Energia elettrica	23.083	* 0,467	10,780	
Gas naturale	68.557	* 0,202	13,849	
Gasolio	20.180	*0,267	5,388	

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
Gasolio	1,07	0	1,07

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 .

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	813	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.195	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	4.340	m ³

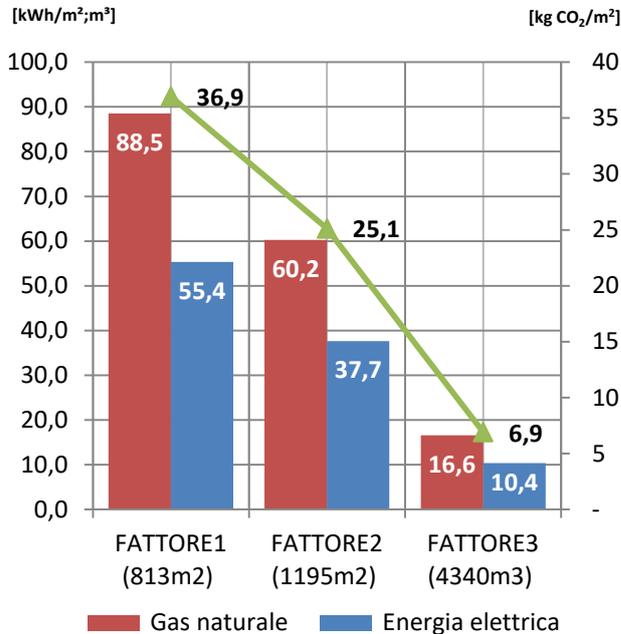
Nella Tabella 5.13 e nella Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di Audit.

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

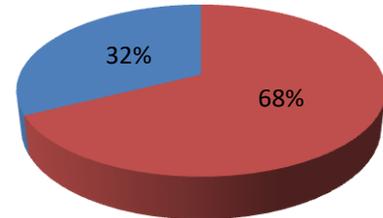
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	68.557	1,05	71.985	88,5	60,2	16,6	17,03	11,59	3,19
Gasolio	20.180	1,07	21.593	26,6	18,1	5,0	6,63	4,51	1,24
Energia elettrica	23.083	2,42	55.861	68,7	46,7	12,9	13,26	9,02	2,48
TOTALE			149.438	184	125	34	37	25	7

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

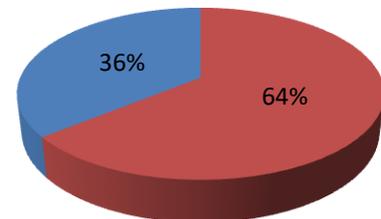
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	68.557	1,05	71.985	88,5	60,2	16,6	17,03	11,59	3,19
Gasolio	20.180	1,07	21.593	26,6	18,1	5,0	6,63	4,51	1,24
Energia elettrica	23.083	1,95	45.012	55,4	37,7	10,4	13,26	9,02	2,48
TOTALE			138.589	170	116	32	37	25	7

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 ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	14,669	13,203	13,042	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	15,999	17,836	17,604

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 / m ² 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	373.627	361.461
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	317.185	315.981
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	27.10	21.84
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	27.59	22.24
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1.74	1.40
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	90.42	85.07

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]
Gas Naturale	25.576,45 [mc/anno]	252.976
Energia Elettrica	21.057,96 [kWh/anno] + 6.060 [kWh/anno]	52.880

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

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

Dove:

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

- $E_{baseline}$ è il consumo energetico reale di baseline dell’edificio assunto rispettivamente pari al $Q_{baseline}$ e a $EE_{baseline}$

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

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

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

Nota (*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor facendo riferimento alle targhe degli apparecchi, ai tempi di utilizzo degli stessi ed i relativi coefficienti di contemporaneità.

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 le effettive condizioni d’uso dello stesso.

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	161,5545	151,7933
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	115,2766	114,5032
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	16,9401	13,6501
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	27,5989	22,2388

Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,7389	1,4012
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	44,89	40,54

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	9.526	89.739
Energia Elettrica		22382

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]	[%]
89.739	88.737	1,1

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]	[%]
22083	23.083	4,3

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

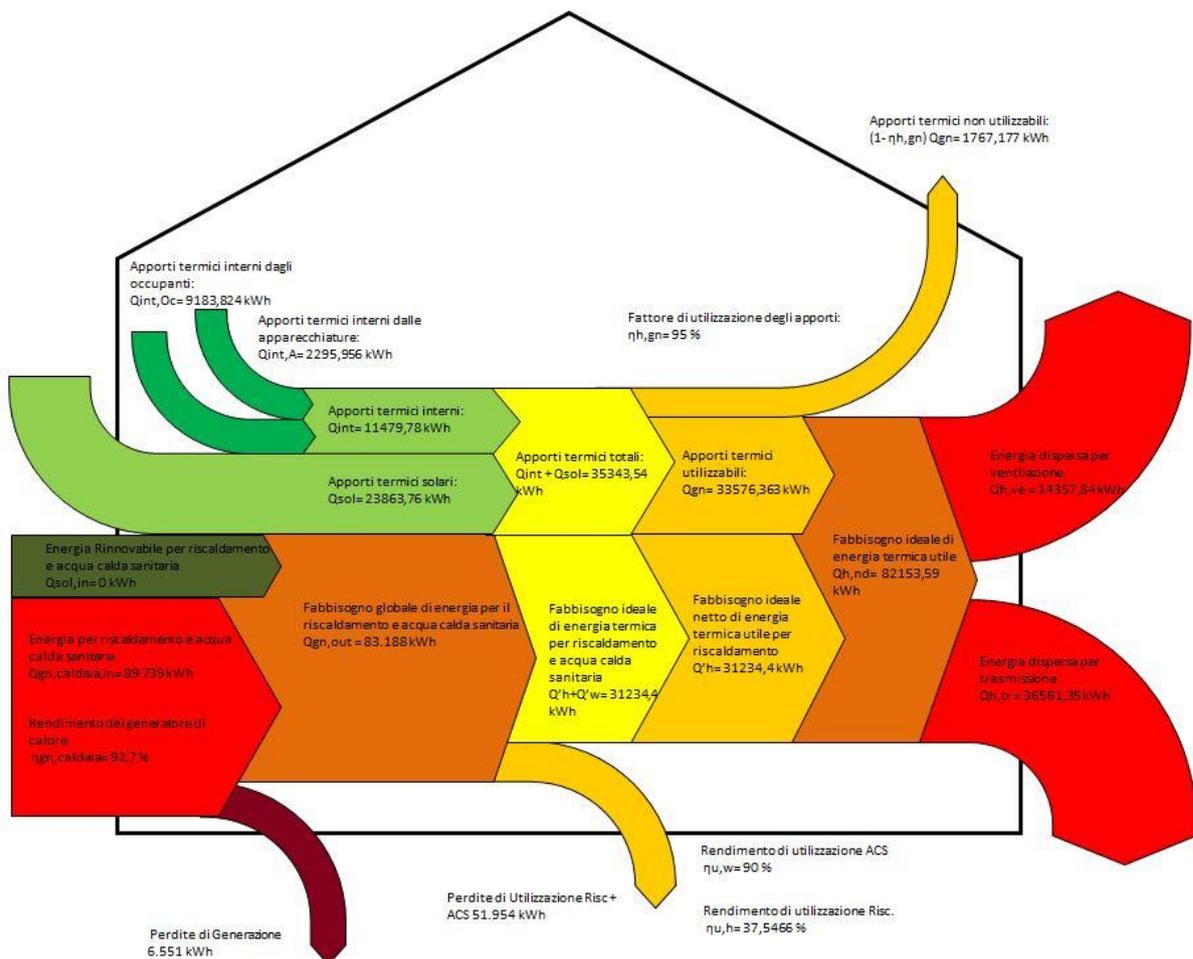
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

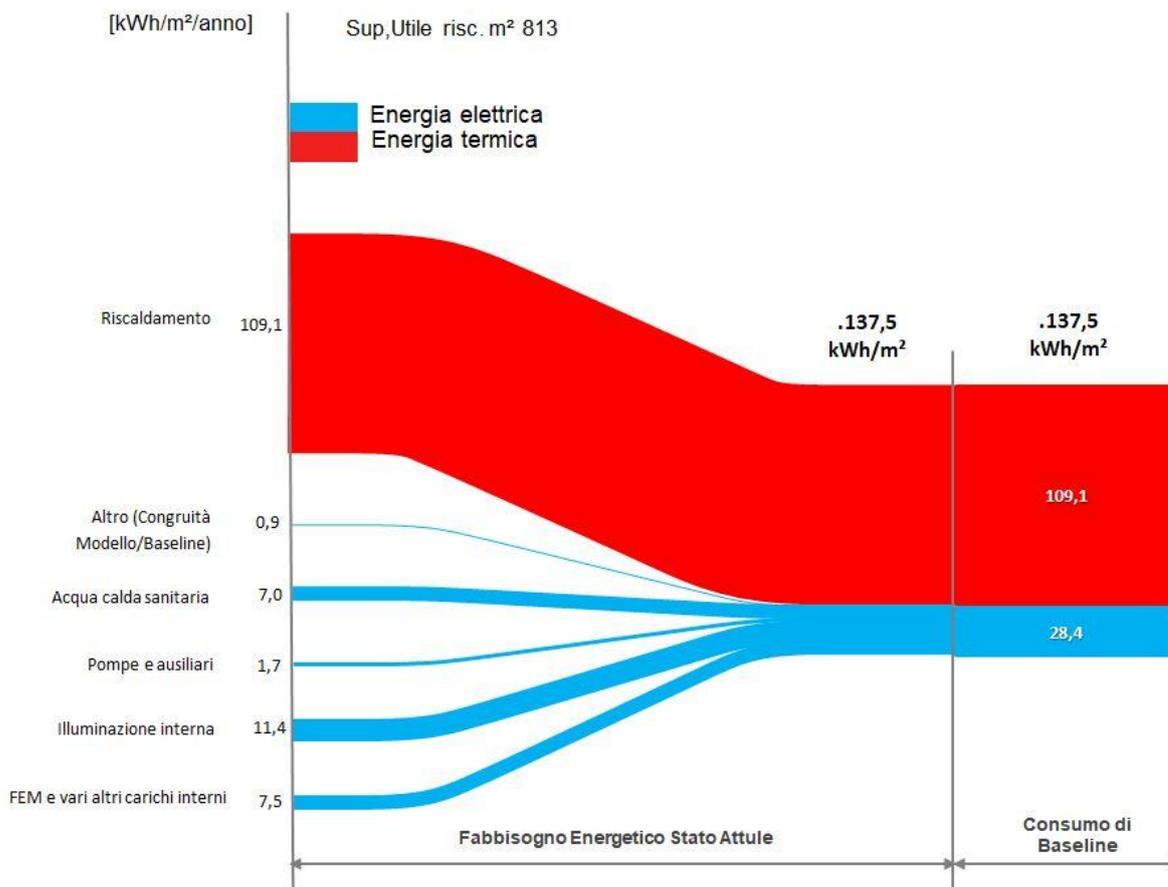
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che le perdite di generazione sono notevoli.

E' 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 – Congruit ”   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.

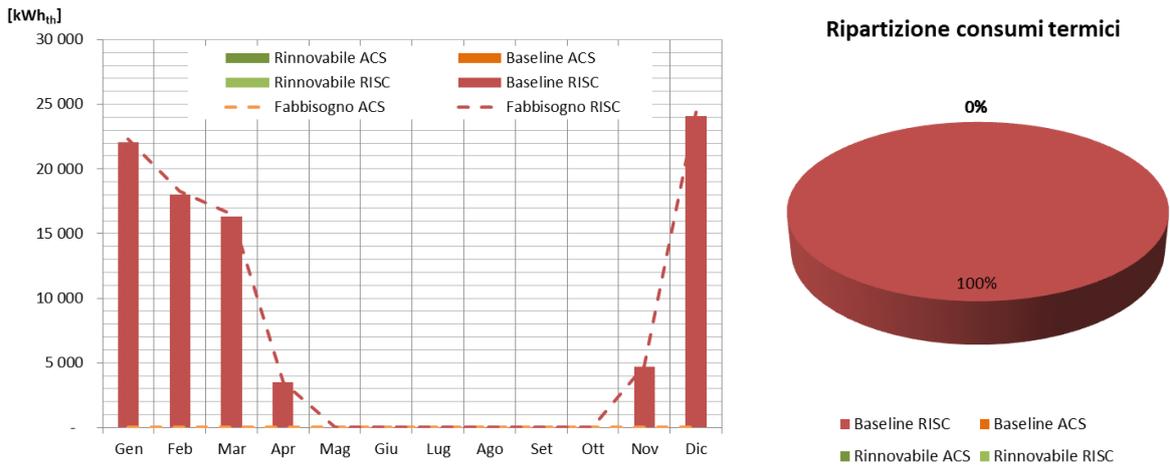
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruit ” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

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

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE. Tale profilo pu  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   riportato in Figura 6.3.

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



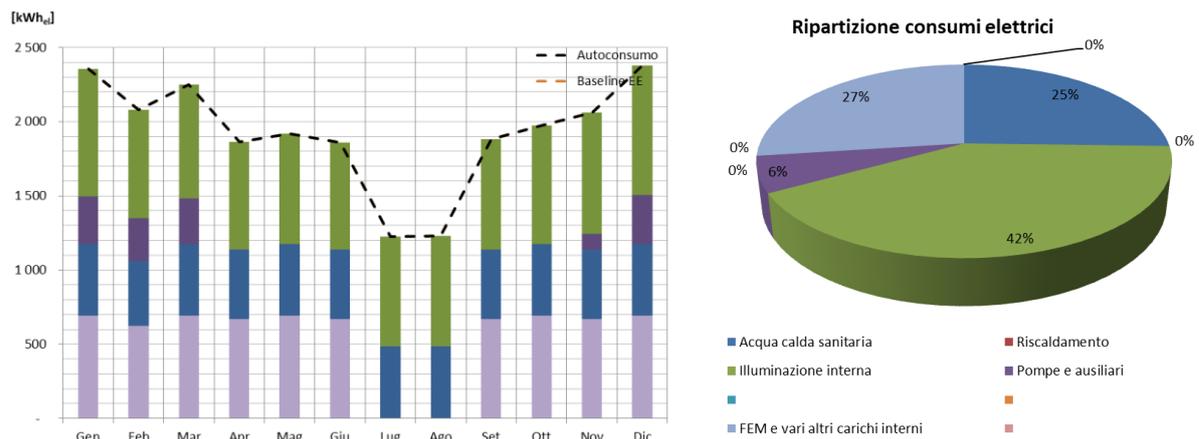
Si può notare come la totalità parte dei consumi termici sia da attribuirsi all’utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente i componenti impiantistici e dell’involucro deputati a tale scopo.

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 6.061 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’utilizzo delle attrezzature ascrivibili alla destinazione d’uso tipica dell’edificio. I consumi elettrici sono imputabili per la maggior parte all’illuminazione interna, ma anche all’utilizzo di boiler elettrici per la produzione di acqua calda sanitaria.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 16220050599529: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA ;
- PDR 2 – 3270030199444: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR: 03270030199444	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA DEI MOLINUSSI, 7 – GENOVA (GE)				
Dati di intestazione fattura	N.D.	Comune di Genova GE			
Società di fornitura	N.D.	IREN MERCATO SPA	ENI SPA	ENI SPA	ENERGETIC SPA
Inizio periodo fornitura	N.D.	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	N.D.	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Classe del contatore	N.D.	G0006	G0006	G0006	G0006
Tipologia di contratto	N.D.	PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO			
Opzione tariffaria (*)	N.D.	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato	Costo indicizzato
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	N.D.	1,02332800	1,02332800	1,02332800	1,02332800
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	N.D.	38,190 MJ/Smc	38,190 MJ/Smc	38,190 MJ/Smc	38,190 MJ/Smc
Prezzi di fornitura del combustibile (*)	N.D.	0,04548 €/kWh	0,02823 €/kWh	0,02706 €/kWh	0,02294 €/kWh

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

Nota (*): 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 termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

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

PDR: 03270030199444	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR: 03270030199444	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	206	4	111	96	92	509	4.522	0,113
Febbraio	145	4	78	68	65	360	3.184	0,113
Marzo	129	4	69	60	58	320	2.826	0,113
Aprile	28	4	17	21	15	85	942	0,091
Maggio	29	4	9	22	14	78	970	0,080
Giugno	28	4	9	21	14	76	942	0,081
Luglio	28	4	10	22	14	77	980	0,079
Agosto	28	4	10	22	14	77	970	0,079
Settembre	27	4	9	21	13	74	942	0,079
Ottobre	27	4	10	22	14	76	970	0,078
Novembre	26	4	9	21	13	74	942	0,079
Dicembre	78	4	43	54	38	217	2.920	0,074
Totale	778	46	384	451	364	2.022	21.110	0,096
PDR: 03270030199444	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	78	4	44	54	39	219	2.930	0,075
Febbraio	62	6	13	26	18	125	1.592	0,079
Marzo	112	4	93	85	76	370	4.512	0,082
Aprile	52	3	32	56	31	174	2.487	0,070
Maggio	18	3	11	19	11	62	857	0,072
Giugno	17	3	10	18	10	57	782	0,073

Luglio	16	3	9	16	10	54	725	0,074
Agosto	16	3	9	16	10	53	716	0,074
Settembre	11	3	6	11	7	37	490	0,076
Ottobre	12	3	6	11	7	39	499	0,078
Novembre	66	3	32	61	36	197	2.722	0,072
Dicembre	96	3	46	89	51	284	3.947	0,072
Totale	555	36	310	463	306	1.670	22.259	0,075

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

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

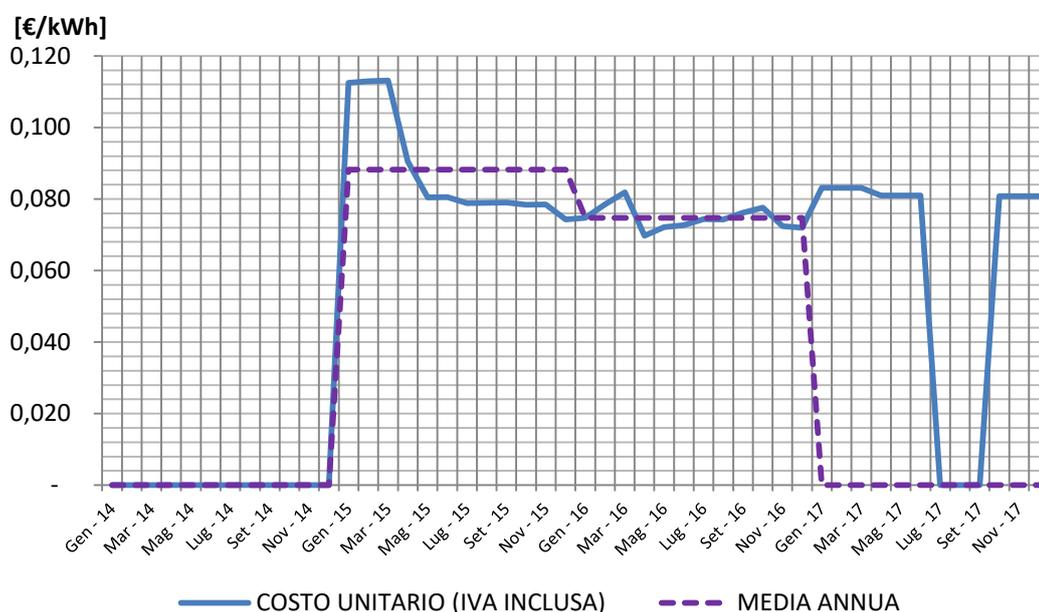
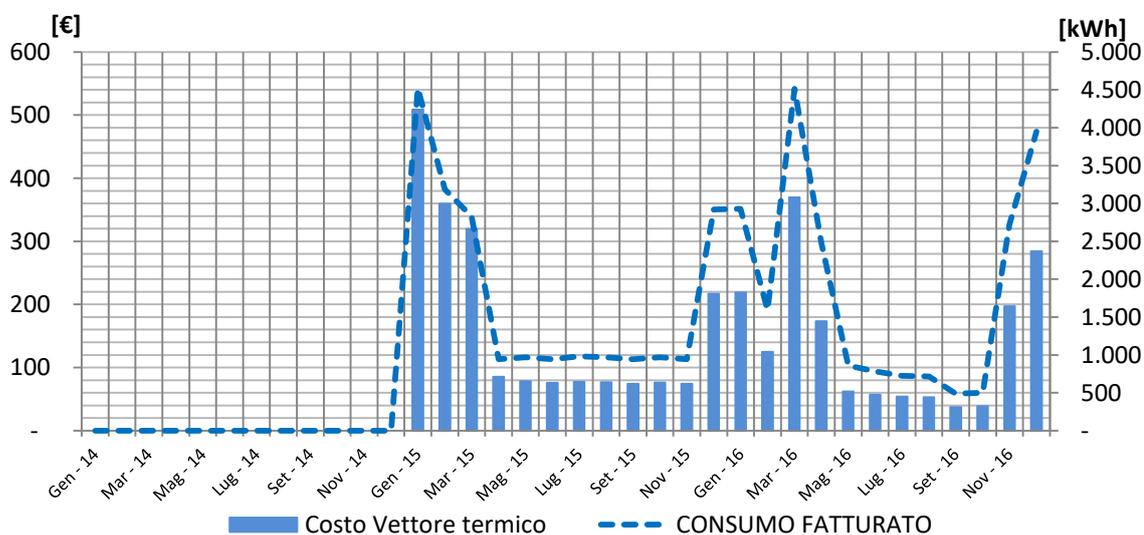


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi è influenzato dalla presenza di fatture con consumi stimati e non sempre conguagliate in modo da poter ripartire gli stessi in maniera coerente con l’utilizzo dell’edificio.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096828: 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 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.3 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096828	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura	VIA MOLINUSSI, 7 – GENOVA (GE)				
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 Energia SpA	Edison Energia SpA	GALA SpA	GALA SpA	IREN MERCATO SpA
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/01/2015	01/03/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	28/02/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	13 kW	13 kW	13 kW	13 kW	13 kW
Potenza elettrica disponibile	53 kW	53 kW	53 kW	53 kW	53 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria	Tri-oraria
Prezzi del fornitura dell’energia elettrica ⁽²⁾	0,07492 €/kWh	0,07474 €/kWh	0,04158 €/kWh	0,03096 €/kWh	0,04819 €/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 7.4 si riporta l’andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.4 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00096 828	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	194	28	293	32	120	668	2.585	0,258
Feb – 14	186	29	250	31	109	604	2.465	0,245
Mar – 14	195	30	253	32	112	623	2.582	0,241
Apr – 14	144	26	206	24	88	488	1.915	0,255
Mag – 14	178	37	248	29	108	601	2.356	0,255
Giu – 14	63	13	124	11	46	258	856	0,301
Lug – 14	14	2	78	2	21	118	198	0,597



E1180 – Scuola materna “Capitini” e Scuola elementare “Villa Sanguineti”

Ago – 14	30	6	62	5	23	126	410	0,308
Set – 14	97	19	146	16	61	338	1.281	0,264
Ott – 14	180	32	240	30	106	589	2.414	0,244
Nov – 14	149	26	208	25	90	497	1.984	0,251
Dic – 14	142	28	204	24	-	399	1.933	0,206
Totale	1.572	277	2.312	262	885	5.308	20.979	0,253
POD: IT001E00096 828	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	172	27	319	29	55	603	2.314	0,260
Feb – 15	183	29	236	31	48	526	2.443	0,216
Mar – 15	198	31	248	33	51	561	2.629	0,213
Apr – 15	81	22	201	25	33	362	1.971	0,184
Mag – 15	80	23	204	25	33	366	2.038	0,179
Giu – 15	63	18	172	20	27	300	1.590	0,188
Lug – 15	35	11	114	12	17	190	950	0,200
Ago – 15	27	7	106	9	15	164	720	0,228
Set – 15	54	16	154	18	24	266	1.422	0,187
Ott – 15	80	25	260	32	40	436	2.538	0,172
Nov – 15	74	26	241	29	37	407	2.312	0,176
Dic – 15	61	22	210	24	32	349	1.941	0,180
Totale	1.109	259	2.465	286	412	4.530	22.868	0,198
POD: IT001E00096 828	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	64	22	214	27	33	360	2.166	0,166
Feb – 16	62	24	253	29	37	404	2.308	0,175
Mar – 16	81	22	233	27	36	400	2.185	0,183
Apr – 16	76	38	223	29	37	402	2.314	0,174
Mag – 16	82	37	240	28	39	426	2.277	0,187
Giu – 16	67	29	199	22	32	349	1.742	0,200
Lug – 16	39	19	131	11	20	220	865	0,254
Ago – 16	27	15	119	9	17	187	709	0,264
Set – 16	62	28	168	17	28	303	1.345	0,225
Ott – 16	132	35	242	28	44	480	2.274	0,211
Nov – 16	160	39	255	31	49	534	2.451	0,218
Dic – 16	140	36	243	29	45	492	2.287	0,215
Totale	990	344	2.522	287	414	4.557	22.923	0,199

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

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

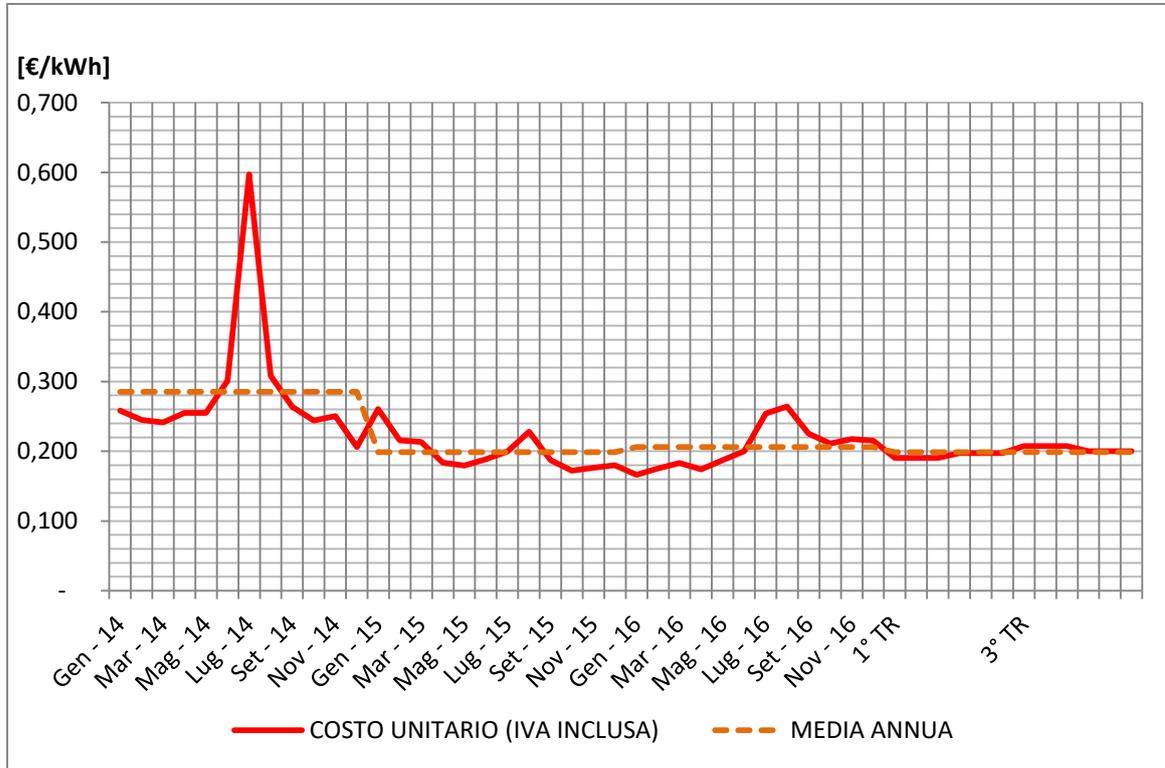
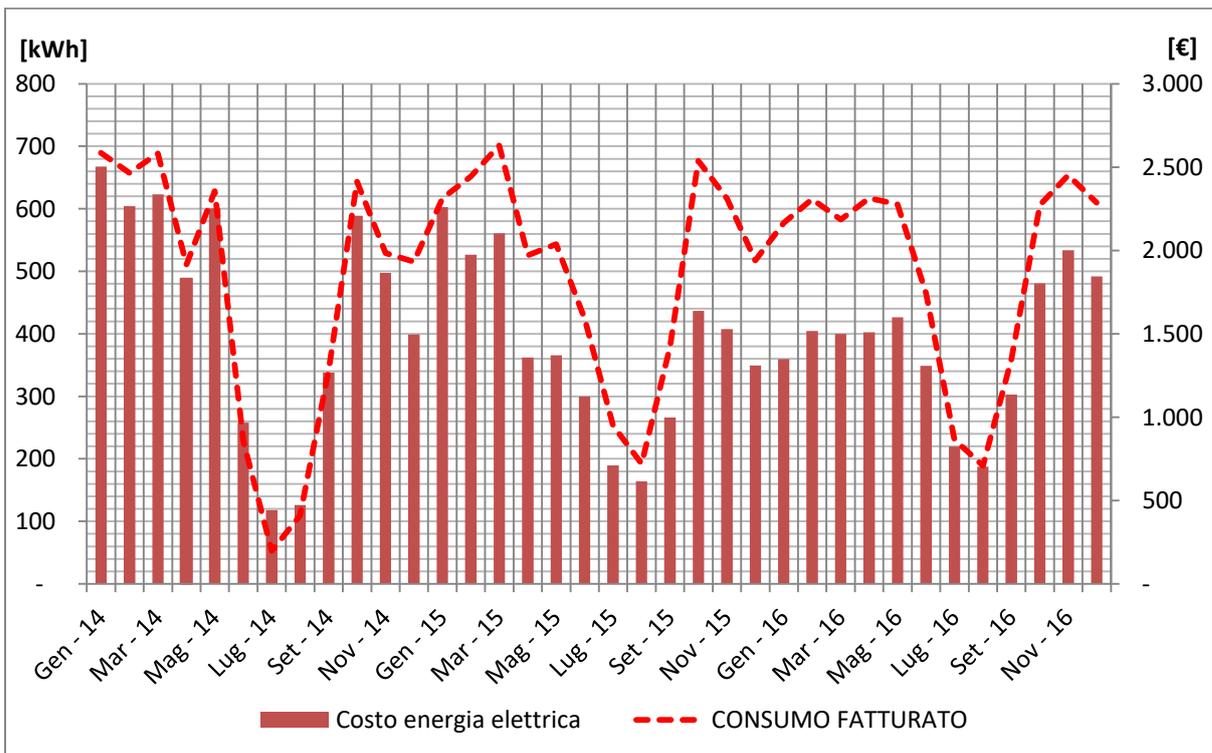


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



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 7.5 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.5 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	n.d.	n.d.	n.d.	20.979	5.308	0,253	n.d.
2015	21.110	2.022	0,096	22.868	4.530	0,198	7.757
2016	22.259	1.670	0,075	22.923	4.557	0,199	6.078
2017	-	-	0,0823	-	-	0,198	-
Media	21.685	1.846	0,0844	22.257	4.798	0,212	6.918

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	CU _Q	0,082 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	CU _{EE}	0,199 [€/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 - 101: 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 15.211,51 €.

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 7.7.

Tabella 7.7 – 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}	6.246 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	1.660 [€/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:

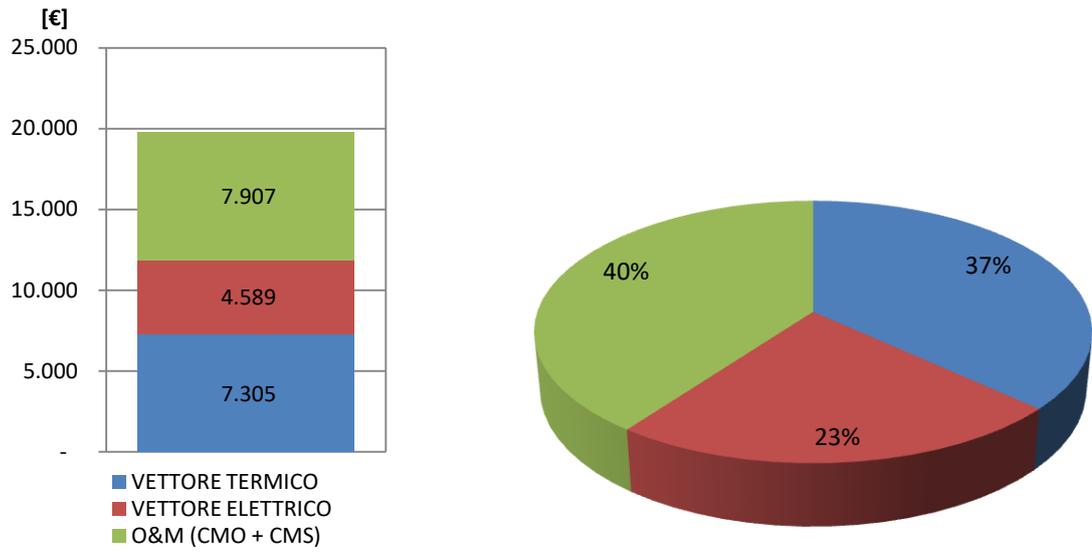
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 11.894 e un $C_{baseline}$ pari a € 19.800.

Tabella 7.8 – 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}	$CQ + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
88.737	0,082	7.305	23.083	0,199	4.589	7.907	6.246	1.660	19.800

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Sostituzione infissi

Generalità

La misura prevede la sostituzione di tutti gli infissi attualmente presenti nell'edificio al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso l'involucro trasparente.

L'installazione di infissi in PVC con vetrocamera e trattamento basso emissivo consente di ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro trasparente, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico e alla riduzione dei consumi termici per la climatizzazione invernale.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione di infissi in PVC richiede la valutazione delle prestazioni energetiche dello stato di conservazione della finestra esistente, al fine di individuare la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Tale misura può ridurre la trasmissione dell'involucro trasparente in modo significativo (20-25%).

Descrizione dei lavori

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

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

Prestazioni raggiungibili

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

Figura 8.1 – Particolare infissi palestra



Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione infissi

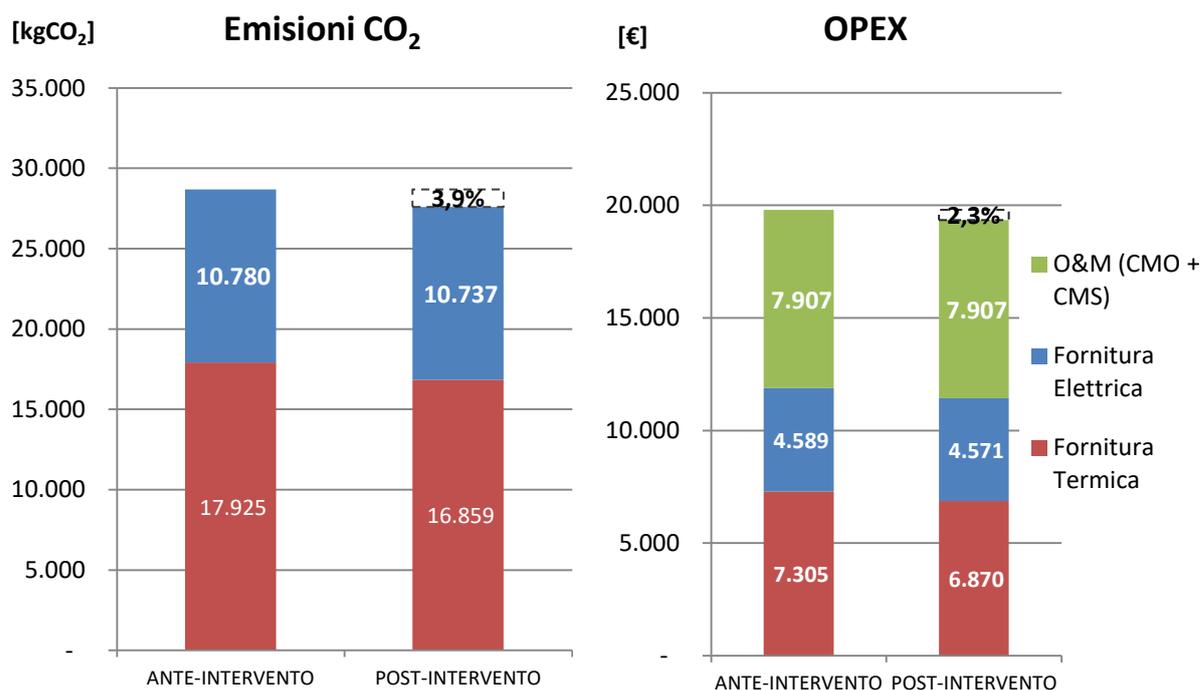
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 (trasmissione termica)	[W/m ² K]	6,342	4,593	27,6%
Q _{teorico}	[kWh]	89.739	84.402	5,9%
EE _{teorico}	[kWh]	22.382	22.294	0,4%
Q _{baseline}	[kWh]	88.737	83.459	5,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	23.083	22.992	0,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.925	16.859	5,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	10.780	10.737	0,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	28.705	27.596	3,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.305	6.870	5,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.589	4.571	0,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.894	11.441	3,8%

C _{MO}	[€]	6.246	6.246	0,0%
C _{MS}	[€]	1.660	1.660	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.907	7.907	0,0%
OPEX	[€]	19.800	19.348	2,3%
Classe energetica	[-]	G	G	-

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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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



EEM2: Cappotto interno

Generalità

La misura prevede l'applicazione di due lastre in lana di vetro rispettivamente dello spessore di 4 e 8 cm, per uno spessore complessivo di 12 cm ed uno strato di finitura consistente di una rasatura e tinteggiatura al fine di ridurre le dispersioni termiche delle murature perimetrali dell'edificio.

L'inserimento di un cappotto interno in 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 parete esterna



Caratteristiche funzionali e tecniche

Il cappotto termico interno è un sistema di isolamento che si installa applicando dei pannelli isolanti nella parte interna delle pareti.

Essendo l'edificio soggetto a vincolo storico-artistico, è necessaria l'applicazione di pannelli all'interno dello spazio riscaldato che non alterino le caratteristiche architettoniche dell'edificio, previa approvazione dell'intervento da parte della Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici.

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 che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.12 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Cappotto interno

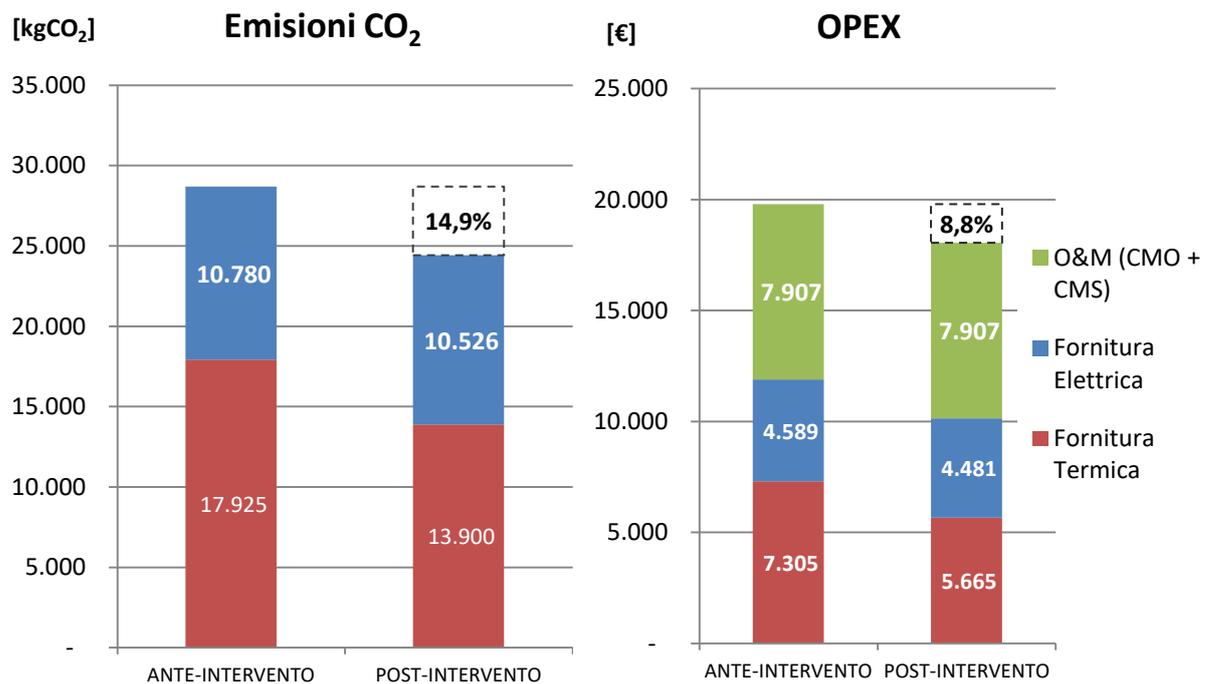
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 (trasmissione termica)	[W/m ² K]	2,26	0,238	89,5%
Q _{teorico}	[kWh]	89.739	69.588	22,5%
EE _{teorico}	[kWh]	22.382	21.856	2,3%
Q _{baseline}	[kWh]	88.737	68.811	22,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	23.083	22.541	2,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.925	13.900	22,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	10.780	10.526	2,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	28.705	24.426	14,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.305	5.665	22,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.589	4.481	2,3%

Fornitura Energia, C_e	[€]	11.894	10.146	14,7%
C _{MO}	[€]	6.246	6.246	0,0%
C _{MS}	[€]	1.660	1.660	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.907	7.907	0,0%
OPEX	[€]	19.800	18.052	8,8%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classe

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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/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 una caldaia modulare murale 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 e la produzione di ACS 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 generatore)	-	93,6	105,6	-12,8%
$Q_{teorico}$	[kWh]	89.739	50.838	43,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	22.382	22.013	1,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	88.737	50.271	43,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	23.083	22.703	1,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.925	10.155	43,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	10.780	10.602	1,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	28.705	20.757	27,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	7.305	4.138	43,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	4.589	4.513	1,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.894	8.652	27,3%

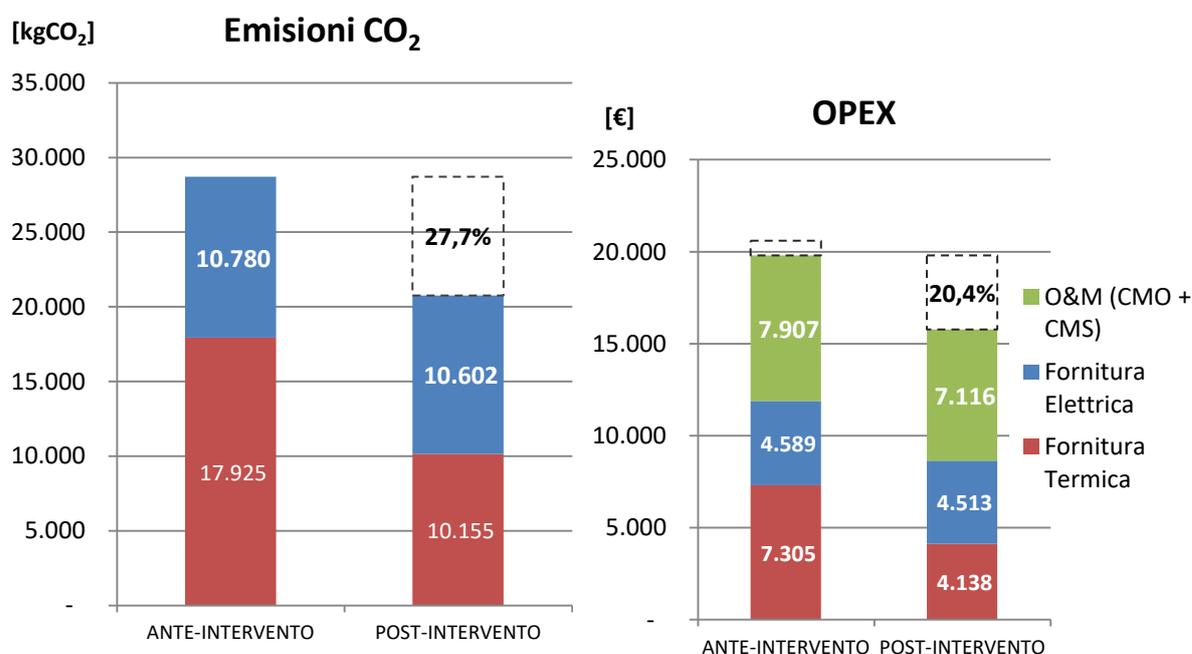
C _{MO}	[€]	6.246	5.622	10,0%
C _{MS}	[€]	1.660	1.494	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.907	7.116	10,0%
OPEX	[€]	19.800	15.768	20,4%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classe

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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/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: 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.

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.

Figura 8.7 – Particolare pompe di circolazione



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 EEM4 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.28.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione pompa inverter

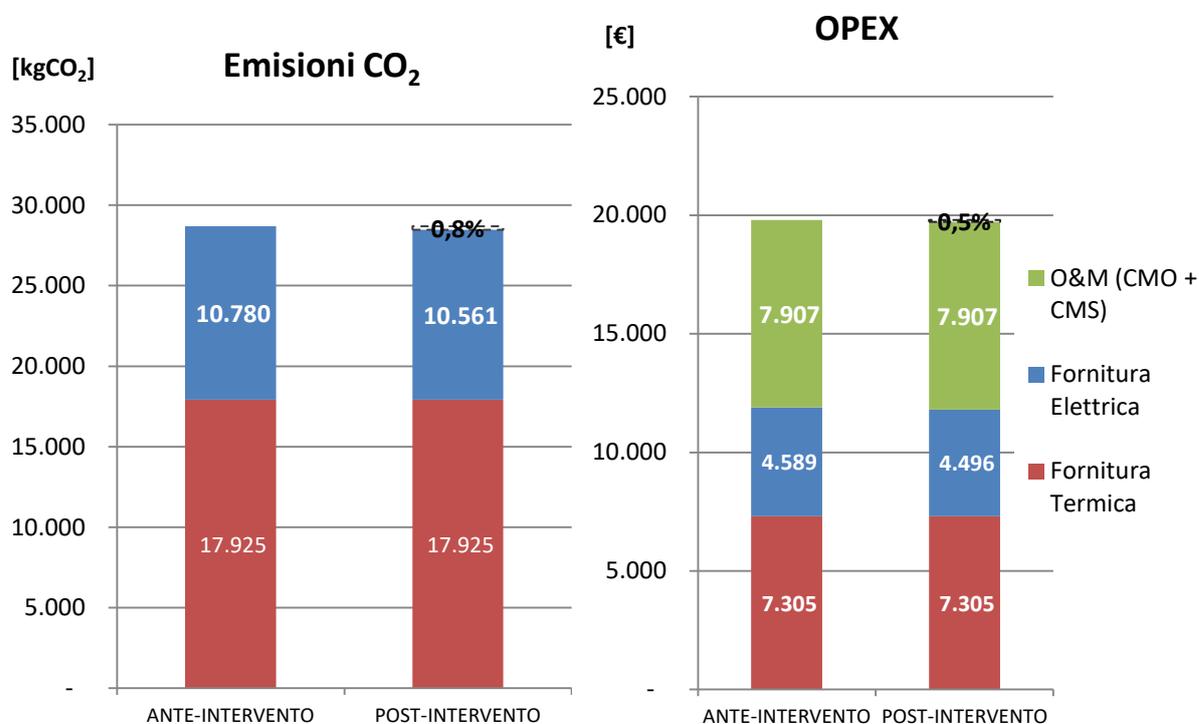
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Assorbimento elettrico	W	340	100	70,6%
Q _{teorico}	[kWh]	89.739	89.738	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	22.382	21.928	2,0%
Q _{baseline}	[kWh]	88.737	88.736	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	23.083	22.615	2,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.925	17.925	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	10.780	10.561	2,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	28.705	28.486	0,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.305	7.305	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.589	4.496	2,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.894	11.801	0,8%
C _{MO}	[€]	6.246	6.246	0,0%
C _{MS}	[€]	1.660	1.660	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.907	7.907	0,0%
OPEX	[€]	19.800	19.707	0,5%

Classe energetica	[-]	G	G	-
-------------------	-----	---	---	---

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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/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: 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 8.9 – 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 EEM5 sono riportati nella Tabella 8.15 e nella Figura 8.210.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione valvole termostatiche

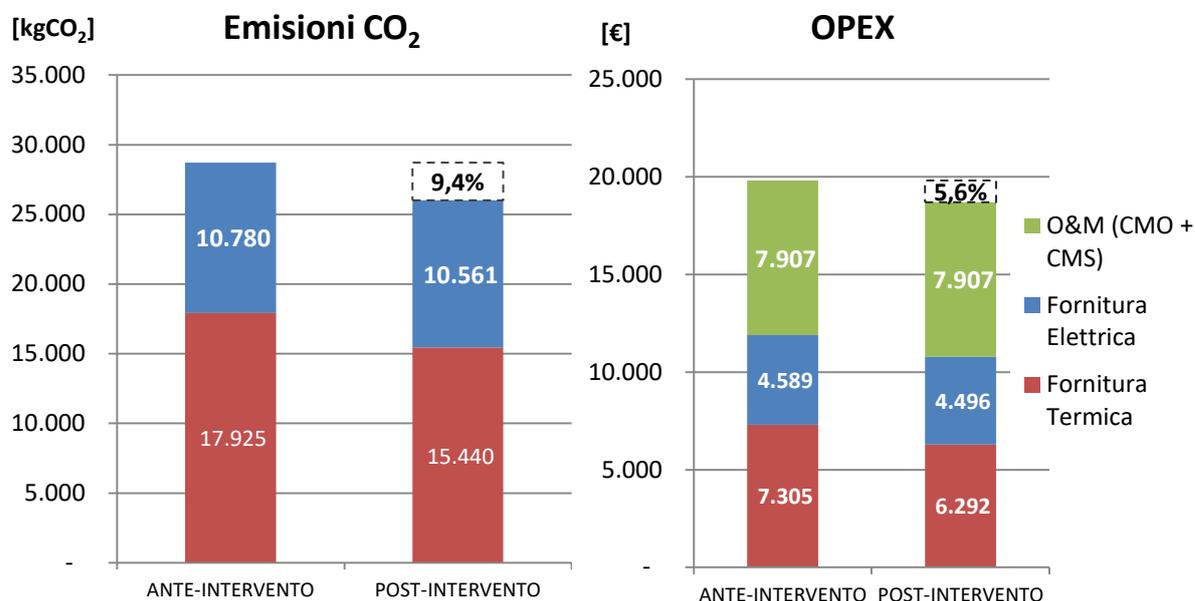
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	-	77	99	-28,6%
Q _{teorico}	[kWh]	89.739	77.297	13,9%
EE _{teorico}	[kWh]	22.382	21.928	2,0%
Q _{baseline}	[kWh]	88.737	76.434	13,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	23.083	22.615	2,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.925	15.440	13,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	10.780	10.561	2,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	28.705	26.001	9,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.305	6.292	13,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.589	4.496	2,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.894	10.788	9,3%
C _{MO}	[€]	6.246	6.246	0,0%
C _{MS}	[€]	1.660	1.660	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.907	7.907	0,0%
OPEX	[€]	19.800	18.695	5,6%
Classe energetica	[-]	G	G	-

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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/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: Sostituzione infissi

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione degli infissi presenti con nuovi in PVC e vetrocamera con rivestimento basso emissivo.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche (vedere SCN1), i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione infissi

DESCRIZIONE	FONTI PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Rimozione infissi esistenti	Liguria 2017	35	€/mq	12,159	425,57 €	93,62 €	519,19 €
Fornitura infissi in PVC	Liguria 2017	35	€/mq	296,01	10.360,35 €	2.279,28 €	12.639,63 €
Posa in opera di infissi in PVC	Liguria 2017	35	€/mq	42,858	1.500,03 €	330,01 €	1.830,04 €
Costi per la sicurezza					368,58 €	81,09 €	449,67 €
Costi per la progettazione					860,02 €	189,20 €	1.049,22 €
TOTALE (I₀)					13.514,54 €	2.973,20 €	16.487,74 €
Incentivi	[Conto termico]					€	6.595
Durata incentivi						Anni	5
Incentivo annuo						€/Anni	1.319

EEM2: Cappotto interno

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella posa due lastre di isolante in lana di vetro da applicare sul lato interno delle murature perimetrali dell'edificio.

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:

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Cappotto interno

DESCRIZIONE	FONTI PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
Fornitura di pannello in lana di roccia 6cm	Liguria 2017	1000	€/mq	9,747	9.747,00 €	2.144,34 €	11.891,34 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	1000	€/mq	4,221	4.221,00 €	928,62 €	5.149,62 €
Fornitura di pannello in lana di roccia 6cm	Liguria 2017	1000	€/mq	9,747	9.747,00 €	2.144,34 €	11.891,34 €
Posa in opera di pannello isolante	Liguria 2017	1000	€/mq	4,221	4.221,00 €	928,62 €	5.149,62 €
Intonaco interno	Liguria 2017	1000	€/mq	8,874	8.874,00 €	1.952,28 €	10.826,28 €
Tinteggiatura	Liguria 2017	1000	€/mq	5,562	5.562,00 €	1.223,64 €	6.785,64 €
Costi per la sicurezza					1.271,16 €	279,66 €	1.550,82 €
Costi per la progettazione					2.966,04 €	652,53 €	3.618,57 €
TOTALE (I₀)					46.609,20 €	10.254,02 €	56.863,22 €
Incentivi	[Conto termico]					€	22.745
Durata incentivi						Anni	5
Incentivo annuo						€/Anni	4.549

EEM3: Sostituzione generatore di calore

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione del vetusto generatore di calore attualmente presente in centrale termica con due generatori di calore a condensazione in cascata.

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:

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Generatori di calore a condensazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione vecchio generatore	CCIAA RE	1	cad	3660,525	3.660,53 €	805,32 €	4.465,84 €
Posa in opera di caldaia a condensazione	Liguria 2017	2	cad	299,196	598,39 €	131,65 €	730,04 €
Caldaia a condensazione da 65 kW	Liguria 2017	2	cad	3738,753	7.477,51 €	1.645,05 €	9.122,56 €
Costi per la sicurezza					352,09 €	77,46 €	429,55 €
Costi per la progettazione					821,55 €	180,74 €	1.002,29 €
TOTALE (I₀)					12.910,07 €	2.840,21 €	15.750,28 €
Incentivi	[Conto termico]					€	6.300
Durata incentivi						Anni	5
Incentivo annuo						€/Anni	1.260

EEM4: Circolatore a giri variabili

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione del circolatore attualmente presente sul circuito d'impianto in centrale termica con un circolatore a giri variabili.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Circolatori ad inverter

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Posa in opera di nuovo circolatore	Liguria 2017	1	cad	45,054	45,05 €	9,91 €	54,97 €
Fornitura di circolatore inverter DN32 gemellare	Liguria 2017	1	cad	963,171	963,17 €	211,90 €	1.175,07 €
Costi per la sicurezza					30,25 €	6,65 €	36,90 €
Costi per la progettazione					70,58 €	15,53 €	86,10 €
TOTALE (I₀)					1.109,05 €	243,99 €	1.353,04 €

EEM5: Valvole termostatiche

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella installazione di valvole termostatiche ai terminali di emissione nelle varie stanze dell'edificio.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Valvole termostatiche	Liguria 2017	47	cad	37,233	1.749,95 €	384,99 €	2.134,94 €
Costi per la sicurezza					52,50 €	11,55 €	64,05 €
Costi per la progettazione					122,50 €	26,95 €	149,45 €
TOTALE (I₀)					1.924,95 €	423,49 €	2.348,43 €

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: Sostituzione infissi

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– Sostituzione infissi

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 16.488
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 1.319
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	32,0 / 17,9
Tempo di rientro attualizzato	TRa	50,5 / 31,9
Valore attuale netto	VAN	- 6.900 / - 1.028
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,5% / 3,2%
Indice di profitto	IP	-0,42 / -0,06

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

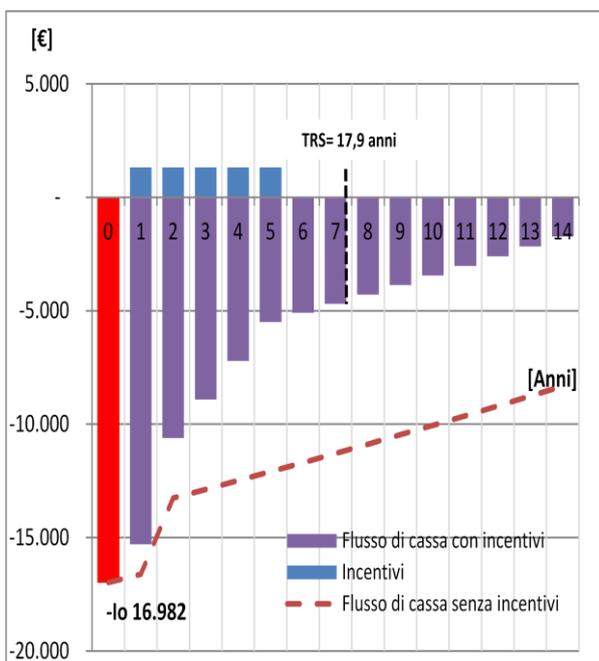
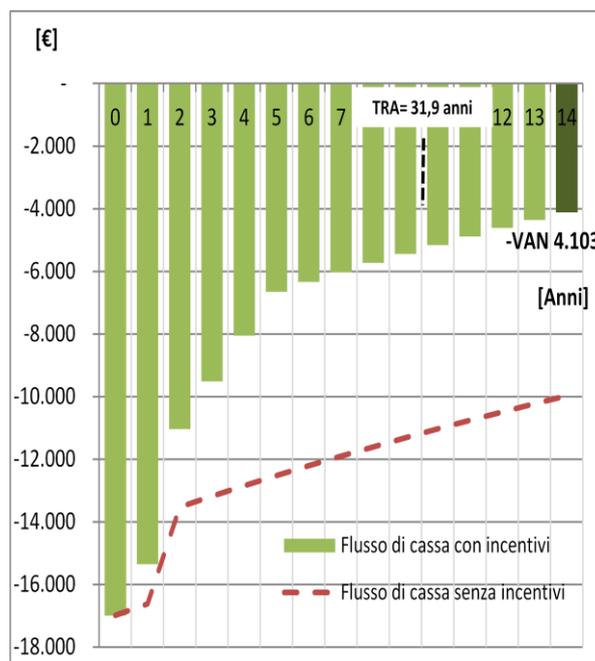


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento singolarmente non è economicamente conveniente.

EEM2: Cappotto interno

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Cappotto interno

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 56.863
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 4.549
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	28,2 / 16,5
Tempo di rientro attualizzato	TRa	46,5 / 30,3
Valore attuale netto	VAN	- 20.756 / - 505
Tasso interno di rendimento	TIR	0,2% / 3,9%
Indice di profitto	IP	-0,37 / -0,01

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

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

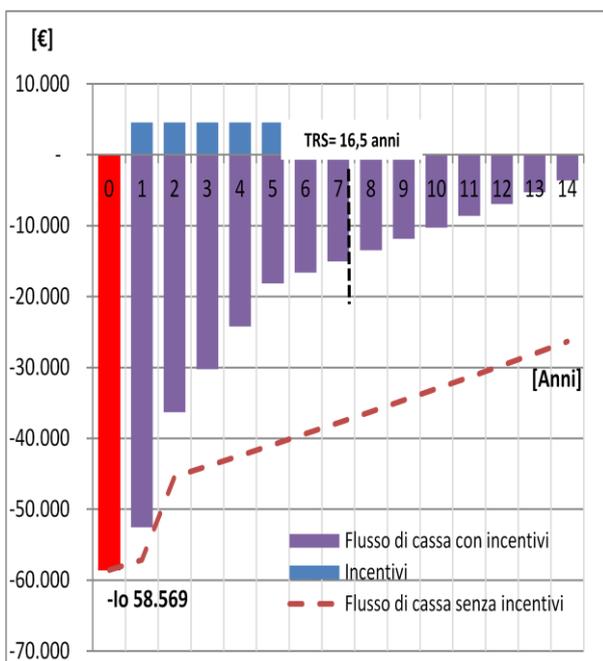
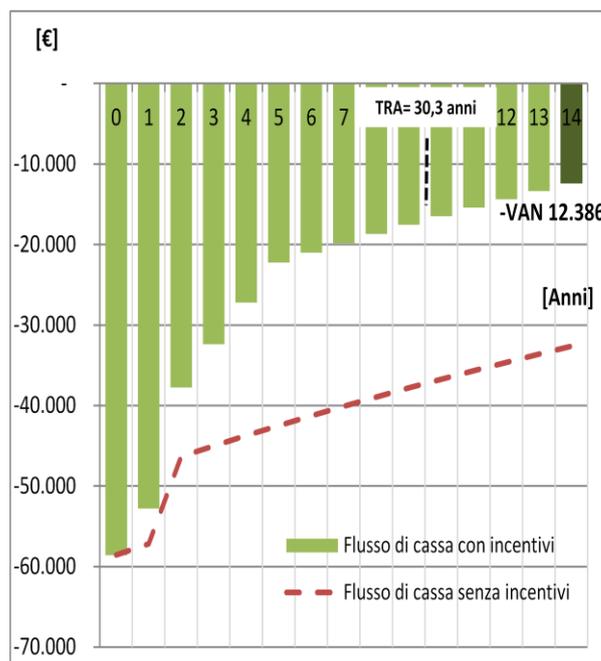


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolarmente non è economicamente conveniente.

EEM3: Sostituzione generatore di calore

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 EEM2– Sostituzione generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	15.750
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	1.260
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	4,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,6
Valore attuale netto	VAN	23.999
Tasso interno di rendimento	TIR	22,8%
Indice di profitto	IP	1,52

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

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

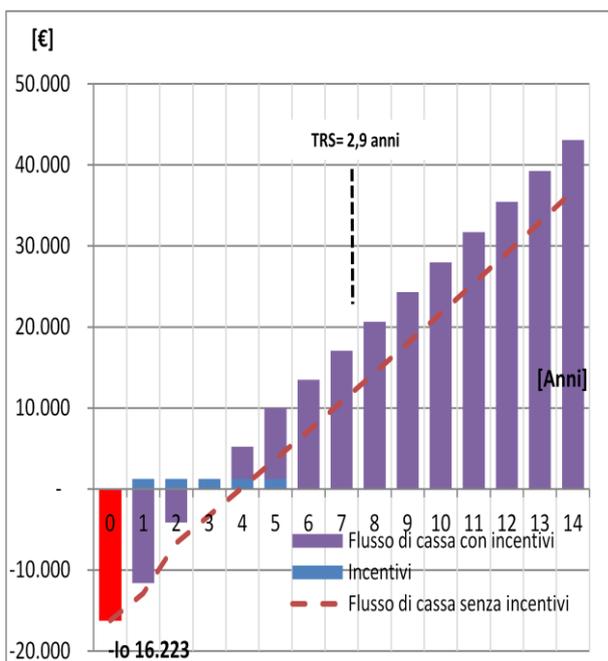
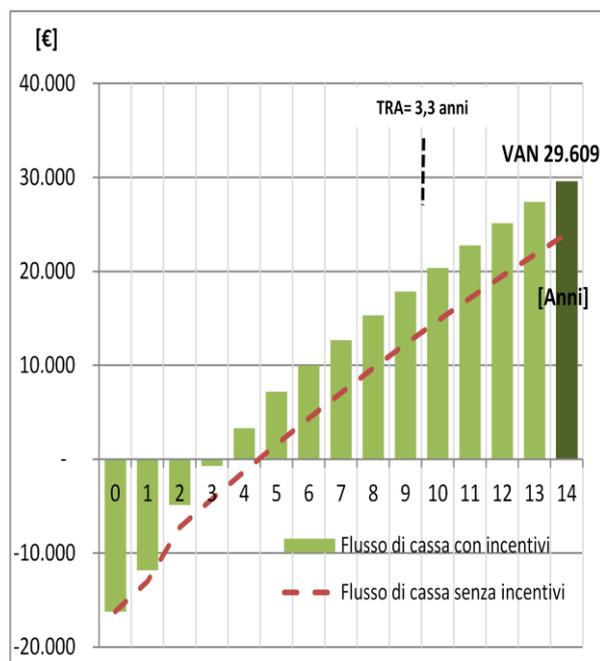


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolarmente è economicamente conveniente sia con che senza gli incentivi calcolati.

EEM4: Circolatori a giri variabili

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 – Circolatori a giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 1.353
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 108
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	13,8
Tempo di rientro attualizzato	TRa	19,0
Valore attuale netto	VAN	- 291
Tasso interno di rendimento	TIR	0,2%
Indice di profitto	IP	-0,22

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

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

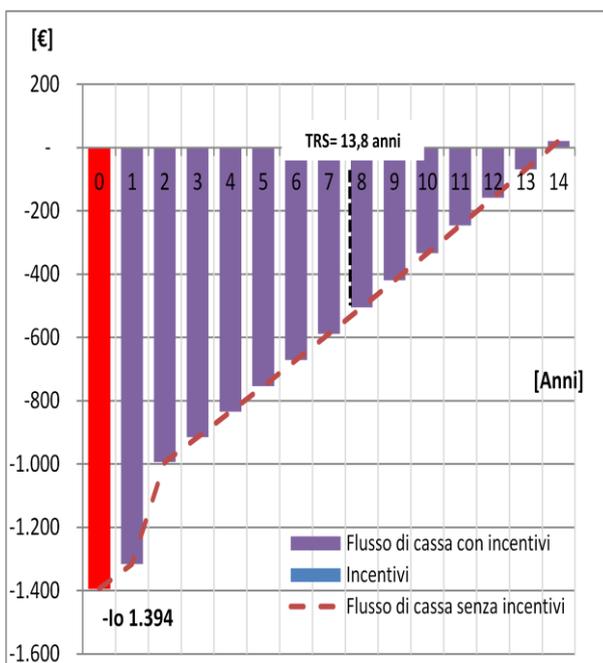
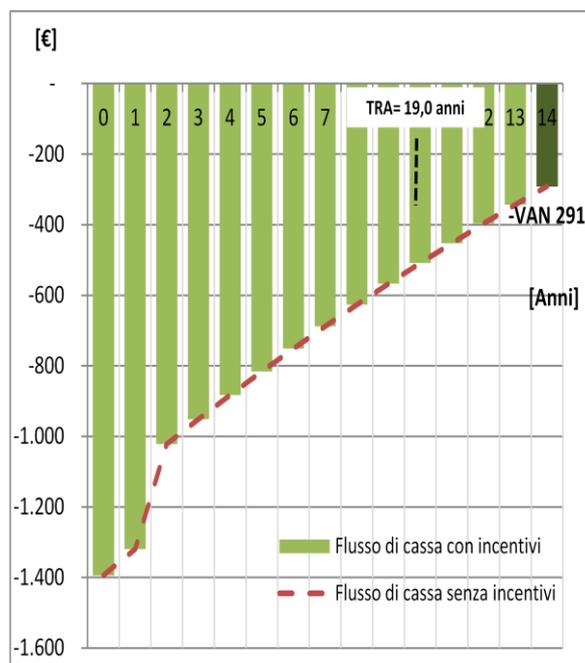


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento non è economicamente conveniente.

EEM5: Valvole termostatiche

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 2.348
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	2,3
Tempo di rientro attualizzato	TRa	2,4
Valore attuale netto	VAN	8.379
Tasso interno di rendimento	TIR	42,4%
Indice di profitto	IP	3,57

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

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

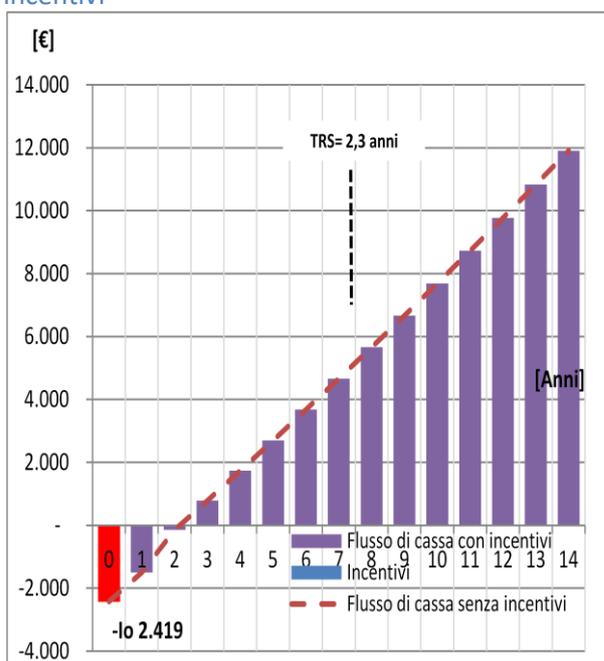
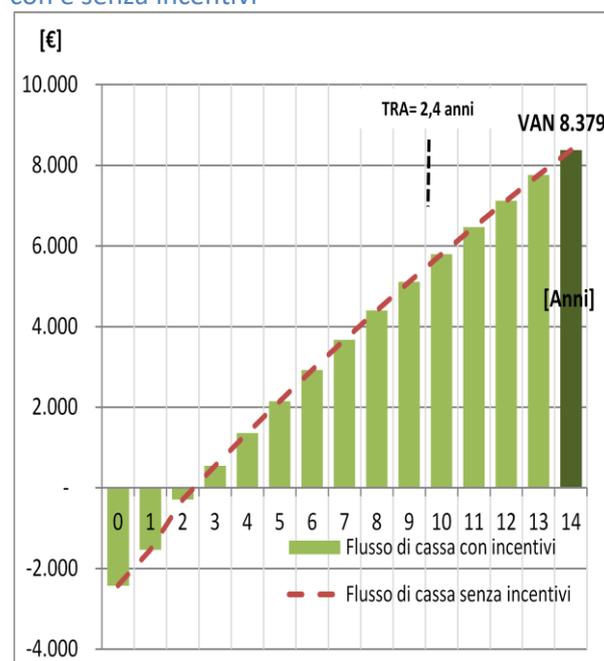


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento è economicamente conveniente.

Sintesi

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

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

	SENZA INCENTIVI											
	% 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	3,9	3,9	452	-	-	16.488	32	50,5	30	-6.900	-0,5	-0,42
EEM 2	14,9	14,9	1.748	-	-	56.863	28,2	46,5	30	-20.756	0,2	-0,37
EEM 3	27,7	27,7	3.242	624	166	15.750	4	4,6	15	23.999	22,8	1,52
EEM 4	0,8	0,8	93	-	-	1.353	13,8	19	15	-291	0,2	-0,22
EEM 5	9,4	9,4	1.106	-	-	2.348	2,3	2,4	15	8.379	42,4	3,57

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	3,9	3,9	452	-	-	16.488	17,9	31,9	30	-1.028	3,2	-0,06
EEM 2	14,9	14,9	1.748	-	-	56.863	16,5	30,3	30	505	3,9	-0,01
EEM 3	27,7	27,7	3.242	624	166	15.750	2,9	3,3	15	29.609	29,4	1,88
EEM 4	0,8	0,8	93	-	-	1.353	13,8	19	15	-291	0,2	-0,22
EEM 5	9,4	9,4	1.106	-	-	2.348	2,3	2,4	15	8.379	42,4	3,57

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

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

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

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

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

Il primo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzioni 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 n-esimo.

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

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

Dove:

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

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

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) 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 nella realizzazione degli interventi EEM3, EEM4 e EEM5. Cioè nell'ammmodernamento dell'impianto termico mediante un gruppo di generazione modulare a condensazione, un circolatore con inverter e valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti.
- **Scenario 2: INVOLUCRO E IMPIANTO TERMICO:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM1, EEM2, EEM3 e EEM5. L'intervento prevede l'isolamento termico a cappotto interno delle pareti, la sostituzione degli infissi del piano terra e la sostituzione del generatore di calore con l'installazione di valvole termostatiche.

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	11.736,42 €	2.582,01 €	14.318,44 €
EEM4 Fornitura & Posa	1.008,23 €	221,81 €	1.230,03 €
EEM5 Fornitura & Posa	1.749,95 €	384,99 €	2.134,94 €
Costi per la sicurezza	434,84 €	95,66 €	530,50 €
Costi per la progettazione	1.014,62 €	223,22 €	1.237,84 €
TOTALE (I₀)	15.944,06 €	3.507,69 €	19.451,75 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 O&M	5.621,56 €	1.494,34 €	7.115,89 €
EEM4 O&M	6.246,17 €	1.660,38 €	7.906,55 €
EEM5 O&M	6.246,17 €	1.660,38 €	7.906,55 €
TOTALE (C_M)	5.621,56 €	1.494,34 €	7.115,89 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	7.780,70	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		1.556,14	€/Anno

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

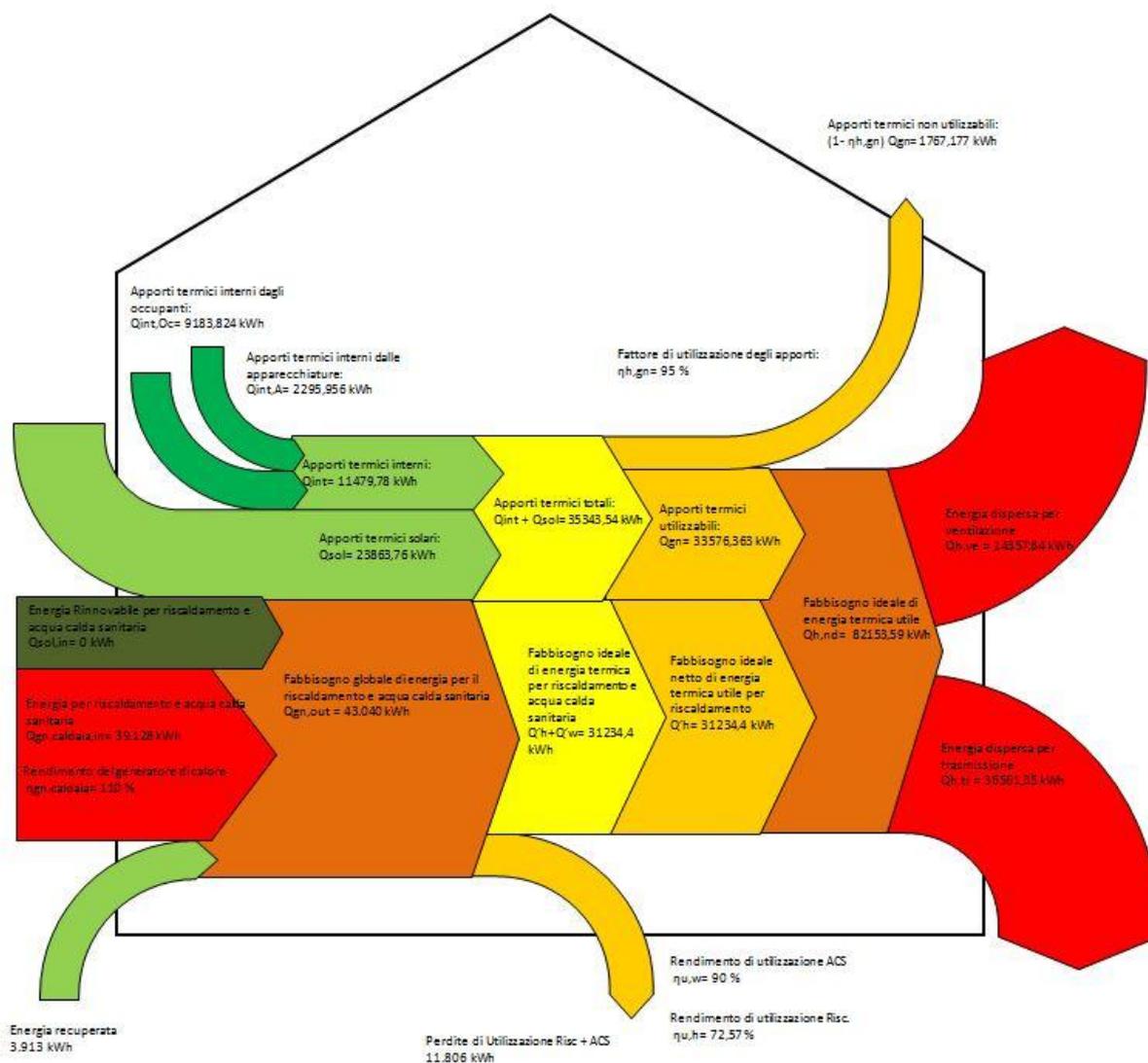
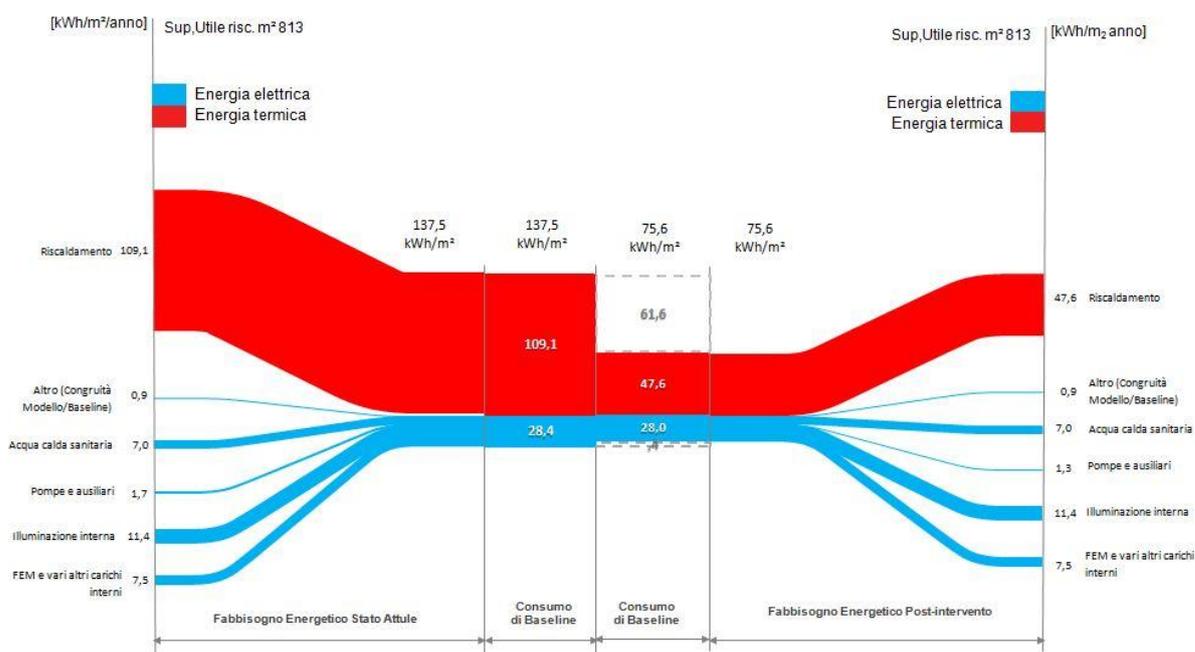


Figura 9.12– SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

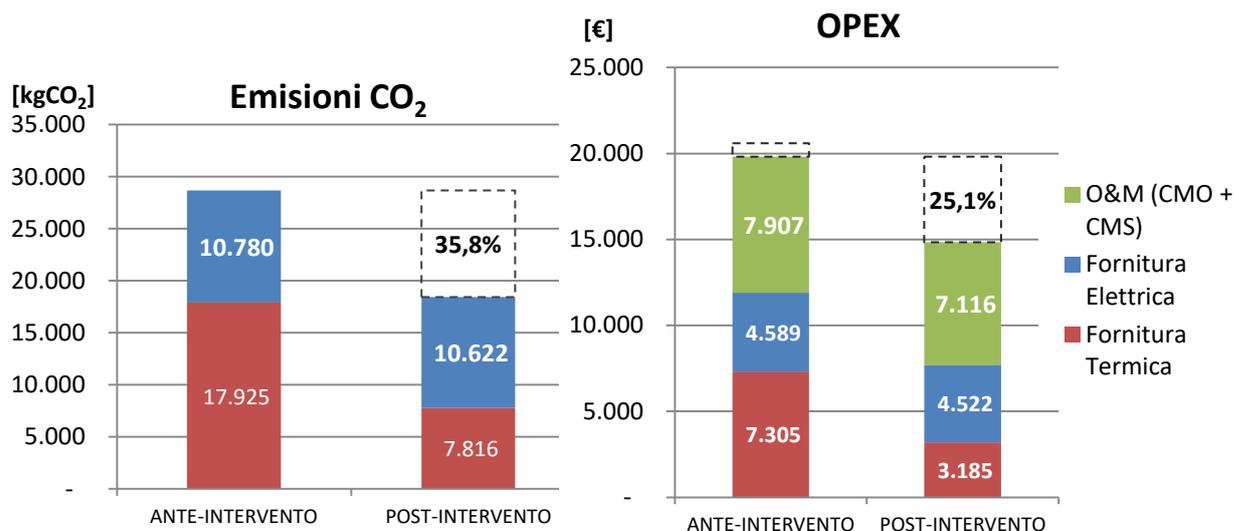


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e Figura 9.

Tabella 9.14– Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	93,6	105,6	-12,8%
EEM4 - Potenza installata	[W]	340	100	70,6%
EEM5 - Rendimento di regolazione	[-]	77	99	-28,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	89.739	39.128	56,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	22.382	22.055	1,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	88.737	38.691	56,4%
$EE_{baseline}$	[kWh]	23.083	22.746	1,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.925	7.816	56,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	10.780	10.622	1,5%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	28.705	18.438	35,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	7.305	3.185	56,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	4.589	4.522	1,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.894	7.707	35,2%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	6.246	5.622	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	1.660	1.494	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.907	7.116	10,0%
OPEX	[€]	19.800	14.823	25,1%
Classe energetica	[-]	G	D	+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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/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. 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	5
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 19.452
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 584
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 20.035
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 16.028
Equity	I_E	€ 4.007
Fattore di annualità Debito	FA _D	4,55
Rata annua debito	q_D	€ 3.526

Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	17.632
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	1.604

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	9.749
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	5.613
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	15.362
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		32,5%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		9,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	2.910
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1.383
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	45.407
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	4.463
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		55,07%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	788
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	115
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	625
Canone O&M €/anno	CnM	€	5.245
Canone Energia €/anno	CnE	€	7.207
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	12.452
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	1.527
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	13.980
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	3.508
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	7.781
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 = Io / FC, Anni	T.R.S.		6,05
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		6,84
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	6.885
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		11,35%
Indice di Profitto	IP		35,39%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		6,54
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		6,99
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	4.133
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		23,92%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,020
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		2,144

Figura 9.14–SCN1: Flussi di cassa del progetto

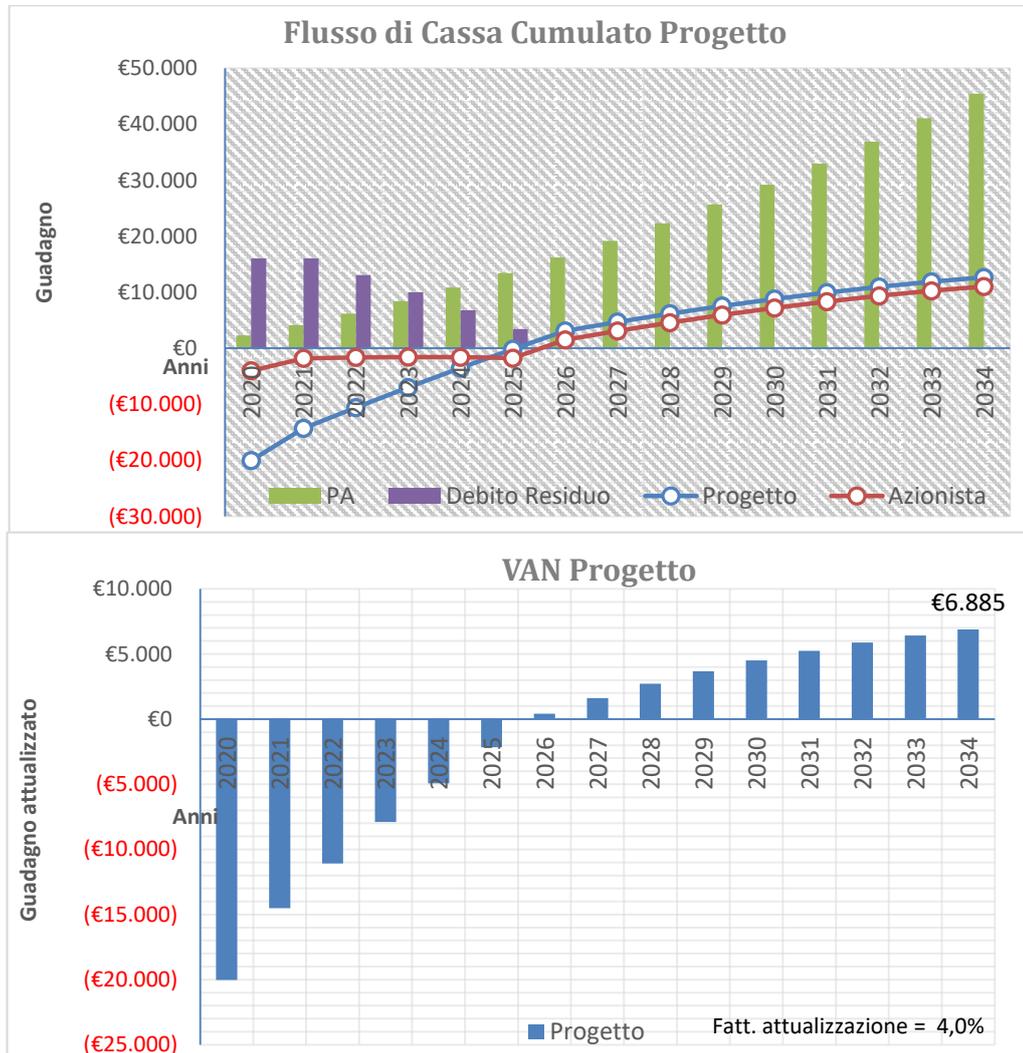
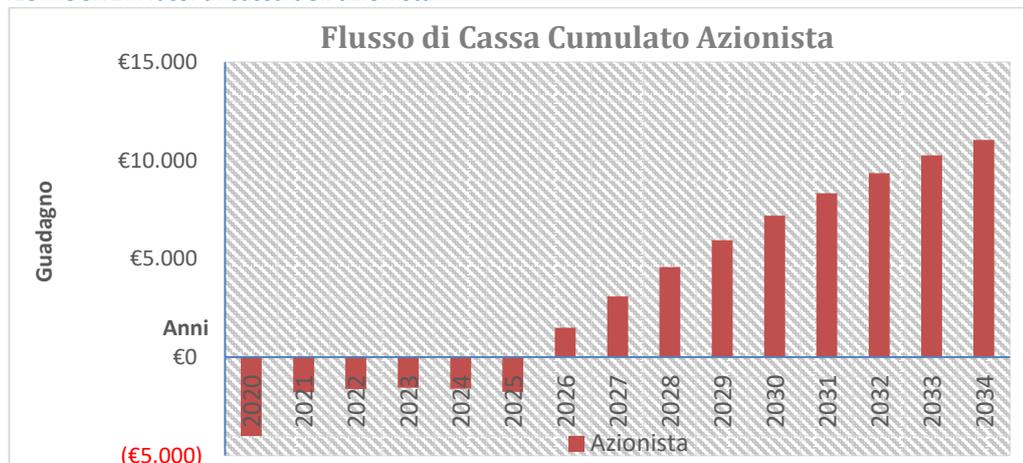


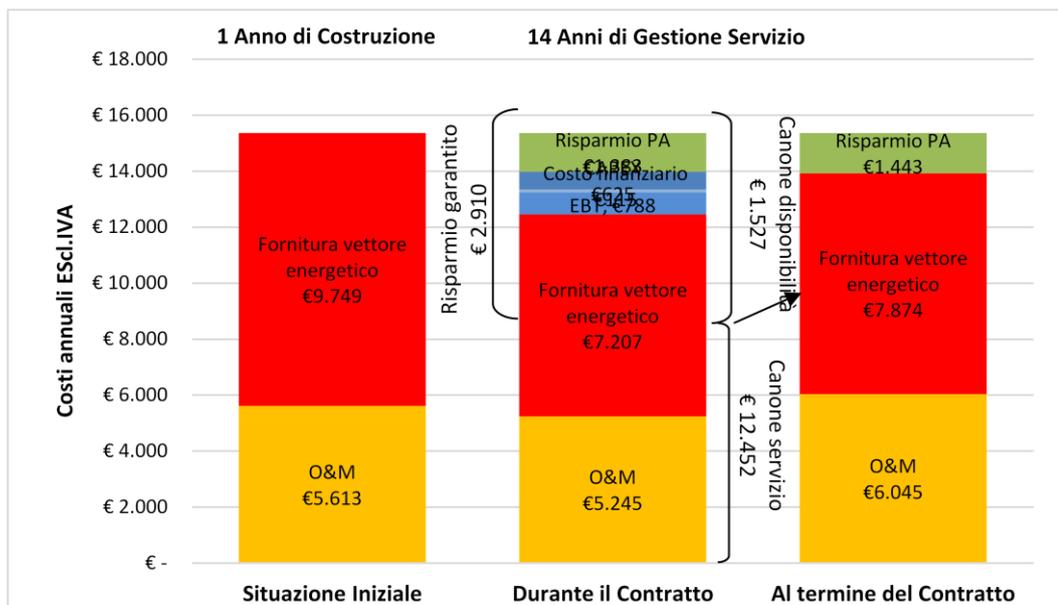
Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista





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	12.285,95 €	2.702,91 €	14.988,85 €
EEM2 Fornitura & Posa	42.372,00 €	9.321,84 €	51.693,84 €
EEM3 Fornitura & Posa	11.736,42 €	2.582,01 €	14.318,44 €
EEM5 Fornitura & Posa	1.749,95 €	384,99 €	2.134,94 €
Costi per la sicurezza	2.044,33 €	449,75 €	2.494,08 €
Costi per la progettazione	4.770,10 €	1.049,42 €	5.819,52 €
TOTALE (I₀)	74.958,75 €	16.490,93 €	91.449,68 €
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 O&M	6.246,17 €	1.660,38 €	7.906,55 €
EEM2 O&M	6.246,17 €	1.660,38 €	7.906,55 €
EEM3 O&M	5.621,56 €	1.494,34 €	7.115,89 €
EEM5 O&M	6.246,17 €	1.660,38 €	7.906,55 €
TOTALE (C_M)	5.621,56 €	1.494,34 €	7.115,89 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	45.724,84	€
Durata incentivi		5	Anni
Incentivo annuo		9.144,97	€/Anno

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

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

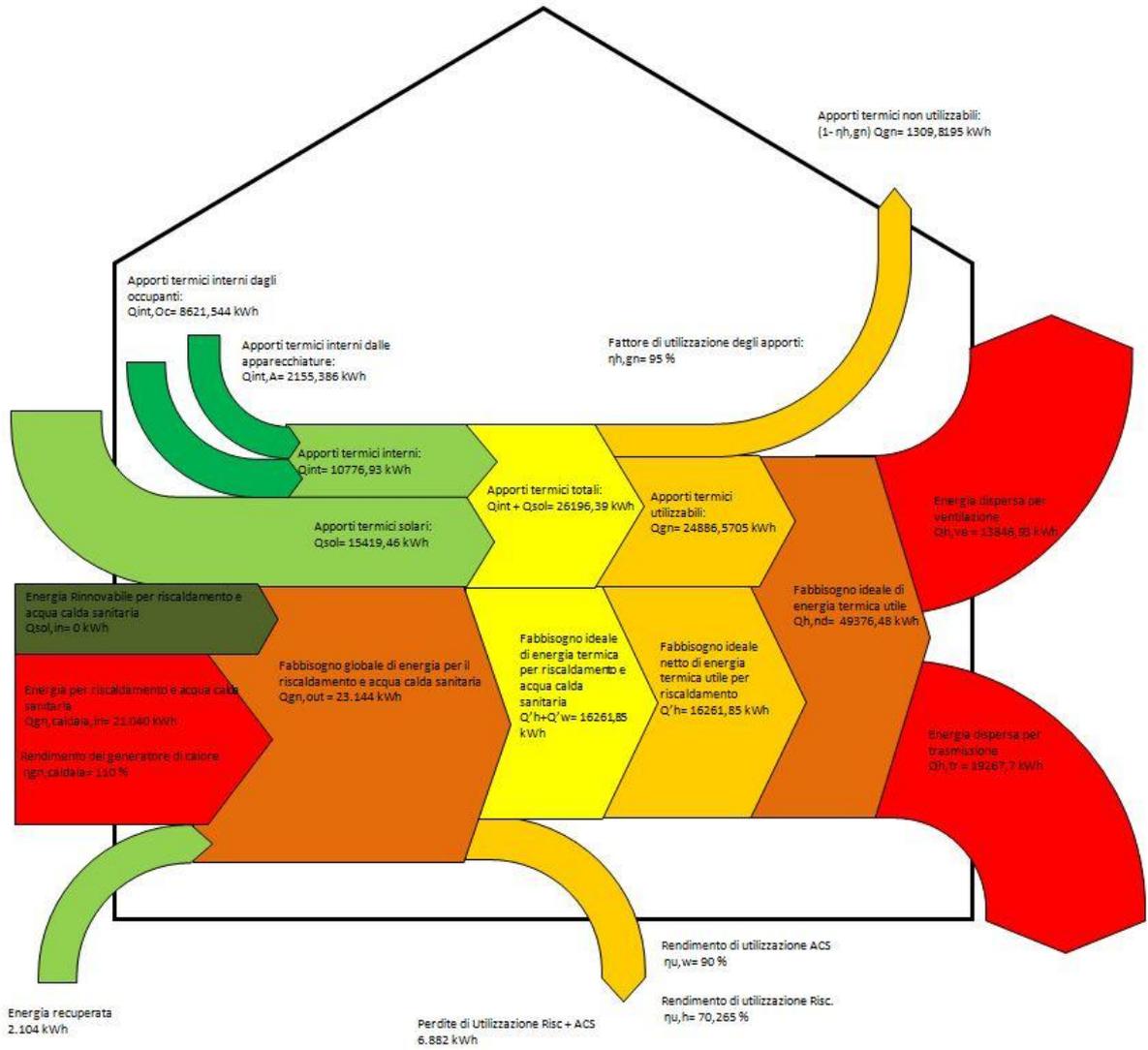
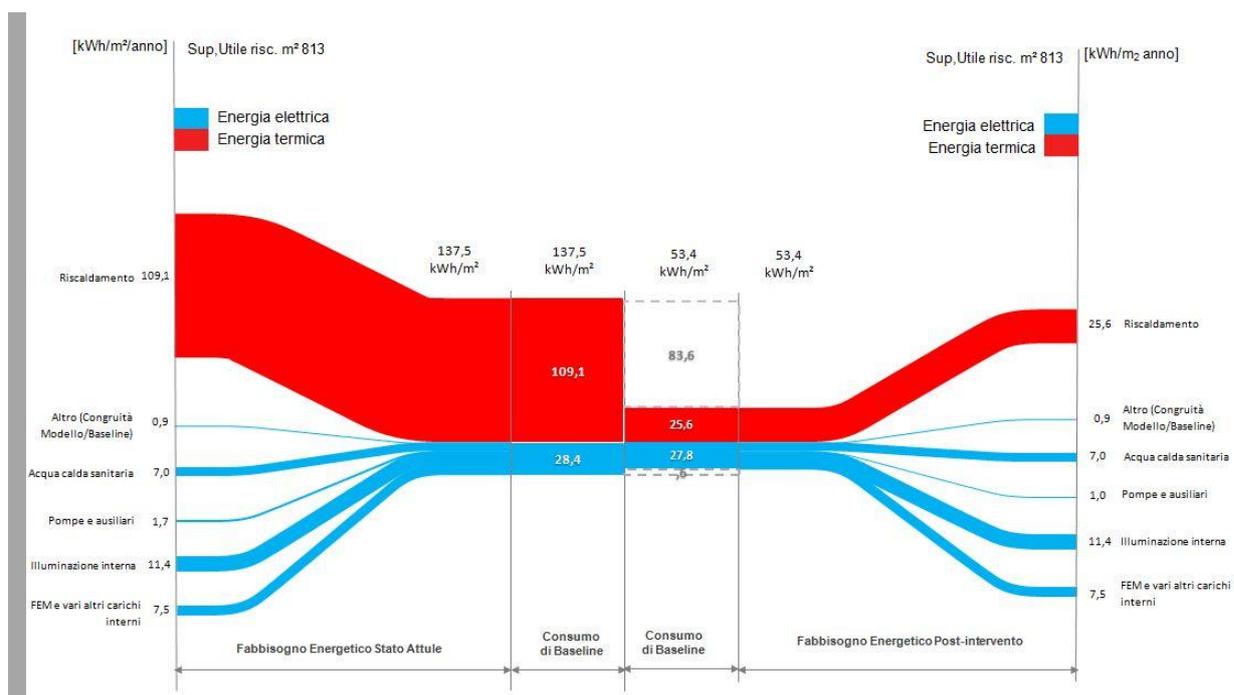


Figura 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento

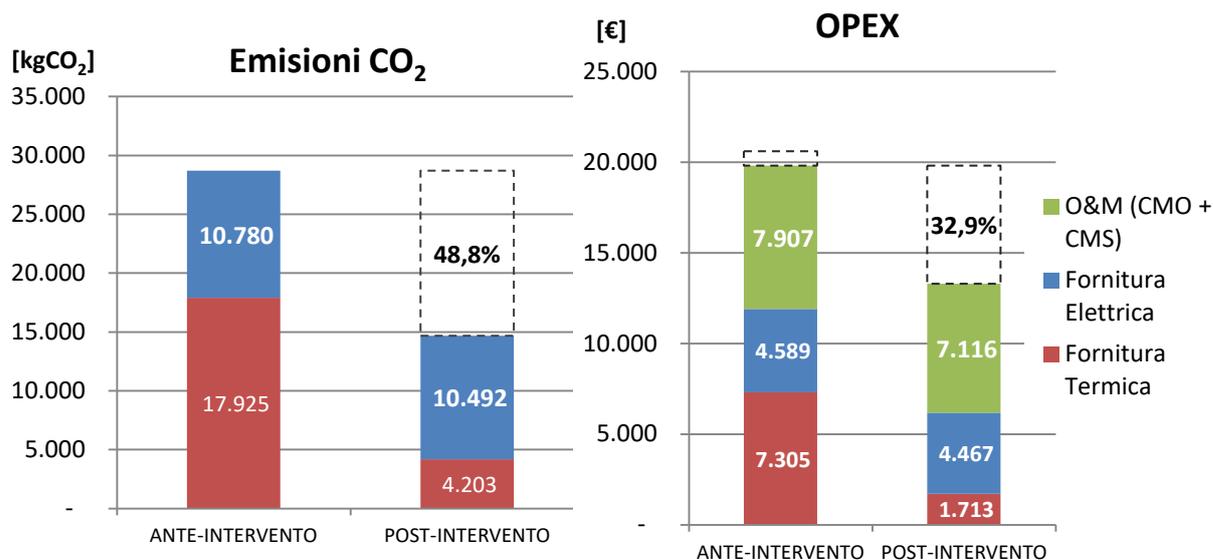


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.19

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	6,342	4,593	27,6%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m²K]	2,26	0,238	89,5%
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	93,6	105,6	-12,8%
EEM5 - Rendimento di regolazione	[-]	77	99	-28,6%
Q _{teorico}	[kWh]	89.739	21.040	76,6%
EE _{teorico}	[kWh]	22.382	21.785	2,7%
Q _{baseline}	[kWh]	88.737	20.805	76,6%
EE _{baseline}	[kWh]	23.083	22.467	2,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.925	4.203	76,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	10.780	10.492	2,7%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	28.705	14.695	48,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.305	1.713	76,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.589	4.467	2,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.894	6.179	48,0%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	6.246	5.622	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	1.660	1.494	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.907	7.116	10,0%
OPEX	[€]	19.800	13.295	32,9%
Classe energetica	[-]	G	D	+3classi

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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 9.19 – SCN2: 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. 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– IMPIANTO TERMICO

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
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	9
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 91.450
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.743
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 94.193
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 75.355
Equity	I_E	€ 18.839

E1180 – Scuola materna “Capitini” e Scuola elementare “Villa Sanguineti”

Fattore di annualità Debito	FA_D		7,61
Rata annua debito	q_D	€	9.906
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	89.158
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	13.803

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	9.749
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	5.613
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	15.362
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		48,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	4.075
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	768
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	83.544
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	7.068
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		35,65%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	1.399
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	575
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.332
Canone O&M €/anno	CnM	€	5.380
Canone Energia €/anno	CnE	€	5.907
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	11.287
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	3.307
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	14.594
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	16.491
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	45.725
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		8,83
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		14,17
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	13.966
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		6,50%
Indice di Profitto	IP		15,27%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		8,47
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		14,62
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	5.251
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		14,51%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,050

Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,413
Indice di Profitto Azionista	IP	5,74%

Figura 9.20–SCN2: Flussi di cassa del progetto

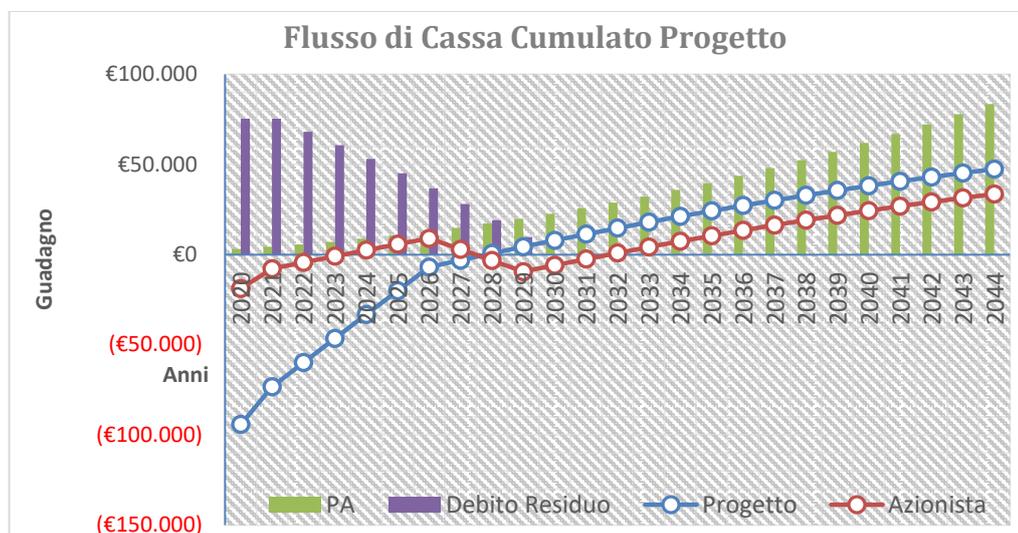


Figura 9.21 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

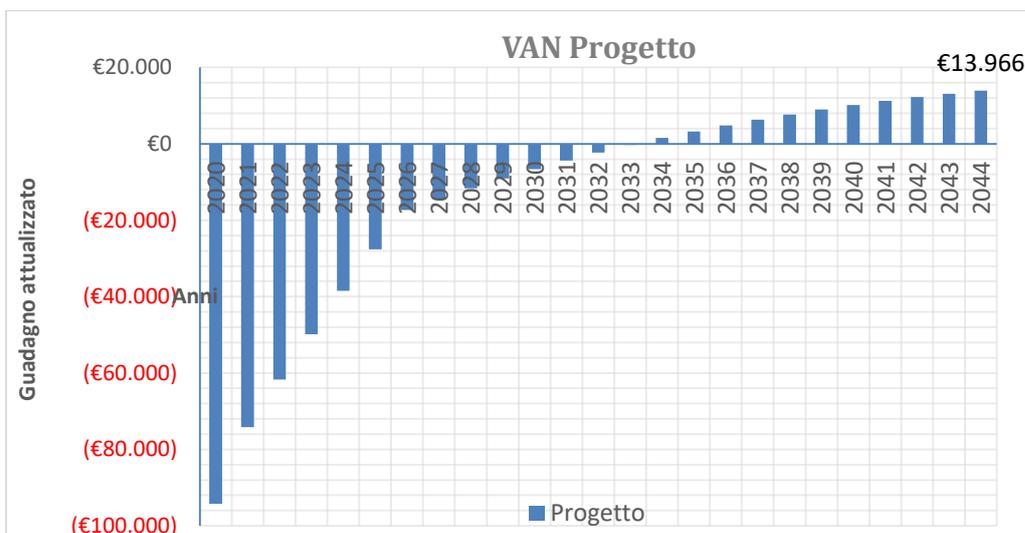
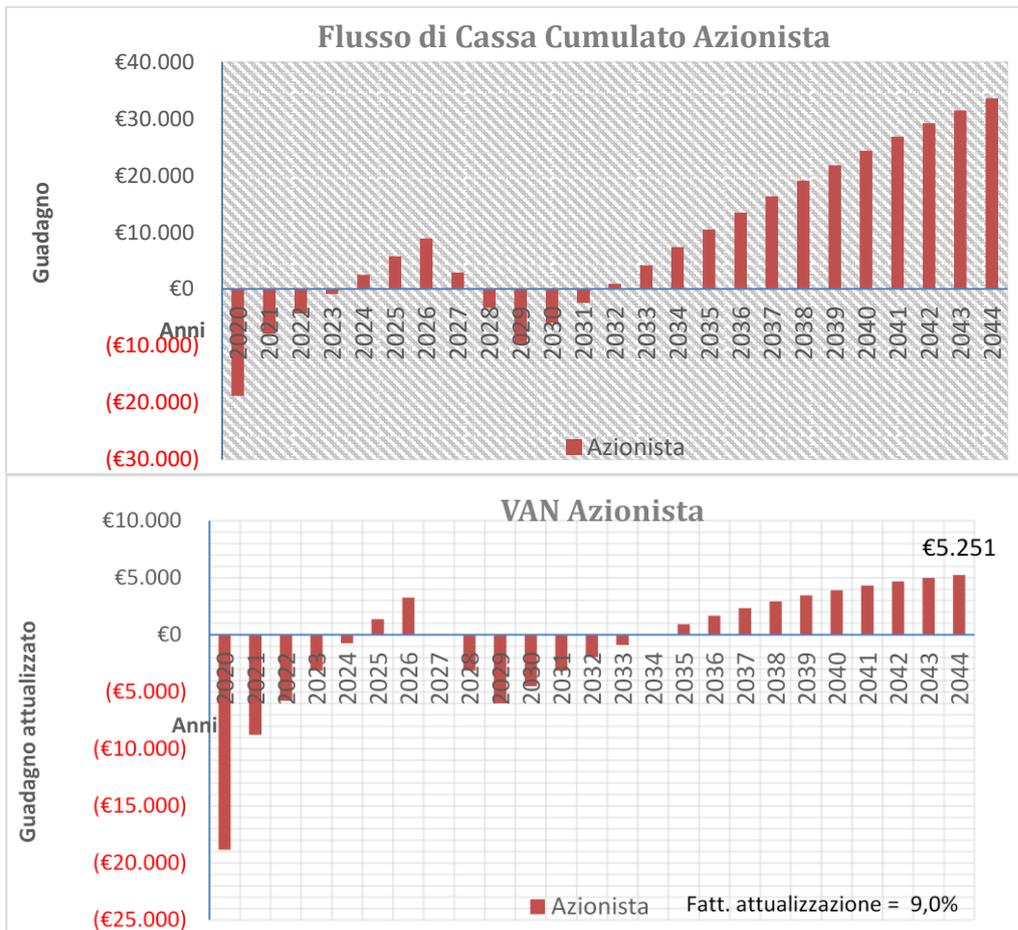
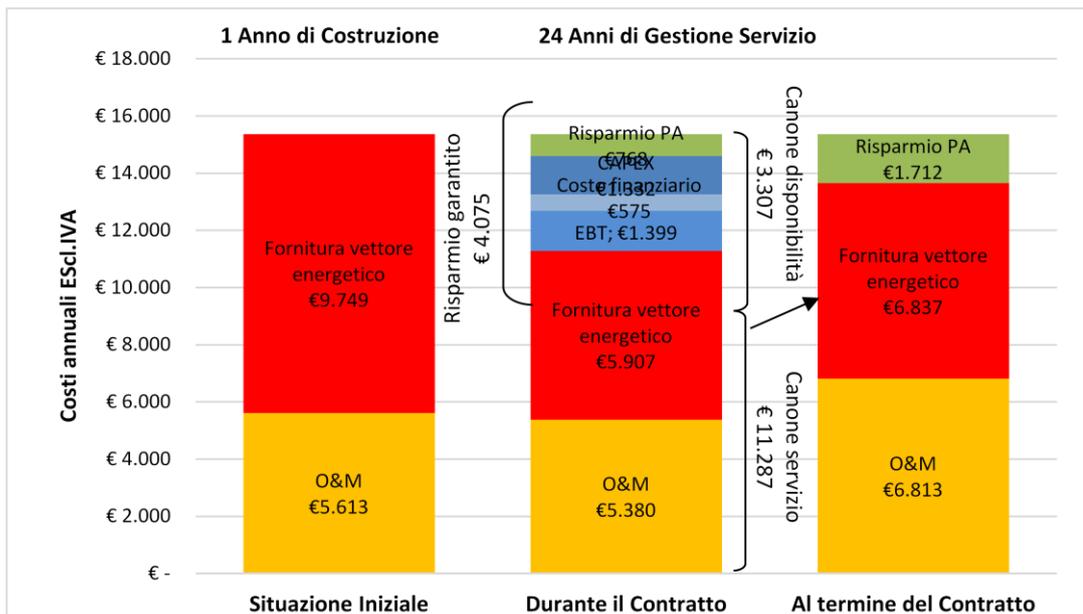


Figura 9.22 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Infine si è provveduto all’identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.23

Figura 9.23– Scenario 2: 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 nella realizzazione degli interventi EEM3, EEM4 e EEM5.
- **Scenario 2: INVOLUCRO E VALVOLE TERMOSTATICHE:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi EEM1, EEM3, EEM2 e EEM5.

Risultati analisi SCN1 – IMPIANTO TERMICO

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	93,6	105,6	-12,8%
EEM4 - Potenza installata	[W]	340	100	70,6%
EEM5 - Rendimento di regolazione	[-]	77	99	-28,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	89.739	39.128	56,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	22.382	22.055	1,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	88.737	38.691	56,4%
$EE_{baseline}$	[kWh]	23.083	22.746	1,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.925	7.816	56,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	10.780	10.622	1,5%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	28.705	18.438	35,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	7.305	3.185	56,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	4.589	4.522	1,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.894	7.707	35,2%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	6.246	5.622	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	1.660	1.494	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.907	7.116	10,0%
OPEX	[€]	19.800	14.823	25,1%
Classe energetica	[-]	G	D	+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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Risultati analisi SCN2 –INVOLUCRO E VALVOLE TERMOSTATICHE

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	6,342	4,593	27,6%
EEM2 - Trasmittanza termica	[W/m ² K]	2,26	0,238	89,5%

EEM3 - Rendimento di generazione	[-]	93,6	105,6	-12,8%
EEM5 - Rendimento di regolazione	[-]	77	99	-28,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	89.739	21.040	76,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	22.382	21.785	2,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	88.737	20.805	76,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	23.083	22.467	2,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.925	4.203	76,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	10.780	10.492	2,7%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	28.705	14.695	48,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	7.305	1.713	76,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	4.589	4.467	2,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	11.894	6.179	48,0%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	6.246	5.622	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	1.660	1.494	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	7.907	7.116	10,0%
OPEX	[€]	19.800	13.295	32,9%
Classe energetica	[-]	G	D	+3classi

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: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

	CON INCENTIVI											DSCR	LLCR
	% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP		
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 1	35,8	35,8	4.187	625	166	19.452	6,54	6,99	4.133	23,92	21,25	1,020	2,144
SCN 2	48,8	48,8	5.715	625	166	91.450	8,47	14,62	5.251	14,51	5,74	1,050	1,413

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall'analisi effettuata emerge che è possibile effettuare il **miglioramento energetico in condizioni standard di almeno tre classi energetiche da G a D** attraverso gli scenari proposti e concernenti le specifiche tecniche riportate.

Gli interventi proposti mirano, oltre rendere più efficiente il sistema involucro-impianto, a risolvere anche criticità dal punto di vista edilizio ed impiantistico, con particolare riferimento alle gravi condizioni di obsolescenza del generatore ed altre parti dell'impianto termico.

Lo scenario più favorevole in termini economico-finanziari risulta essere quello che prevede l'efficientamento mediante la sostituzione degli infissi, l'installazione di un generatore a condensazione, l'installazione di un sistema di controllo della temperatura per singolo ambiente e la realizzazione del cappotto isolante interno.

Per quanto concerne il risparmio di CO₂ equivalente si stima una riduzione complessiva di **14.010 kg CO₂**.

In termini di energia primaria, nello scenario migliore dal punto di vista energetico sarebbe possibile risparmiare **73.579 kWh**.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Documentazione fornita dalla committenza	27/07/18	DE_Lotto .n5- E1180_rev D-ALLEGATO A_Documentazione fornita dalla committenza

ALLEGATO B – ELABORATI GRAFICI

Titolo	Data	Nome file
Elaborati grafici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev D-ALLEGATO B_ Elaborati grafici DE_Lotto. n5-E1180_rev D- ALLEGATO B_Diagramma a blocchi impianto elettrico DE_Lotto. n5-E1180_rev D-ALLEGATO B_Planimetria posizione impianti e contatori DE_Lotto. n5-E1180_rev D-ALLEGATO B_Schema funzionale CT DE_Lotto. n5-E1180_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia elettrica.xls DE_Lotto. n5-E1180_rev D_ALLEGATO B_Analisi fatture energia termica.xls DE_Lotto n.5-E1180_rev D-ALLEGATO B_Grafici_template.xls Kyotobaseline-E1180_rev10.xls

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev D-ALLEGATO C_Report termografico

ALLEGATO D – REPORT DI INDAGINE ENDOSCOPICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine endoscopica	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1180_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 – E1180_rev D-ALLEGATO E_Relazione calcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato CTI	14/03/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev A-ALLEGATO F_Certificato-CTI-termus-40

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto
APE stato di fatto (con firma digitale)	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.P7M
Ricevuta invio APE	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev B-ALLEGATO G_RICEVUTA_invio APE
APE stato di fatto (XML)	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev B-ALLEGATO G_APE stato di fatto.XML
APE stato di fatto (XML) con firma digitale	19/04/18	DE_Lotto. n5 – E1180_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 – E1180_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 1
APE scenario 2	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev D-ALLEGATO H_ APE scenario 2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev D-ALLEGATO I_ Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev D-ALLEGATO J_ schede di audit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev D-ALLEGATO K_ schede ORE

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
PEF scenari di intervento	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev D-ALLEGATO L_ PEF

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	27/07/18	DE_Lotto. n5 – E1180_rev D-ALLEGATO M_ Report di Benchmark

ALLEGATO N – CD-ROM