

Materna "CA' DI VENTURA" Elementare "SANTULLO"
E 305
Via Sanfelice 19

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



04/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



Materna CA' DI VENTURA Elementare SANTULLO

E305

Via San Felice 19

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

03/2018

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

eFM SpA

Via Laurentina, 455 - 00142 Roma

Tel 06 5400064 – efm@efmnet.com

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	19/03/2018	Carlotta Mordini	Luca Grossi Luca Bonanno	Stefano Mazzetti	Prima Pubblicazione

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

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	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	14
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA.....	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA.....	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE.....	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE.....	25
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	31
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	35
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	35
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	36
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	37
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	37
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO.....	41
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	41
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	41
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	43
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	46



7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI	47
7.4	BASELINE DEI COSTI	48
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA.....	50
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	<i>50</i>
EEM1: SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI ESTERNI.....		50
EEM2: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO		51
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	<i>53</i>
EEM3: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA.....		53
EEM4: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER.....		55
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	<i>57</i>
EEM5: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED		57
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	59
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	59
EEM1: SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI ESTERNI.....		59
EEM2: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO		60
EEM3: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA.....		61
EEM4: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER.....		63
EEM5: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED		63
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	64
EEM1: SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI ESTERNI.....		66
EEM2: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO		67
EEM3: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA.....		68
EEM4: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER.....		69
EEM5: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED		70
SINTESI.....		71
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	72
9.3.1	<i>Scenario 1: Infissi Lato Nord + Valvole + Generatore di calore + LED.....</i>	<i>74</i>
9.3.2	<i>Scenario 2: Cappotto + generatore + Valvole + Led:.....</i>	<i>80</i>
10	CONCLUSIONI.....	87
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	87
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	87
11	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA	A
12	ALLEGATO B – ELABORATI	A
13	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.....	A
14	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	A
15	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
16	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE.....	A
17	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA.....	A
18	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI	B
19	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	B



20	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	B
21	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	B
22	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI.....	B
23	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	B
24	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		1974
Anno di ristrutturazione		NR
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 ATTIVITÀ SCOLASTICA
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.770
Superficie disperdente (S)	[m ²]	8.667
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	21.460
Rapporto S/V	[1/m]	0,405
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	6.035
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.969
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	8.004
Tipologia generatore riscaldamento		GENERATORE A COMBUSTIONE IN ACCIAIO A BASAMENTO
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	700
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	6,50
Tipo di combustibile		METANO
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento (*)	[t/anno]	84,9
Consumo di riferimento Gas Metano (*)	[kWh _{th} /anno]	291.670
Spesa annuale Gas Metano (*)	[€/anno]	23.504
Consumo di riferimento energia elettrica (*)	[kWh _{el} /anno]	55.577
Spesa annuale energia elettrica (*)	[€/anno]	11.602

(*): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione Infissi
- EEM 2: Coibentazione a Cappotto dell'Involucro Edilizio
- EEM 3: Sostituzione Generatore di Calore
- EEM 4: Installazione di Valvole Termostatiche e Pompe Inverter
- EEM 5: Installazione Impianto di Illuminazione a LED

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

	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO₂}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DCS _R	LLC _R
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	17,8 %	19,2%	2.268,40€	487,10€	106,10€	493.157,00 €	90,2	105,2	30	363.054,00 €	-8,3%	-0,74	n/a	n/a
EEM 2	22,2 %	23,0%	7.792,90€	675,00 €	98,3 €	329.298,00 €	18,9	25,6	30	21.946,00 €	2,8 %	0,07	n/a	n/a
EEM 3	10,2 %	10,6%	3.581,60€	909,70 €	78,00 €	51.182,00€	10,9	12,6	15	5.087,00€	3,50 %	0,10	n/a	n/a

E305 Materna Cà di Ventura – Elementare Santullo

EEM 4	6,4%	6,6%	2.238,30€	727,80 €	101,40 €	17.688,00€	5,8	6,4	15	17.608,00 €	14,2 %	1,00	n/a	n/a
EEM 5	9,7%	9,0%	3.422,70€	586,9€	195,00 €	71.544,00€	8,88	9,4	8	11.047,00 €	-3,0%	-0,15	n/a	n/a
SCN 1	26,6 %	36,1%	12.702,10 €	880,40 €	78,00 €	109.214€	8,48	12,16	15	7.783€	5,52 %	7,13%	1,3	0,595
SCN 2	51%	51,4%	17.892,30 €	997,80 €	78,00 €	365.432€	6,71	9,93	25	96.123€	8,53 %	26,31%	1,272	0,511

Descrizione Scenari di Intervento Ottimali:

- SCN1: Generatore di Calore + Valvole Termostatiche e Pompe inverter + LED
- SCN2: Cappotto + Valvole Termostatiche e Pompe inverter + Generatore + LED

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

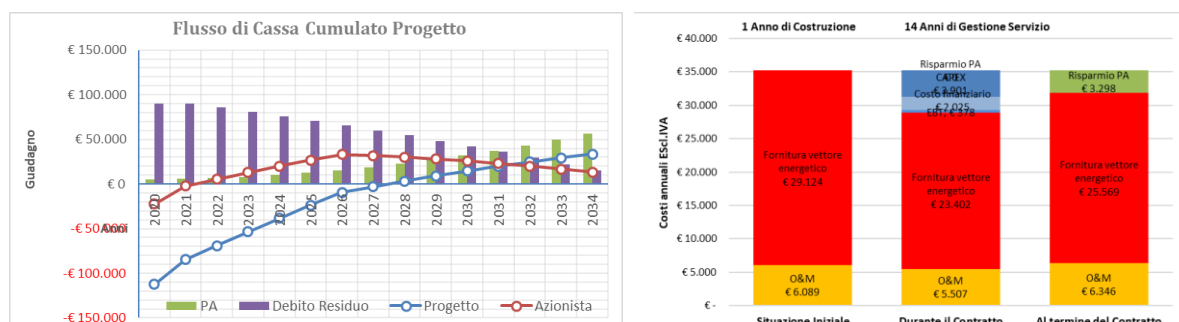
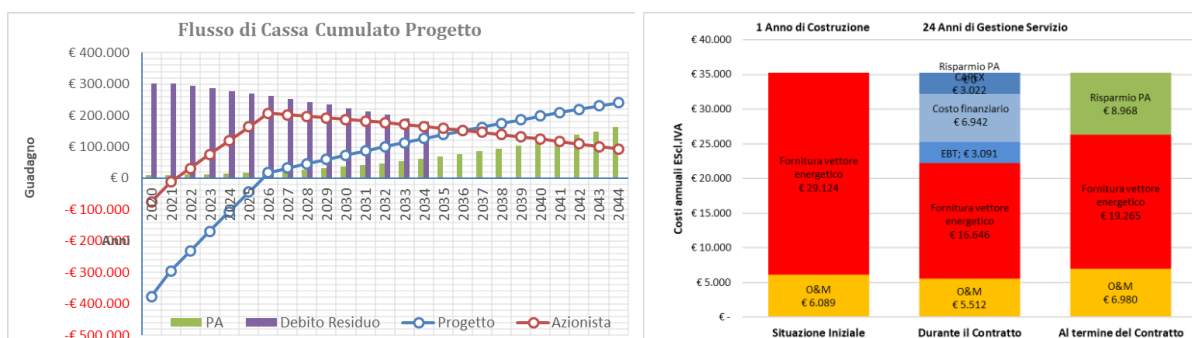


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata soprattutto ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. La sostituzione delle chiusure trasparenti (infissi) dell'involucro;
2. la coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio;
3. la sostituzione del generatore di calore;
4. l'installazione di valvole termostatiche in associazione all'installazione di pompe a inverter con regolazione della portata;
5. l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi singolarmente più interessanti sono la coibentazione e l'installazione di valvole termostatiche.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione degli infissi andrebbe affiancata sempre alla l'installazione di valvole termostatiche, per accedere all'incentivo del Conto Termico.

Poiché l'involucro della struttura ha un comportamento molto scadente a causa della stratigrafia delle murature (alcune anche in pessimo stato di conservazione) e della estrema vetustà degli infissi, rimane auspicabile la realizzazione di interventi volti al loro miglioramento.

Come si è visto, la realizzazione complessiva e simultanea degli interventi auspicabili risulta estremamente onerosa e insostenibile in caso di finanziamento esterno, sarebbe opportuno prevedere un piano di interventi graduale nel tempo, al fine di migliorare il comfort degli ambienti e diminuire la spesa economica di gestione degli impianti.

Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatermie e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

Dalle analisi effettuate risulta che nessuno degli scenari di investimento previsti risulta remunerativo. Si fa notare che i costi utilizzati, ricavati da listini ufficiali, prevedono solo una riduzione del 10%, per eliminare la quota di profitto dai prezzi unitari, ma non rispecchiano gli sconti reali ipotizzabili in sede di realizzazione.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta Nord



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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Efm s.p.a., il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Stefano Mazzetti, 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
Stefano Mazzetti		Sopralluogo in sito
Stefano Mazzetti		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Stefano Mazzetti		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Luca Bonanno	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luca Grossi	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Mazzetti	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sez. E F.9 Mapp. 1636 senza Sub. è sito nel Comune di Genova.

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

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		1974
Anno di ristrutturazione		NR
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 ATTIVITÀ SCOLASTICA
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4.770
Superficie disperdente (S)	[m ²]	8.667
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	21.460
Rapporto S/V	[1/m]	0,405
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	6.035
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.969

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	8.004
Tipologia generatore riscaldamento	GENERATORE A COMBUSTIONE IN ACCIAIO A BASAMENTO	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	700
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	6,50
Tipo di combustibile	METANO	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler Elettrici	
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	84,9
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	291.670
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	23.504
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	55.577
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	11.602

Nota (1): Valori di Baseline

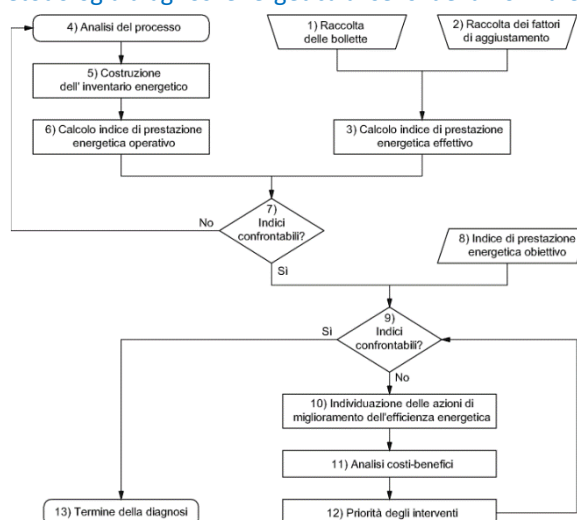
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati;**Error! Reference source not found.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) 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;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale NAMIRIAL TERMO Versione 4.2 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) N.66 del 15/03/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo di Genova Quezzi e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) 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 CO₂) 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.

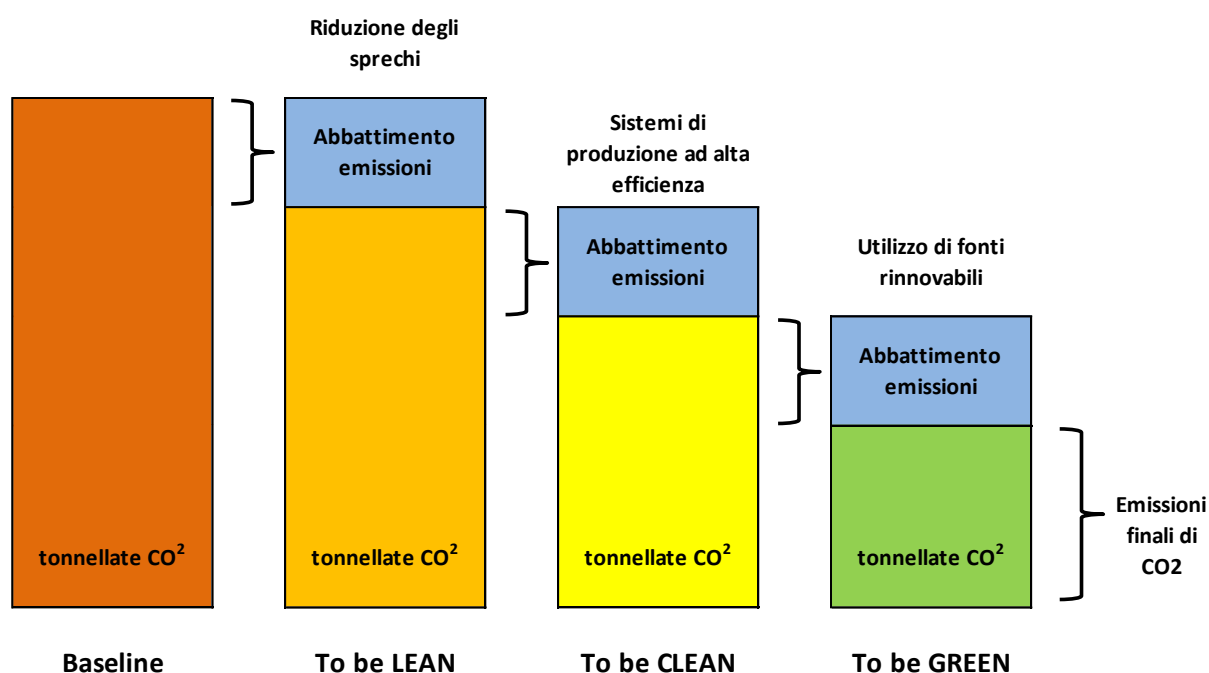
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire 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, etc.) individuando i principali indicatori economici d'investimento di seguito elencati:

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);

- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

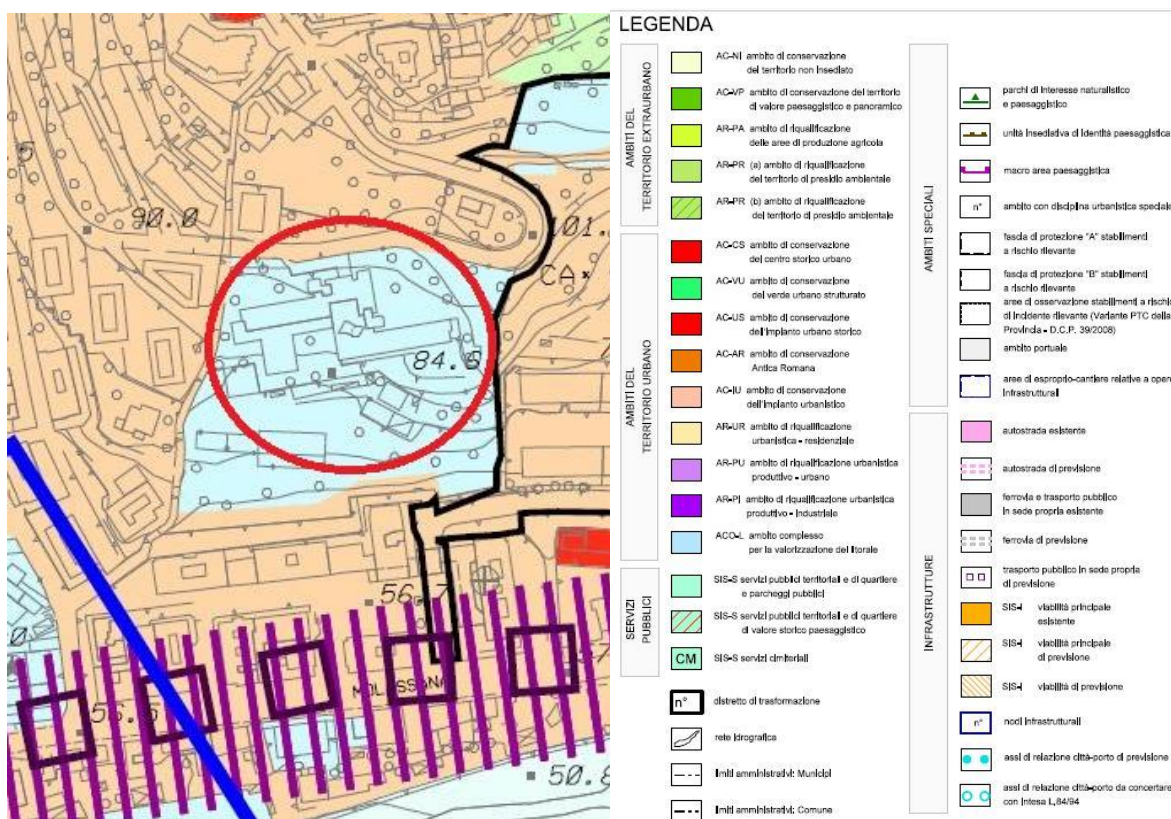
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona Distretti di trasformazione. In particolare l'edificio in esame rientra nel distretto n. 24 "Gavette". Le caratteristiche di tale distretto vengono riportate nella scheda seguente.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



L'edificio in esame ricade nell'ambito di piano "SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici".

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

L'edificio risale all'incirca al 1974, ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili.

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

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

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

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, nei quali è locata la scuola. Al piano terra sono presenti una mensa con refettorio, delle aule didattiche e il locale caldaia, primo e terzo piano ospitano aule didattiche e uffici mentre al secondo piano troviamo anche palestra e spogliatoi.



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

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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Refettorio, Mensa, centrale termica e aule didattiche	[m ²]	1.417	1.265	66
Primo	Aule didattiche e aula magna	[m ²]	1.136	1.045	0
Secondo	Palestra, spogliatoi e aule didattiche	[m ²]	1.465	1.375	0
Terzo	Aule didattiche e uffici	[m ²]	1.465	1.085	0
TOTALE		[m ²]	5.483	4.770	66

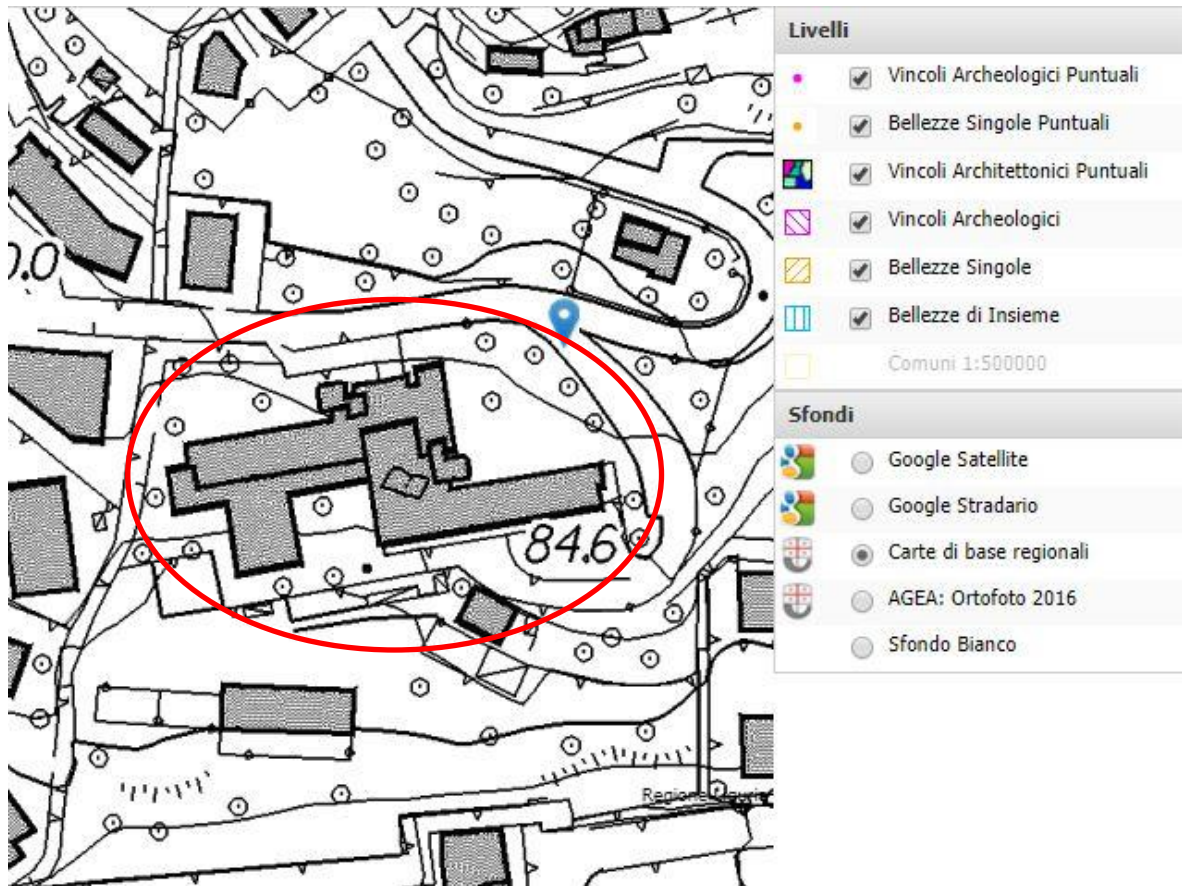
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

Dall'analisi dei vicoli, rilevabili nel sito della regione Liguria, l'edificio in esame non presenta vincoli architettonici, paesaggistici o archeologici.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



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

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA (4)	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Sostituzione Infissi Esterni	-		-
EEM 2: Coibentazione a cappotto dell’involucro edilizio	-		-
EEM 3: Sostituzione Generatore di Calore con altro ad Alta Efficienza	-		-
EEM 4: Installazione Valvole Termostatiche e Pompe Inverter	-		-
EEM 5: Installazione Impianto Illuminazione Led	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

- Non perseguibile
- Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
- Interferenza nulla

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.

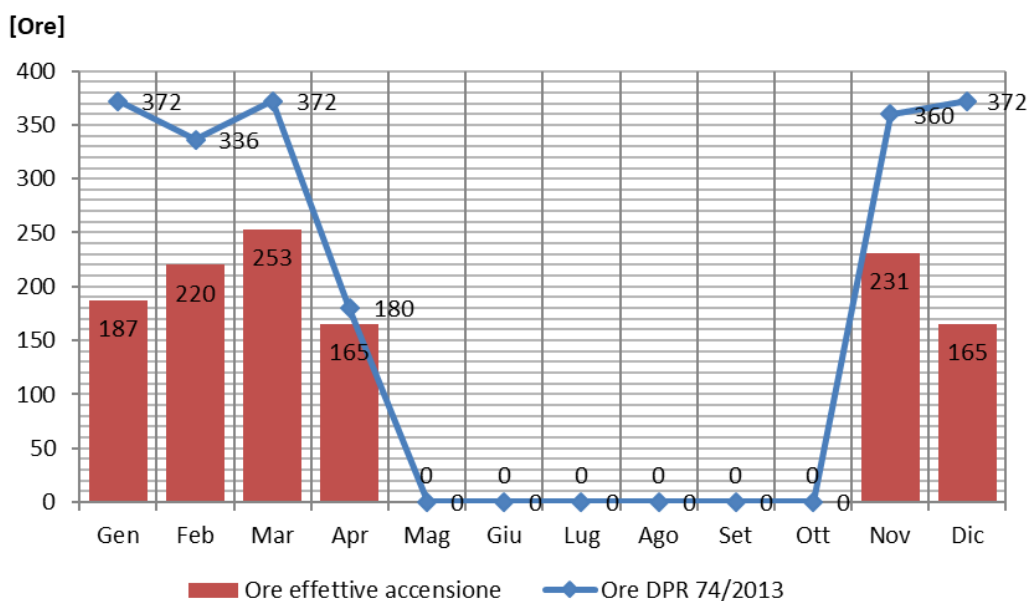
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio ed i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati durante il sopralluogo attraverso lettura di appositi cartelli affissi e richiesta al personale presente.

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 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.00 – 18.00	6.00 – 17.00
	sabato e domenica	CHIUSO	SPENTO
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	tutti i giorni	7.00 – 18.00	SPENTO

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale e/o utenti all'interno della struttura.

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 921 GG calcolati su 108 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	17	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	205	22%
Aprile	30	15,3	15	71	19	12	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	15	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
TOTALE	365	16,7	166	1421	208	108	921	100%

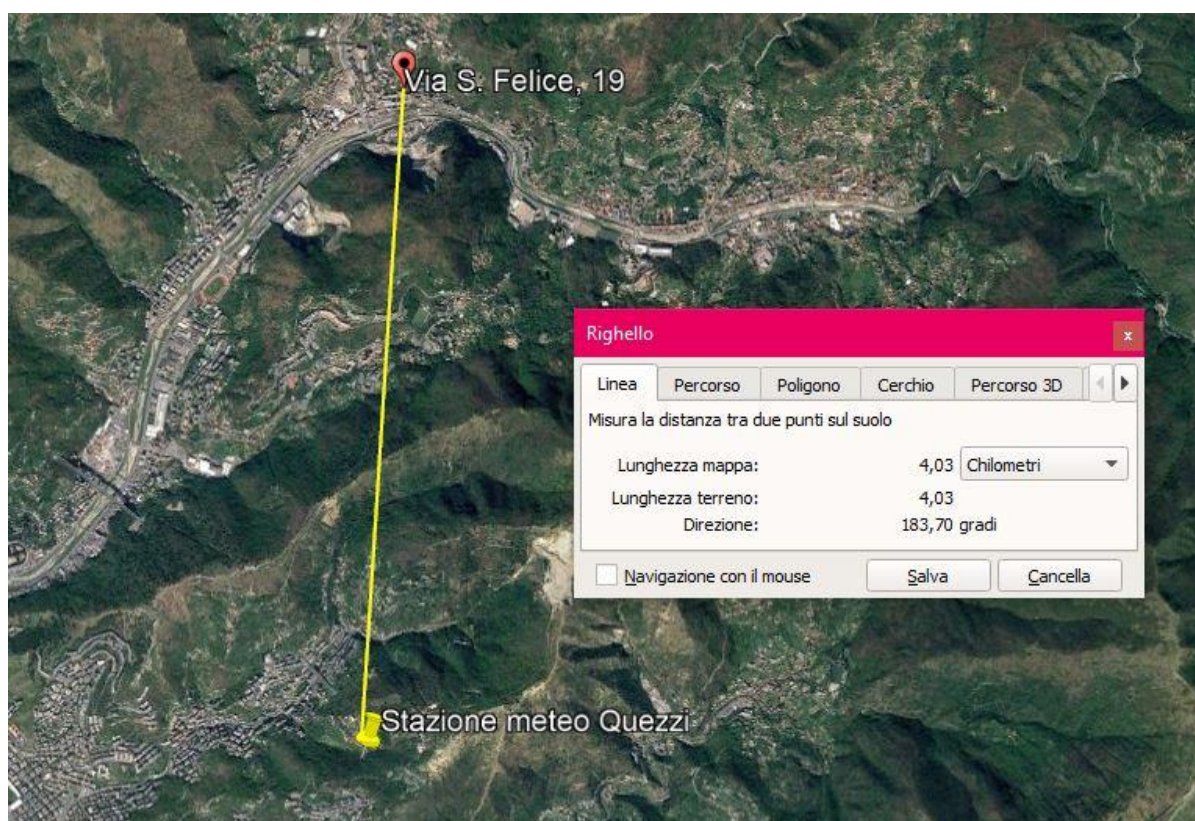
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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 - Quezzi.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE (circa 3 km in linea d'aria) e fornita di dati climatici completi (temperatura media dell'aria e umidità relativa).

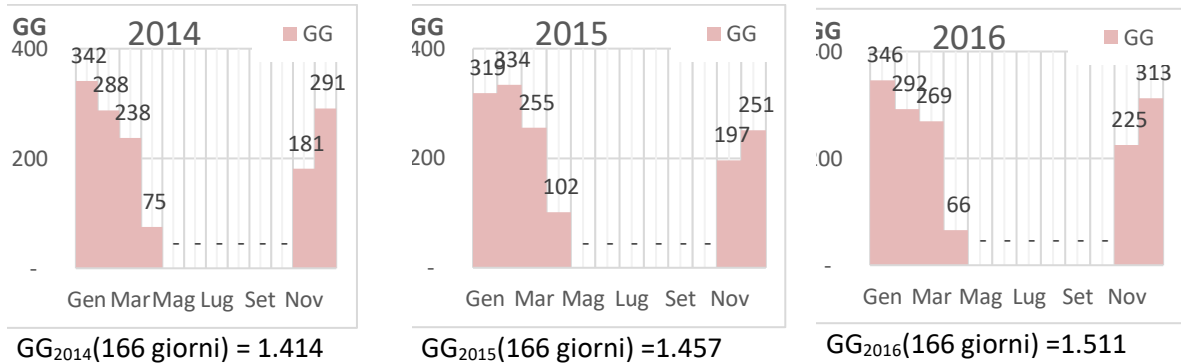
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

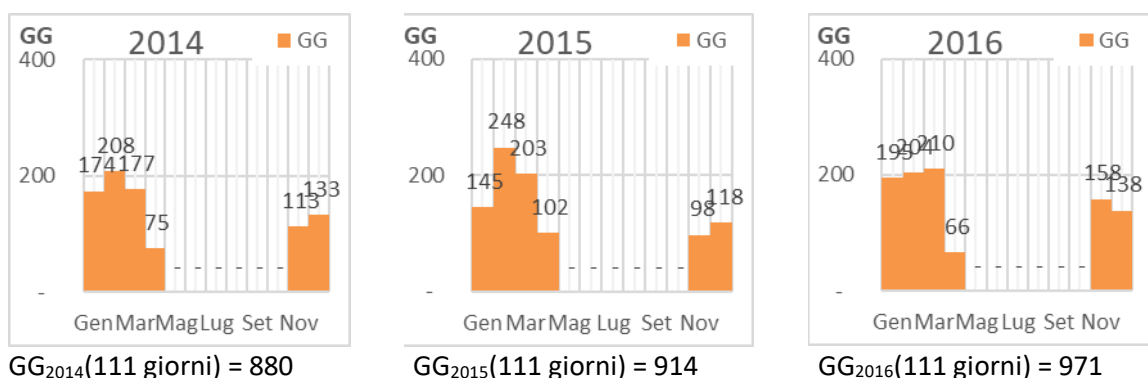


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 921 GG calcolati su 108 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



4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è composto da tamponature che chiudono la struttura portante in c.a.

Le tamponature presenti sono di due tipologie: una in muratura intonacata, presumibilmente realizzate con 2 paramenti in laterizio ed intercapedine, e l'altra con esterno in c.a. a vista, presumibilmente realizzate con una pannellatura in cemento esterna e una tamponatura interna in muratura intonacata.

Figura 4.1 - Particolare dell'involucro murario al piano terra



L'involucro murario è piuttosto sottile e non presenta un buon comportamento termico.

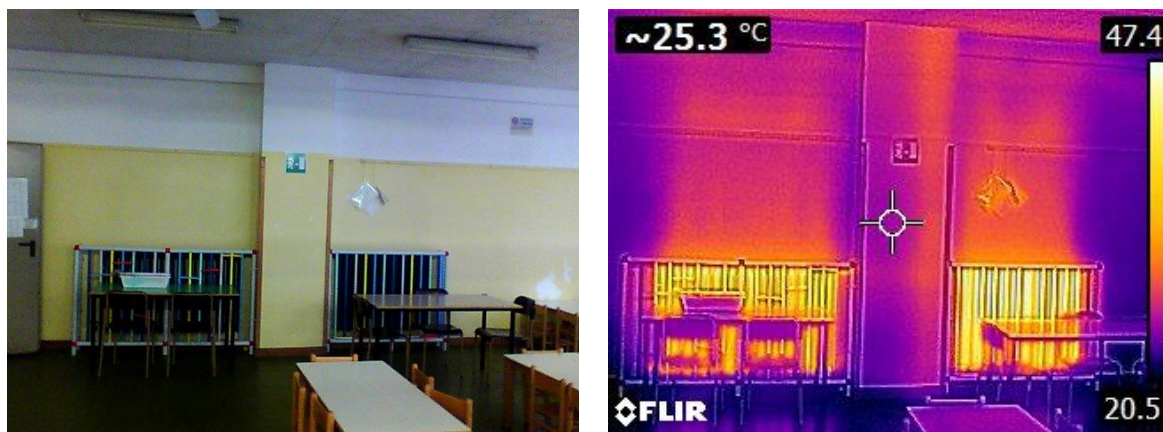
Figura 4.2 - Particolari della facciata



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera termocamera Flir modello E8. Le indagini sono state eseguite nel periodo invernale in accordo con la norma UNI 13187.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



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
Copertura	COP1	35	Non presente	1,486	Sufficiente
Muratura Esterna Intonacata	M1	30	Non presente	0,816	Sufficiente
Muratura Esterna Intonacata	M2	15	Non presente	1,491	Sufficiente
Muratura Esterna C.a. Faccia a vista	M3	30	Non presente	0,844	Mediocre
Basamento contro-terra	BAS1	34	Non presente	1,288	Sufficiente

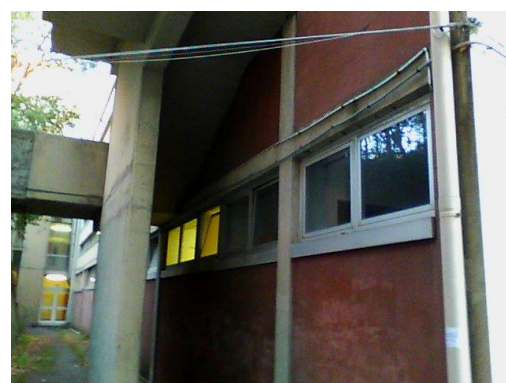
L'elenco completo dei componenti dell'involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti in alluminio (non a taglio termico) e vetro singolo.

Lo stato di conservazione è scadente ed i serramenti – tra l'altro alcuni di notevoli dimensioni - che causano elevate dispersioni termiche e creano un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti del piano terra



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 tramite l'utilizzo di termo camera termocamera Flir modello E8. Le indagini sono state eseguite nel periodo invernale in accordo con la norma UNI 13187.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Dalle analisi effettuate e dalla modellazione termica sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LxH] [m]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
ZONA TERMICA GENERALE						
Serramento	F1	5,8x2,4	Metallo	Vetro singolo	5,754	Mediocre
Serramento	F2	2,2x1,7	Metallo	Vetro singolo	5,846	Mediocre
Serramento	F3	1,05x1,7	Metallo	Vetro singolo	5,855	Mediocre
Serramento	F4	18,00x1,4	Metallo	Vetro singolo	5,808	Mediocre
Serramento	F5	0,6x2	Metallo	Vetro singolo	5,815	Mediocre
Serramento	F6	2,2x3,26	Metallo	Vetro singolo	5,757	Mediocre
Serramento	F7	4,2x2,05	Metallo	Vetro singolo	5,773	Mediocre
Serramento	F8	3,00x2,04	Metallo	Vetro singolo	5,767	Mediocre
Serramento	F9	6,5x1,4	Metallo	Vetro singolo	5,803	Mediocre
Serramento	F10	22,00x1,4	Metallo	Vetro singolo	5,810	Mediocre
Serramento	F11	2,00x0,7	Metallo	Vetro singolo	5,844	Mediocre
Serramento	F12	3,5x0,7	Metallo	Vetro singolo	5,792	Mediocre
Serramento	Fpal	4,2x1,05	Metallo	Vetro singolo	5,794	Mediocre
Serramento	Fpal2	0,6x1,05	Metallo	Vetro singolo	5,863	Mediocre

Porta finestra	PF1	1,0x2,2	Metallo	Vetro singolo	5,751	Mediocre
Porta finestra	PF2	1,2x2,2	Metallo	Vetro singolo	5,819	Mediocre

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un generatore a combustione: una caldaia a basamento posta nel locale caldaia per riscaldamento.

La centrale termica principale ha singola mandata con pompa gemellare e tre stacchi.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori in ghisa



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
ZONA TERMICA PRINCIPALE	Radiatori	93%
ZONA TERMICA PALESTRA	Aerotermi	95%
ZONA TERMICA MENSA	Monosplit (Pompa di calore)	94%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra (Zona Principale)	Parete	64	0,54 – 4,05	151,52	0	0
Terra (Zona mensa)	Parete	2	3,95	7,9	3,25	6,5
Primo	Parete	37	0,54 – 3,38	78,38	0	0
Secondo	Radiatori a parete	33	0,54 – 3,38	71,89	0	0
Secondo (Palestra)	Aerotermi a soffitto	2	nr	nr	0	0
Terzo	Parete	40	0,54 – 4,05	104,69	0	0

TOTALE	176	406,48	0	0
--------	-----	--------	---	---

Le potenze dei terminali di emissione sono state ricavate dai dati forniti dalla PA, confrontati in sede di sopralluogo in maniera visiva secondo stime sulla tipologia di radiatore, la dimensione e il numero di elementi.

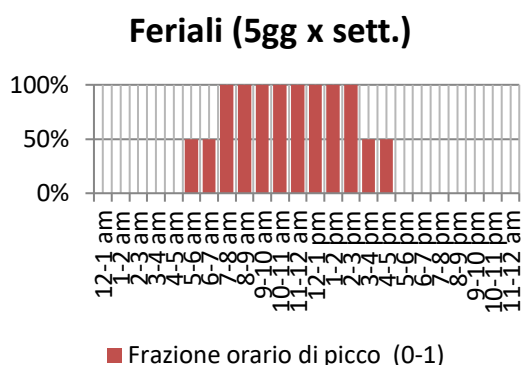
L'elenco delle tipologie dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point, che al momento del sopralluogo (periodo invernale) era impostata a 20°C.

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

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



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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di riscaldamento per il corpo principale ha mandata con pompa gemellare con funzionamento alternato, che si sdoppia subito dopo la pompa.
- 2) Circuito per riscaldamento Palestra con pompa gemellare dedicata con funzionamento alternato.
- 3) La zona Mensa della Materna al Piano Terra ha un impianto di riscaldamento/raffrescamento dedicato con 2 pompe di calore monosplit.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

SERVIZIO	N.	MARCA / MODELLO	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW]
Circuito primario riscaldamento	2	LOWARA/FCG 50-8T	0,51
Circuito primario riscaldamento	2	LOWARA/FCG 80-12T	1,7
TOTALE			4,42

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
CIRCUITO PRINCIPALE RISCALDAMENTO	Mandata	Caldo	66.5 ⁽¹⁾	70 ⁽²⁾
	Ritorno	Caldo	45 ⁽¹⁾	55 ⁽²⁾
CIRCUITO RISCALDAMENTO PALESTRA	Mandata	Caldo	65 ⁽¹⁾	70 ⁽²⁾
	Ritorno	Caldo	45 ⁽¹⁾	55 ⁽²⁾

Nota (1): Valori ricavati in sede di sopralluogo

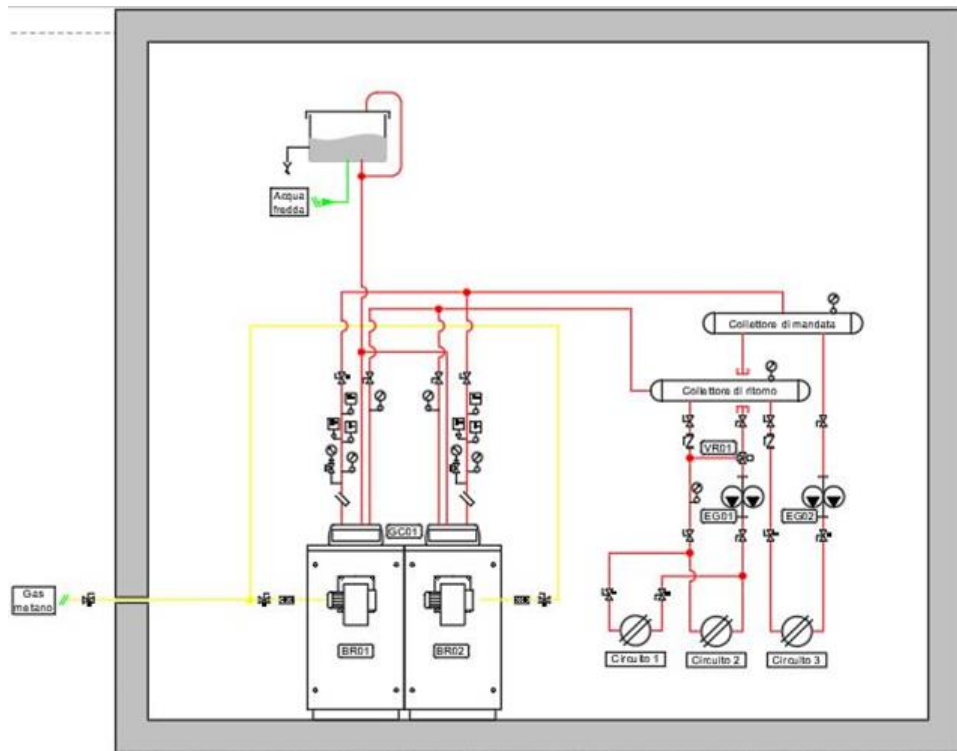
Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare un sufficiente riscontro tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo.

Figura 4.8 – Indagini diagnostiche circuito di MANDATA



Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 024-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 89%, calcolato con il software certificato Namirial TERMO, che applica quanto previsto dalla norma UNI/TS 11300-2.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica con due caldaie a basamento "UNICAL TRISECAL 3P DUO 350" a servizio della scuola (solo riscaldamento).

Figura 4.10 - Particolare delle caldaie a basamento



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio		MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO
Gen 1	Riscaldamento	UNICAL	TRISECAL 3P DUO 350	2002	377	350	89%
Gen 2	Riscaldamento	UNICAL	TRISECAL 3P DUO 350	2002	377	350	89%

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 89%, calcolato con il software certificato Namirial TERMO, che applica quanto previsto dalla norma UNI/TS 11300-2.

Tale valore del rendimento è stato confrontato con i valori riportati sul Libretto di Impianto relativi ai risultati della prova fumi i cui valori risultano leggermente superiori (media 96,5%).

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio. La produzione è eseguita tramite boiler elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici.

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

Tabella 4.8.

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



Tabella 4.8 – 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%	99%	na	95%	75%(*)	na

(*) Rendimento calcolato come rapporto tra potenza termica erogata su potenza elettrica assorbita.

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo è effettuata grazie alla presenza di due sistemi monosplit a pompa di calore Fujitsu mod. AOY12USCC.

Figura 4.12 - Particolare di uno dei monosplit interni



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Rendimenti dell’impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
97%	98%	na	na	96%	60%

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non esiste impianto per la ventilazione meccanica controllata.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate 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]
Zona 1	PC	19	250	4750	34770
Zona 1	Distributore snack	1	500	500	8040
Zona 1	Stampanti	3	500	1500	2745
Zona 1	Ascensore	2	4000	8000	670
Zona 1	Lim	8	100	800	2680
Zona 1	Distributore caffè	2	500	1000	1830
Zona 1	Fotocopiatrice	1	1500	1500	1675

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'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]
Zona mensa scuola materna	Fluorescente	12	36	432
Zona 1	Fluorescente	368	36	13248
Zona 1	Fluorescente	100	72	7200
Zona 1	Fluorescente	72	18	1296
Zona 1	Fluorescente	5	36	180
Esterno	Fluorescente	3	112	336
Esterno	Fluorescente	8	72	576
Esterno	Fluorescente	1	18	18
Esterno	Alogena	11	1000	11000
Zona palestra	Fluorescente	3	36	108

Lampade a neon installate a soffitto.

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.

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade neon di diverse tipologie e taglie.

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti installati a soffitto



Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel refettorio



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

Attualmente è presente un impianto Fotovoltaico installato sulla copertura opaca al di sopra delle aule, con un potenza di picco di circa 18,0 kWp. Il suddetto impianto è costituito da 72 moduli in silicio policristallino, installati con inclinazione 30° e orientamento sud/sud-est.

Figura 4.15 - Vista dell'impianto fotovoltaico



Tabella 4.12 – Caratteristiche impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE [mq]	TIPO DI MODULI	POTENZA INSTALLATA [kW]	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODOTTA [kWh/anno]
Fotovoltaico	117	Policristallini	18	14%	22000

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

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il Gas Metano.

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

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

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

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

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

- N. 1 – 3270050351837 a servizio della Centrale termica per il riscaldamento

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 de m³ di gas rilevati dalla società di fornitura gas e manutenzione 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 [mc] metano	2014 [lt] gasolio	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270050351837	Riscaldamento	22.065	12.611	30.189	27.146	335.091	284.376	255.715

Le fatture relative ai consumi termici non sono a disposizione della PA in quanto il contratto di fornitura del vettore energetico è in capo ad un soggetto terzo tramite appalto Servizio Integrato Energia. I consumi storici riportati sono desunti dal file *kyotoBaseline-EXXX rev09.xlsx*.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

Anno	Ggreali su 108 giorni reali di occupazione	GG _{Rif}	Consumo Reale [Smc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Nmc]	Fattore di conversione [Smc/Nmc]	Potere calorifico inferiore [kWh/Smc]	Consumo Reale [kWh]	Fattore di normalizzazione α_{rif}	Consumo normalizzato a 921 GG [kWh]
2014	880	921	34.322	9,94	1,0549	9,42	335.091	380,9	350.930
2015	914	921	30.189	9,94	1,0549	9,42	284.376	311,2	286.768
2016	971	921	27.146	9,94	1,0549	9,42	255.715	263,3	242.599
Media	922	921	30.552				291.727	316,6	291.670

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è piuttosto variabile: tale variabilità non va imputata alla realizzazione di interventi di efficientamento, quanto alla variabilità del livello di servizio all'interno degli ambienti.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.44:

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
\bar{Q}_{ACS}	0
\bar{Q}_{ALTRO}	0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	291.670
$Q_{baseline}$	291.670

5.1.2 Energia elettrica

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

- Piano Terra – Refettorio, Mensa, centrale termica e aule didattiche
- Primo Piano - Aule didattiche e aula magna
- Secondo Piano - Palestra, spogliatoi e aule didattiche
- Terzo Piano - Aule didattiche e uffici

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097420	NR	55.609	56.434	54.689(*)	60.387
TOTALE		55.609	56.434	54.689(*)	EEbaseline 55.577

Nota (*) A causa della mancanza di diverse fatture, alcuni consumi mancanti dell'anno 2016 sono stati ricavati mediante riproporzionamento dei consumi del mese corrispondente nell'anno precedente.

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX) ed è emerso un leggero scostamento dei consumi rilevati dalle fatture rispetto a quanto elaborato nel suddetto file:

ANNI	2014	2015	2016	MEDIA
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
VALORI TOTALI da kyotoBaseline-EXXXX	58.730	60.619	61.813(*)	EEbaseline 60.387

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 55.577 kWh.

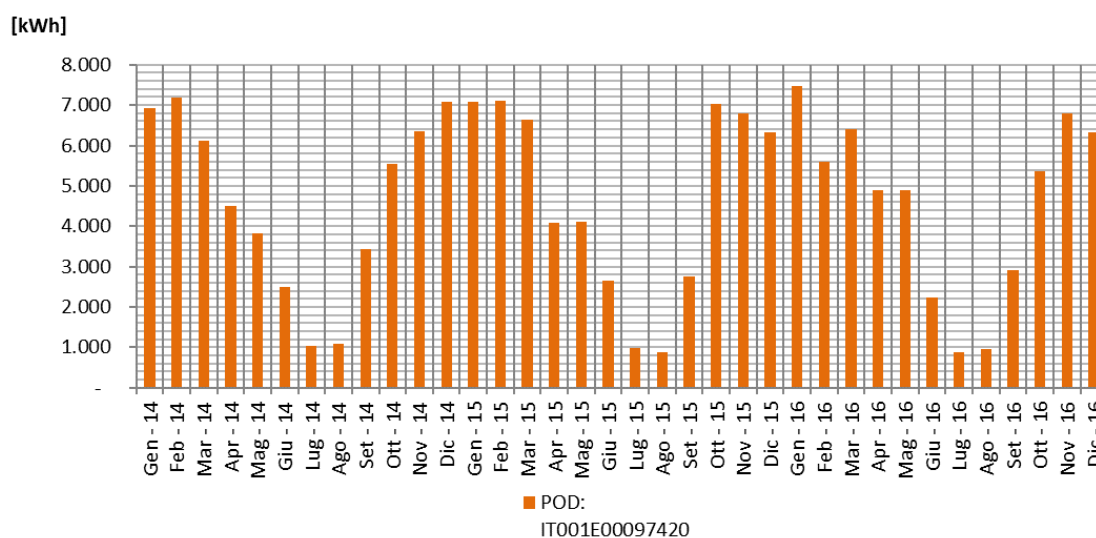
Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097420	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.255	1.621	3.056	6.932
Feb - 14	5.385	963	834	7.182
Mar - 14	4.315	918	893	6.126
Apr - 14	3.124	669	718	4.511
Mag - 14	2.543	611	677	3.831
Giu - 14	1.498	400	596	2.494
Lug - 14	180	249	605	1.034
Ago - 14	170	237	680	1.087
Set - 14	2.234	571	626	3.431
Ott - 14	3.956	930	654	5.540
Nov - 14	4.455	932	962	6.349
Dic - 14	5.269	965	858	7.092
Totale	35.384	9.066	11.159	55.609
POD: IT001E00097420	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	5.259	965	858	7.082
Feb - 15	5.246	1.080	788	7.114
Mar - 15	4.780	1.020	848	6.648
Apr - 15	2.875	558	649	4.082
Mag - 15	2.621	733	747	4.101
Giu - 15	1.531	455	668	2.654
Lug - 15	145	297	527	969
Ago - 15	148	244	485	877
Set - 15	1.533	544	669	2.746
Ott - 15	5.256	1.060	709	7.025
Nov - 15	5.086	1.026	687	6.799
Dic - 15	4.644	846	847	6.337
Totale	39.124	8.828	8.482	56.434
POD: IT001E00097420	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	5.543	1.016	915	7.474
Feb - 16	4.030	827	731	5.588
Mar - 16	4.571	1.023	799	6.393
Apr - 16	3.221	914	756	4.891
Mag - 16	3.504	717	677	4.898
Giu - 16	1.251	376	610	2.237

Lug - 16	46	226	595	867
Ago - 16	61	267	617	945
Set - 16	1.767	503	636	2.906
Ott - 16	3.771	869	714	5.354
Nov - 16	5.086	1.026	687	6.799
Dic - 16	4.644	846	847	6.337
Totale	37.495	8.610	8.584	54.689

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

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



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

Tali valori sono riportati nella Tabella 5.77.

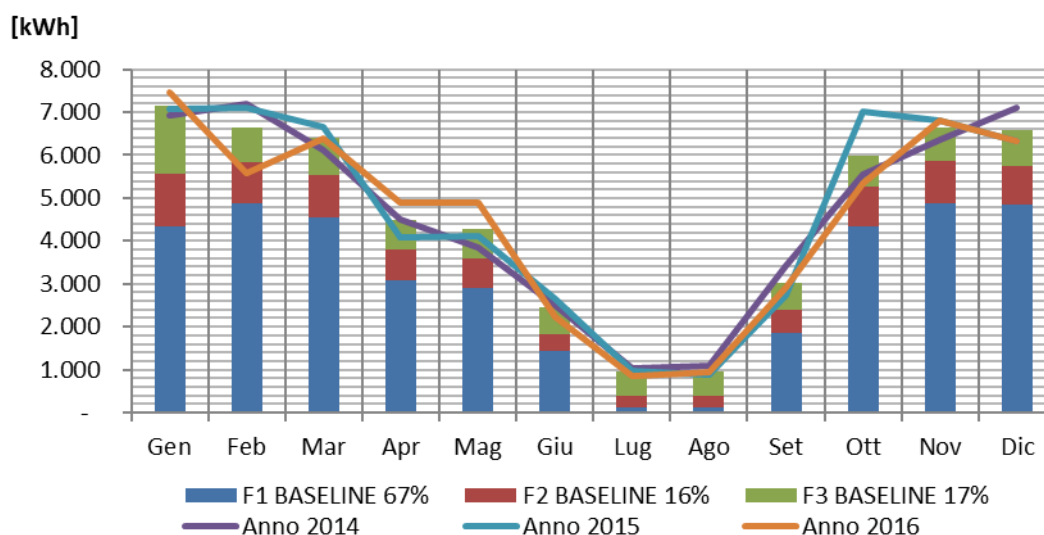
Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	4.352	1.201	1.610	7.163
Feb	4.887	957	784	6.628
Mar	4.555	987	847	6.389
Apr	3.073	714	708	4.495
Mag	2.889	687	700	4.277
Giu	1.427	410	625	2.462
Lug	124	257	576	957
Ago	126	249	594	970
Set	1.845	539	644	3.028
Ott	4.328	953	692	5.973

Nov	4.876	995	779	6.649
Dic	4.852	886	851	6.589
Totale	37.334	8.835	9.408	55.577

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti costanti per i tre anni (non si rilevano aumenti o diminuzioni significative).

Si nota la presenza di un consumo di base anche nei mesi estivi, dovuto in parte agli oneri di consumo fissi in parte alla presenza di personale addetto all'amministrazione all'interno della scuola anche nei mesi estivi.

Non è stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici, in quanto l'utenza non è monitorata sul portale della società di distribuzione.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.88.

Tabella 5.8 - 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
---------	---------

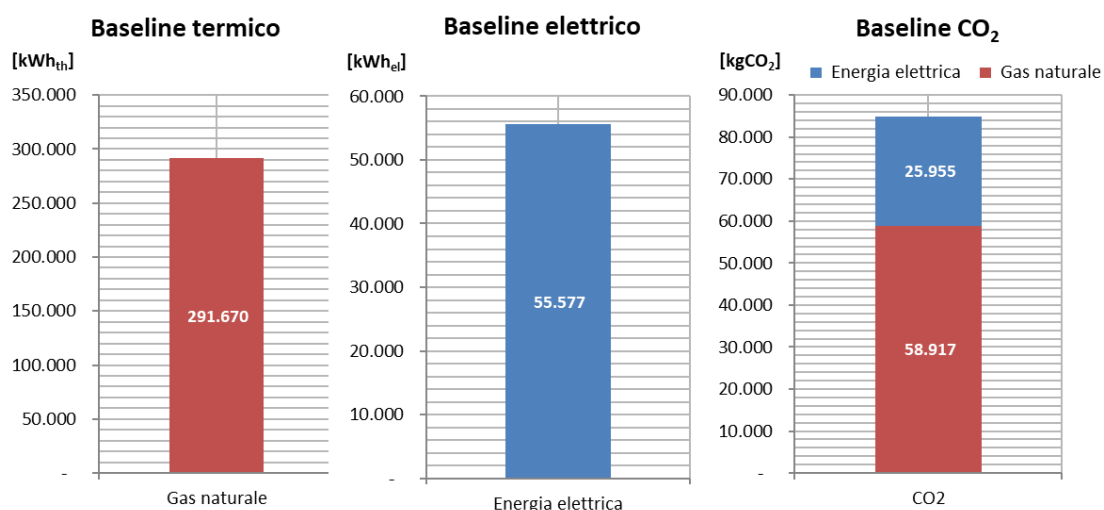
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.9 e nella Figura 5.3

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO ₂
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Gas naturale	291.670	0,202	58.917
Energia elettrica	55.577	0,467	25.955
TOTALE			84.872

Figura 5.3 – 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 5.10 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	4.770	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	5.198	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	23.030	m ³

Nella Tabella 5.12 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.12 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	291.670	1,05	306.253	64,2	58,9	13,3	12,35	11,33	2,56
Energia elettrica	55.577	2,42	134.497	28,2	25,9	5,8	5,44	4,99	1,13
TOTALE			440.750	92	85	19	18	16	4

Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	291.670	1,05	306.253	64,2	58,9	13,3	12,35	11,33	2,56
Energia elettrica	55.577	1,95	108.376	22,7	20,8	4,7	5,44	4,99	1,13
TOTALE			414.629	87	80	18	18	16	4

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

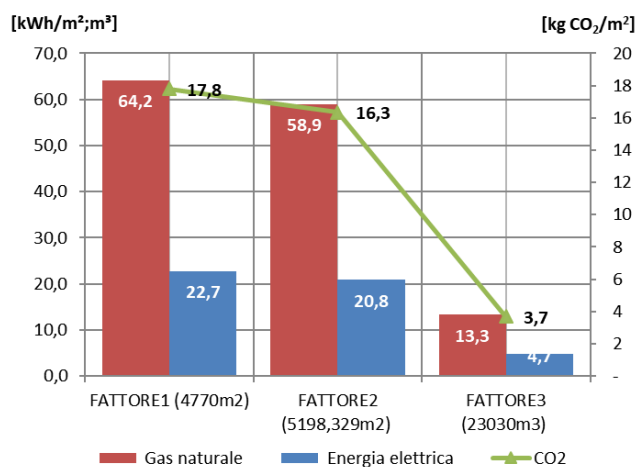
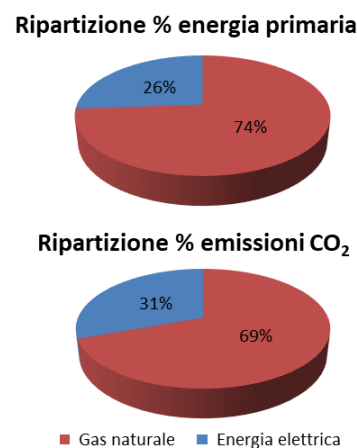


Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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 5.14 – 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	19,1	15,4	12,9	na	na	na
Energia elettrica	na	na	na	21,2	21,9	22,3

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo per tutti gli indici risulta una prestazione insufficiente, fatta eccezione per gli indici relativi al riscaldamento, che sono risultati sufficienti o buoni per tutti e tre gli anni.

Per i dettagli sulle valutazioni effettuate vedere Allegato M – Report di Benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	125,72	112,75
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	89,63	87,79
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,22	0,18
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0,46	0,31
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	34,12	24,47
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,29	1,04
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno		22,92

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)

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	CONSUMO [m ³ /anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	40.444	
Energia Elettrica		70.048
Solare fotovoltaico		19.712

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogni energetici risultanti 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	$E_{exp,el}$

(*) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor facendo riferimento alle norme.

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 gli orari ed i giorni di effettivo funzionamento degli impianti.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	95,22	86
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	70,96	69,5
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,24	0,2

Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0,1
Illuminazione artificiale	EP _l	kWh/mq anno	22,73	16,3
Trasporto di persone e cose	EP _t	kWh/mq anno	1,29	1,04
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno		17,5

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

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

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale	32.017	
Energia Elettrica		46.660
Solare fotovoltaico		19.712

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

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

$Q_{teorico}$ [kWh/anno]	$Q_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
295.144	291.670	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 0 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

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

$EE_{teorico}$ [kWh/anno]	$EE_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
56.271	55.577	1%

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

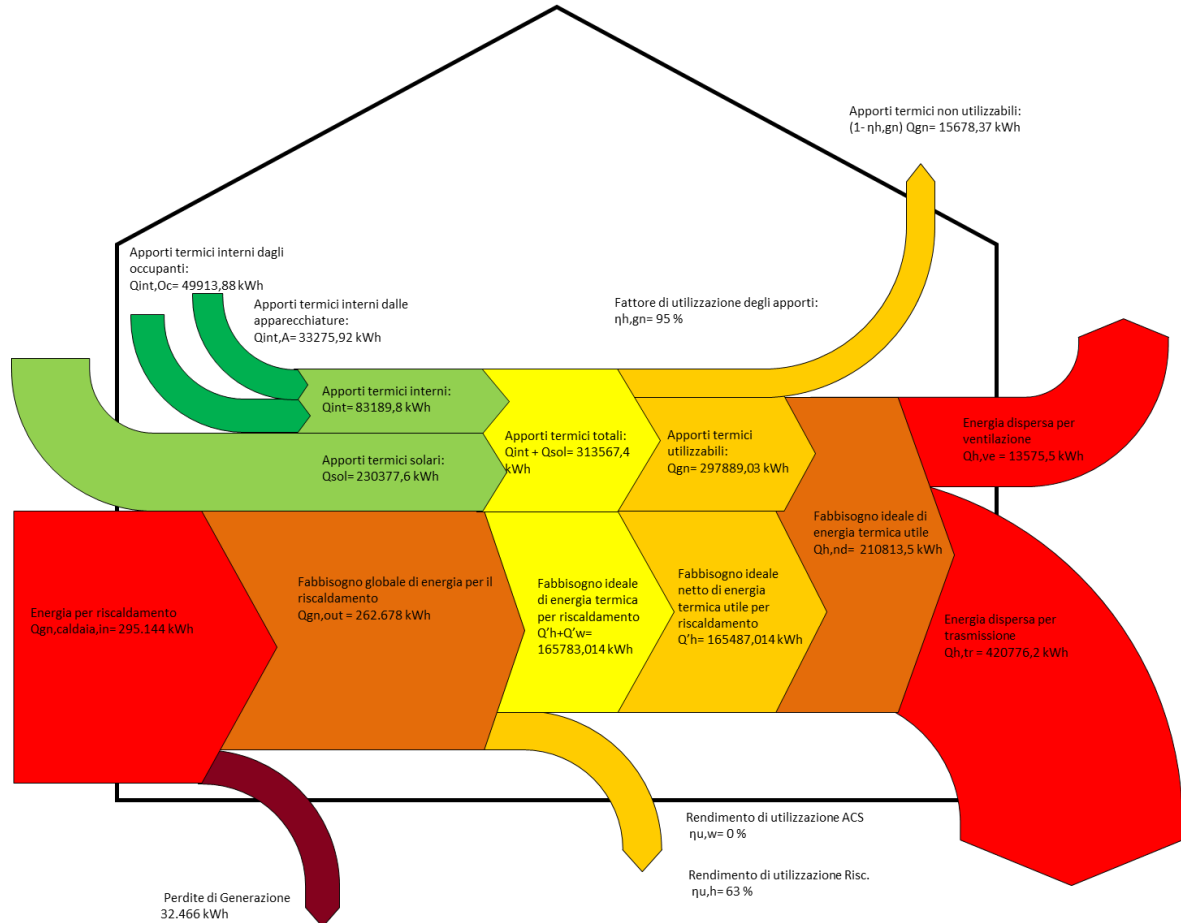
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-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

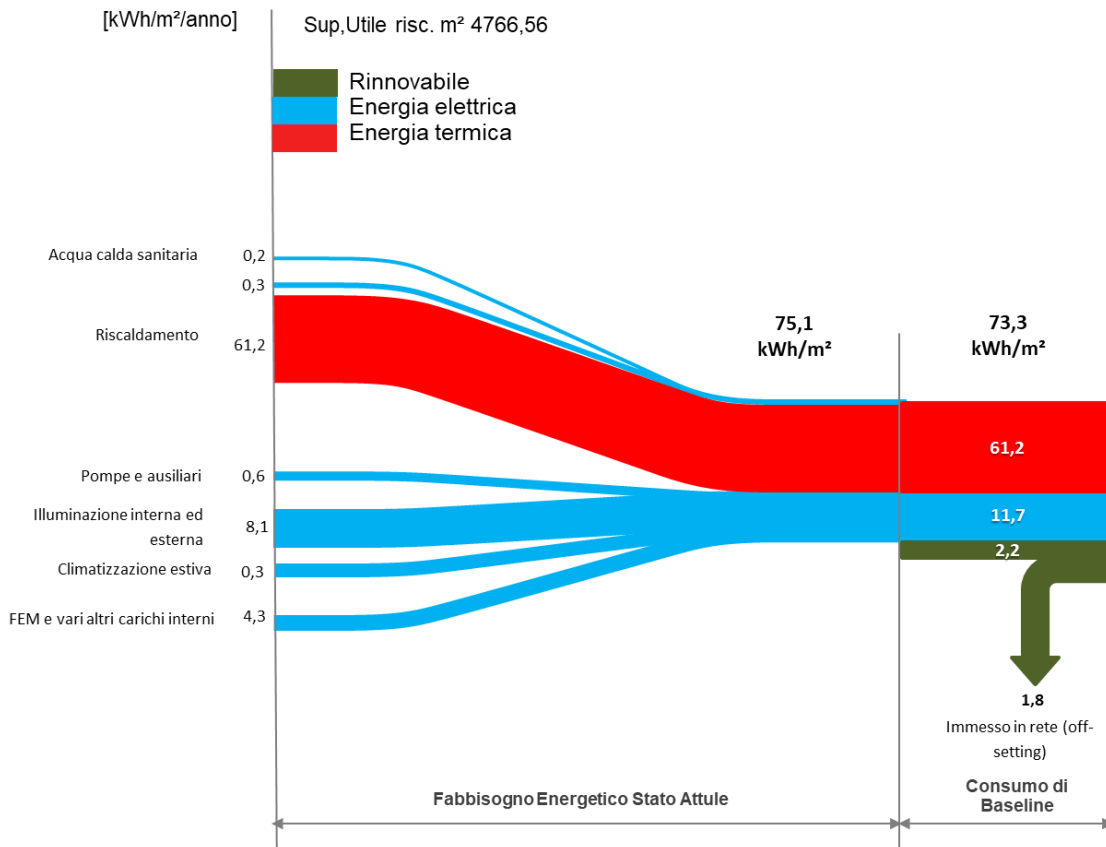
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che le perdite di generazione, dovute alla caldaia obsoleta, non sono trascurabili e contribuiscono alla dispersione energetica dell'edificio. Si osserva inoltre che la quota di energia dispersa per trasmissione è importante, vista la scarsa capacità di isolamento dell'involucro.

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

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



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

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

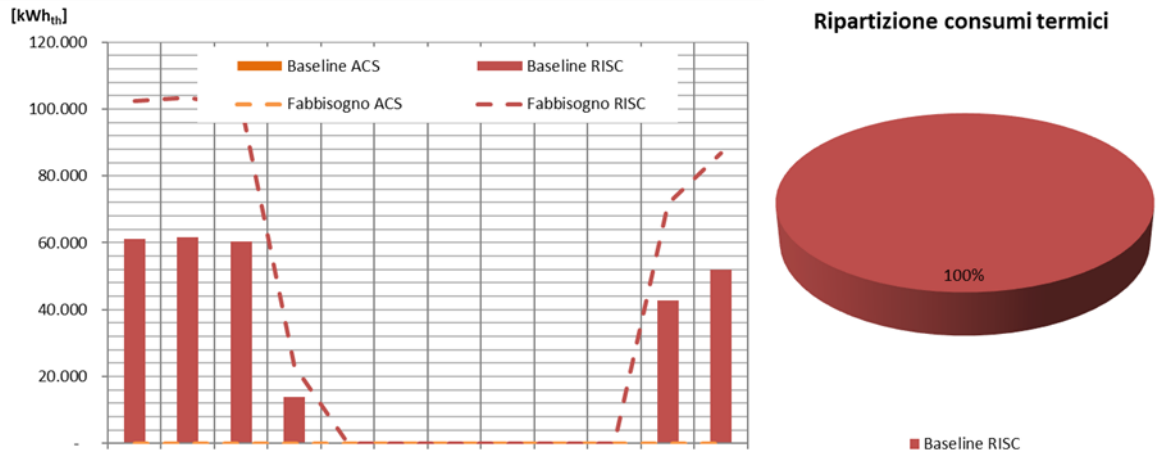
Nel caso in cui i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati rispetto alla Baseline, i consumi specifici riportati nel diagramma vengono rappresentati come dei consumi normalizzati al baseline.

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

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE. Tale profilo può essere confrontato con il profilo mensile del che si otterrebbe tramite la normalizzazione dei consumi di Baseline attraverso l’utilizzo dei GG di riferimento di cui al Capitolo 3.1 Il confronto tra i due profili è riportato in Figura 6.3.

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



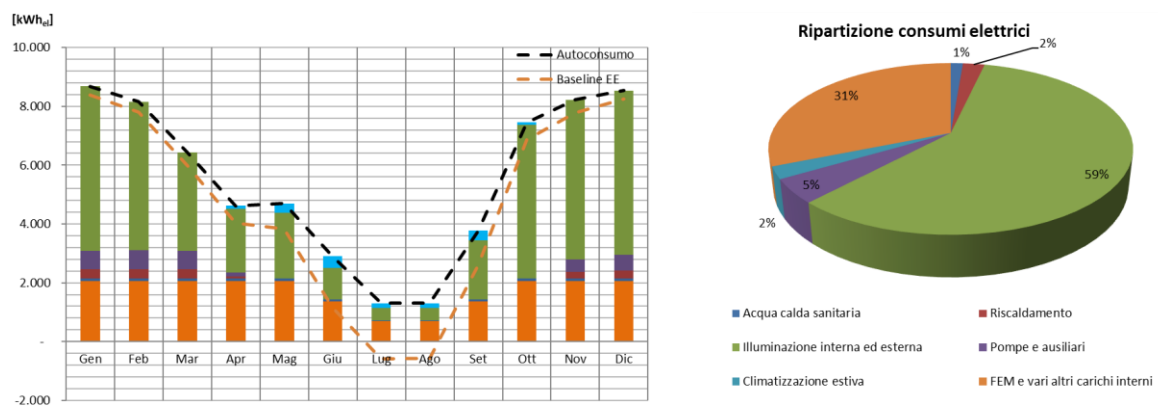
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all’utilizzo per il riscaldamento dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’illuminazione interna dei locali e all’assorbimento legato alle utenze elettriche presenti, pertanto gli interventi migliorativi proposti dal punto di vista elettrico, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite il PDR 3270050351837, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270050351837: 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;

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI).

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

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

PDR: 3270050351837	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Feb - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mar - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Apr - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mag - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ago - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Set - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Nov - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Dic - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!
PDR:	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)

E305 Materna Cà di Ventura – Elementare Santullo

ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Feb - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mar - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Apr - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mag - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ago - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Set - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Nov - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Dic - 15	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!
PDR:	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	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Feb - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mar - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Apr - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Mag - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Giu - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Lug - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ago - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Set - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Ott - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Nov - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Dic - 16	4.862	266	200	133	1.201	6.663	-	-
Totale	4.862	266	200	133	1.201	6.663	-	#DIV/0!

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

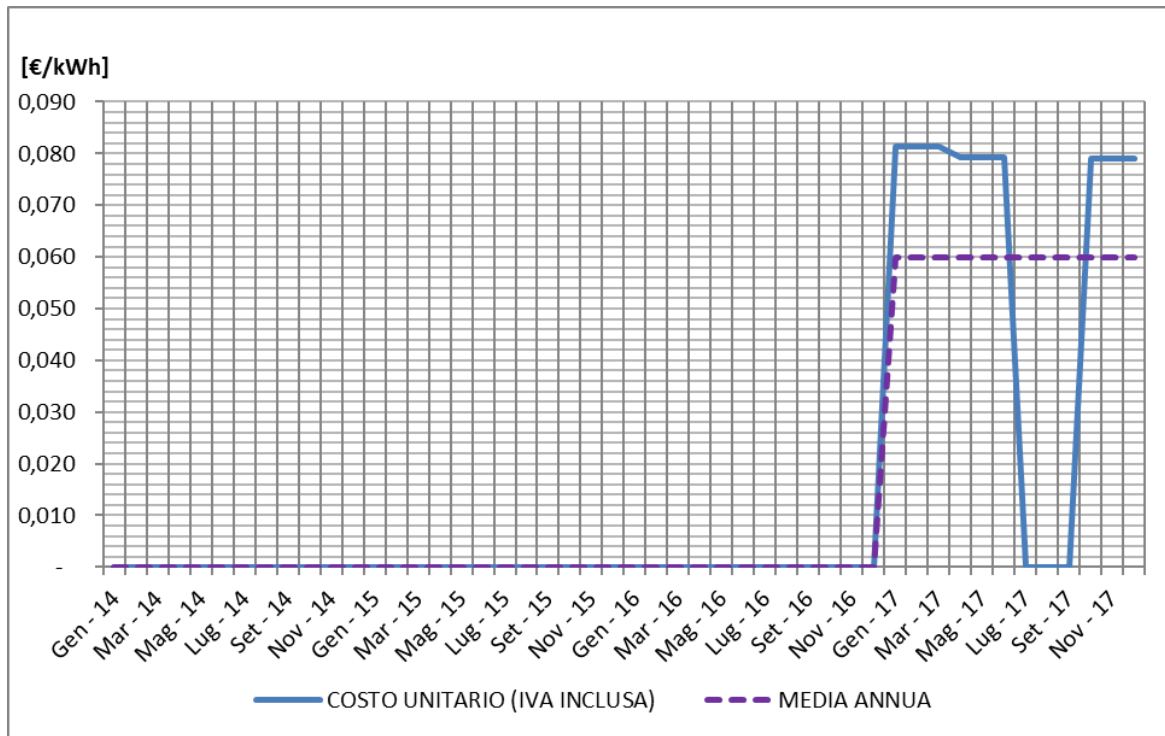
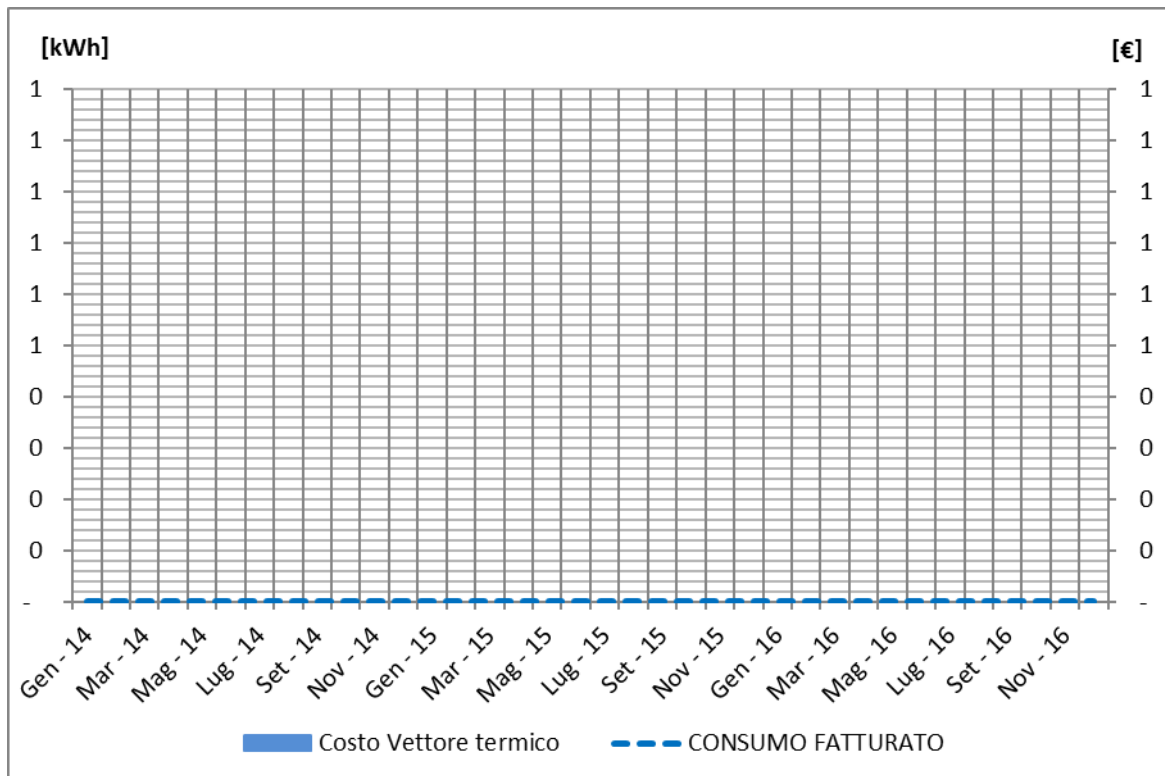


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto POD, come di seguito elencato:

- POD 1 IT001E00097420: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E’ stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00097420	2014	2015	2015	2016	2016
Indirizzo di fornitura					
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Edison	Edison	Gala	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015	01/04/2015	01/01/2016	01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015	31/12/2015	31/03/2016	31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	53,00 kW	53,00 kW	53,00 kW	53,00 kW	41,00 kW
Potenza elettrica disponibile	53,00 kW	53,00 kW	53,00 kW	53,00 kW	53,00 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza altri usi	Utenza altri usi	Altri usi
Opzione tariffaria (*)	Genova-2013-NEW	Genova-2013-NEW	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP EE12 - L2	CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica (**)	0,200	0,152	0,152	0,128	0,128

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

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

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che l'amministrazione aderisce alle tariffe del mercato libero.

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

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

POD: IT001E00097420	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	526	12	666	87	129	1.420	6.932	0,205
Feb - 14	569	12	744	90	144	1.558	7.182	0,217
Mar - 14	508	12	631	77	123	1.351	6.126	0,221
Apr - 14	352	12	524	56	97	1.042	4.511	0,231
Mag - 14	296	12	435	48	81	872	3.831	0,228
Giu - 14	189	12	320	31		56	2.494	0,023
Lug - 14	67	12	111	12	21	223	1.034	0,215
Ago - 14	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	1.087	-
Set - 14	263	12	394	43	73	785	3.431	0,229
Ott - 14	431	12	601	69	114	1.227	5.540	0,221
Nov - 14	484	12	678	79	130	1.382	6.349	0,218
Dic - 14	458	12	658	76		1.204	7.092	0,170
Totale	4.142	131	5.761	669	911	11.119	55.609	0,200
POD: IT001E00097420	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	515	12	688	89		1.303	7.082	0,184

Feb - 15	494	12	678	89		1.273	7.114	0,179
Mar - 15	441	12	609	83		1.146	6.648	0,172
Apr - 15	270	14	316	51		650	4.082	0,159
Mag - 15	211	14	247	40		512	4.101	0,125
Giu - 15	197	14	235	38		484	2.654	0,182
Lug - 15	152	14	210	33		409	969	0,422
Ago - 15	143	14	219	35		411	877	0,469
Set - 15	132	14	219	35		400	2.746	0,146
Ott - 15	130	15	241	36		422	7.025	0,060
Nov - 15	225	29	361	72		686	6.799	0,101
Dic - 15	476	29	315	78		898	6.337	0,142
Totale	3.387	191	4.338	677	-	8.594	56.434	0,152
POD: IT001E00097420	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	851	14	343	219		1.428	7.474	0,191
Feb - 16	1.157	14	604	136		1.912	5.588	0,342
Mar - 16	621	14	498	80		1.214	6.393	0,190
Apr - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	4.891	-
Mag - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	4.898	-
Giu - 16	153	14	215	28	41	451	2.237	0,202
Lug - 16	49	14	86	11	16	176	867	0,203
Ago - 16	48	14	94	12	19	187	945	0,198
Set - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	2.906	-
Ott - 16	457	14	505	67	105	1.149	5.354	0,215
Nov - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	6.799	-
Dic - 16	139	37	56	149	84	465	6.337	0,073
Totale	3.476	138	2.402	701	264	6.982	54.689	0,128

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

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

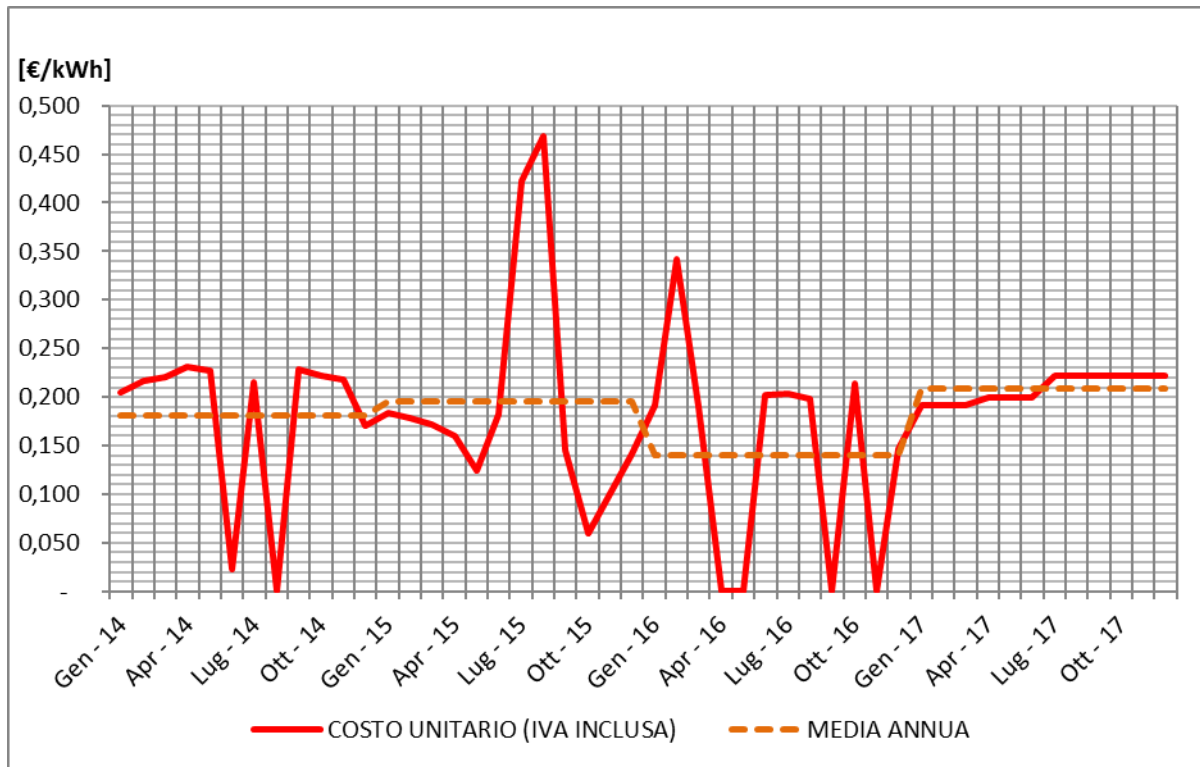
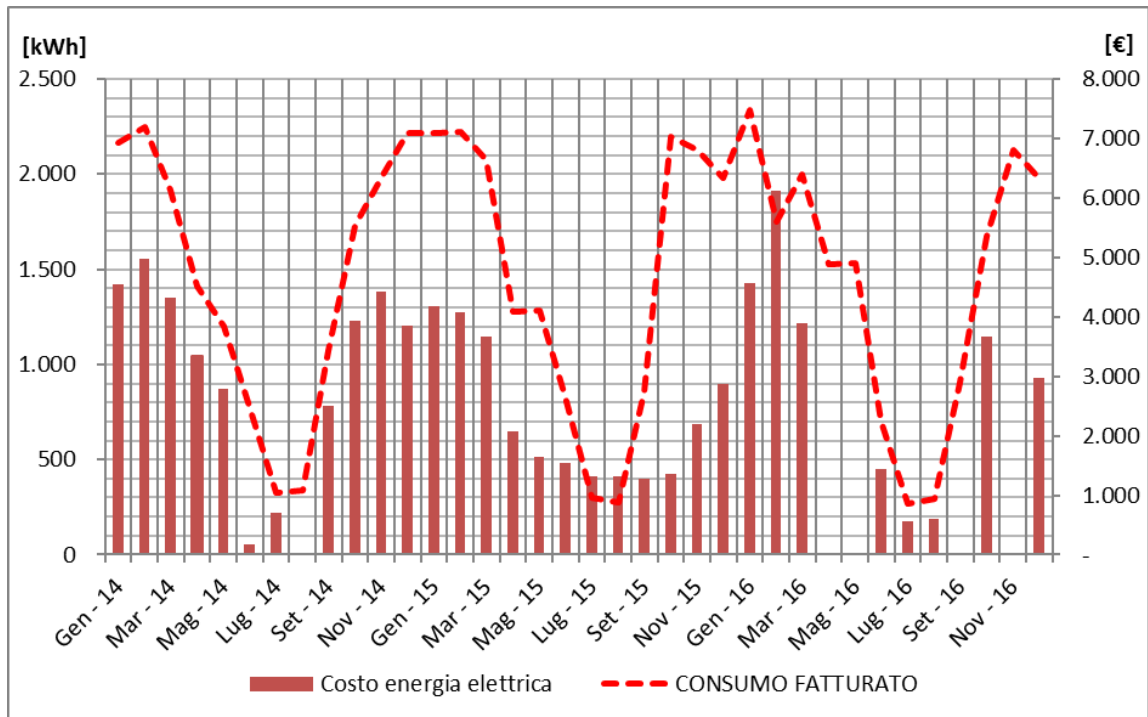


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi è stato molto variabile, soprattutto nell’anno 2016.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

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

Tabella 7.4 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	-	-	-	55.609	11.119	0,200	11.119
2015	-	-	-	56.434	8.594	0,152	8.594
2016	-	-	-	54.689	6.982	0,128	6.982
2017	-	-	0,074	-	-	0,234	-
Media	-	-	0,074	55.577	8.898	0,1785	8.898

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{QT}	0,081 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UE}	0,209 [€/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:

- L1-042-027: 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 13.340 €.

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 7.6.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM _o 5.869	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s 1.560	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

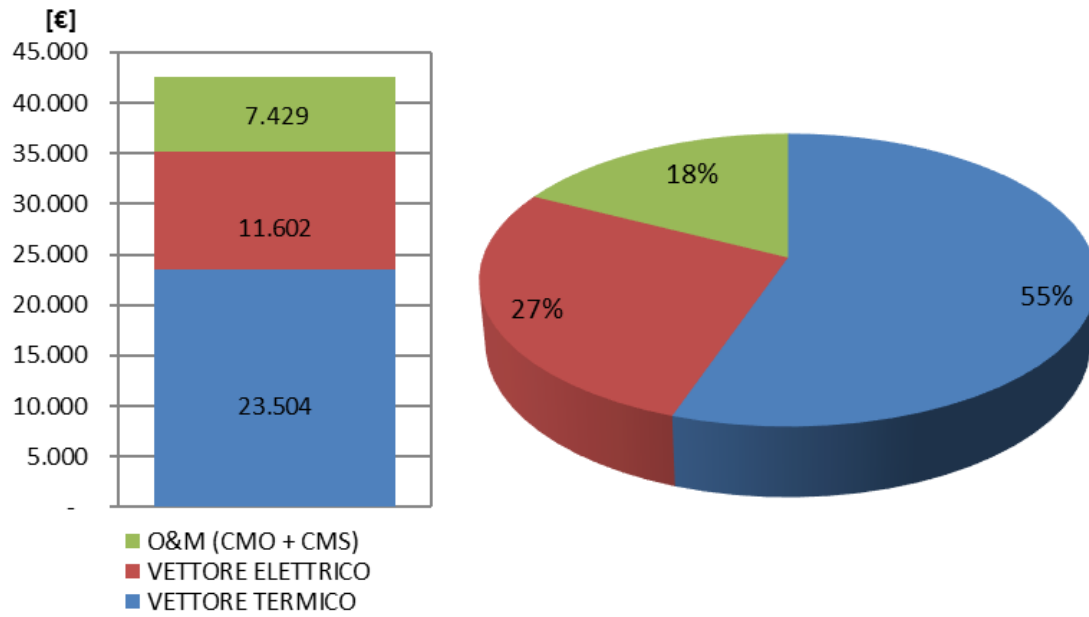
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 35.107 e un C_{baseline} pari a € 42.563

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C _{MO} + C _{MS})			TOTALE
Q _{baseline}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
291.670	0,081	23.504	55.577	0,209	11.602	7.429	5.869	1.560	42.536

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

Descrizione, fattibilità e prestazioni dei singoli interventi migliorativi

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Sostituzione degli infissi esterni

Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi esterni che delimitano il volume riscaldato al fine di aumentarne le prestazioni di scambio termico verso l'esterno e diminuire di conseguenza il fabbisogno energetico necessario per il riscaldamento.

Figura 8.1 – esempio del vecchio tipo di infissi presenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nella sostituzione degli infissi esistenti con altri di uguale forma e dimensione ma con elevate prestazioni termiche.

La scelta sarà orientata anche sulla base delle caratteristiche estetiche e formali degli infissi esistenti. In questo caso la sostituzione avverrà con infissi (finestra o portafinestra) in PVC completo di vetrocamera ad alte prestazioni termiche, con valore massimo di trasmittanza $U=1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$, apertura ad una o due ante o a vasistas, il colore a scelta della DL in accordo con la Committenza.

Si otterrà un miglioramento del comfort abitativo in quanto la presenza di un infisso più performante fa sì che la temperatura superficiale sia più vicina a quella ambiente e che l'infisso ed il muro abbiano una maggiore continuità nel mantenimento della temperatura ambiente richiesta, inoltre si eviterà la formazione di condensa sui vetri diminuendo l'umidità dell'ambiente.

Descrizione dei lavori

Sarà necessario scegliere tipologie di infisso compatibili anche formalmente con l'aspetto dell'edificio. La posa dovrà avvenire da parte di 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 8.1 e nella Figura 8.2.

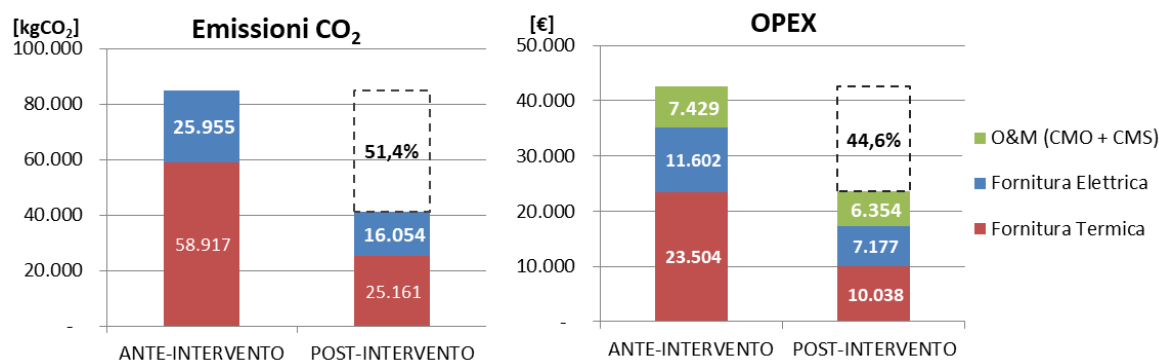
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – sostituzione infissi esterni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1: Trasmittanza infissi	[W/m ² K]	4,86	1,65	66,0%
Q _{teorico}	[kWh]	295.144	126.045	57,3%
EE _{teorico}	[kWh]	56.271	34.806	38,1%
Q _{baseline}	[kWh]	291.670	124.561	57,3%

EE _{Baseline}	[kWh]	55.577	34.377	38,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	58.917	25.161	57,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	25.955	16.054	38,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	84.872	41.216	51,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	23.504	10.038	57,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.602	7.177	38,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	35.107	17.214	51,0%
C _{MO}	[€]	5.869	4.871	17,0%
C _{MS}	[€]	1.560	1.482	5,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.429	6.354	14,5%
OPEX	[€]	42.536	23.568	44,6%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso. I nuovi infissi inoltre avranno minori infiltrazioni, gli ambienti avranno minore presenza di polvere ed umidità.

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



EEM2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Generalità

La misura prevede l'isolamento delle superfici disperdenti delimitanti il volume riscaldato al fine di aumentarne le prestazioni di scambio termico verso l'esterno e diminuire di conseguenza il fabbisogno energetico necessario per il riscaldamento.

Figura 8.3 – Esempio tipo di coibentazione a cappotto



Figura 8.4 – Esempio di isolamento del solaio di copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nell'applicare uno strato di materiale isolante direttamente in corrispondenza dell'involucro esterno, sia esso verticale o orizzontale. Per la sua realizzazione è necessario valutare che il sovraccarico causato dalla posa dei pannelli sia compatibile con la struttura e che il piano di posa sia impermeabilizzato.

L'isolamento costituisce una tecnica di retrofit per ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro edilizio e per migliorare il confort termico ed acustico degli utenti; si ottiene il miglioramento del confort abitativo in quanto la presenza di un isolamento fa sì che la temperatura superficiale sia più vicina a quella ambiente, evitando la formazione di condensa e muffe sulla superficie interna. Lo strato isolante verrà posizionato quando possibile oltre lo strato resistente, in modo tale da proteggerlo dagli sbalzi termici, da sfruttarne l'inerzia termica e da diminuire il rischio di condensa interstiziale.

La copertura risulta essere in buono stato manutentivo, con guaina isolante che non presenta infiltrazioni e deterioramenti. Per questo motivo il solaio di copertura verrà isolato dall'interno, soluzione ritenuta fattibile dall'elevata altezza interpiano, e conveniente dal punto di vista economico. La coibentazione della copertura sarà eseguita, per limitare i costi e l'impatto delle lavorazioni aggiuntive, nei soli ambienti dove non è presente il controsoffitto.

Descrizione dei lavori

Sarà necessario scegliere tipologie di pannelli isolanti caratterizzati da ridotta conducibilità termica, elevata densità e buona permeabilità alla diffusione del vapore acqueo, al fine di ottenere una trasmittanza termica contenuta ed una buona permeabilità al vapore. L'intervento permette di ottenere riduzioni nei valori di trasmittanza termica fino all'80% - 90%, in relazione al tipo di isolamento realizzato.

Andrà inoltre verificata l'assenza di formazione di condensa.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.5

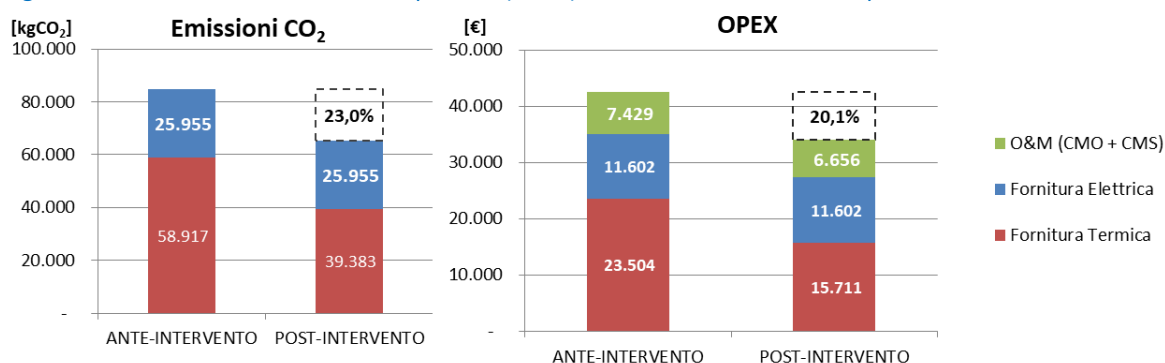
Tabella 8.2– Risultati analisi EEM2 – coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 -Trasmittanza pareti	[W/m ² K]	0,99	0,30	69,8%
Q _{teorico}	[kWh]	295.144	197.288	33,2%
EE _{teorico}	[kWh]	56.271	56.271	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	291.670	194.965	33,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	55.577	55.577	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	58.917	39.383	33,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	25.955	25.955	0,0%

Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	84.872	65.338	23,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	23.504	15.711	33,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.602	11.602	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	35.107	27.314	22,2%
C _{MO}	[€]	5.869	5.194	11,5%
C _{MS}	[€]	1.560	1.462	6,3%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.429	6.656	10,4%
OPEX	[€]	42.536	33.970	20,1%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso. Inoltre il cappotto garantirà minor presenza di umidità e condensa.

Figura 8.5 EEM2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Generalità

La misura prevede la sostituzione del generatore attualmente installato con un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza al fine di migliorare il rendimento di generazione.

L'installazione di un generatore di calore a condensazione ad alta efficienza consente di aumentare il rendimento di generazione, inteso come rapporto tra l'energia termica fornita al sistema di distribuzione e l'energia termica in ingresso al generatore (attualmente pari a circa l'89%). Inoltre, essendo l'attuale generatore piuttosto vetusto, con il tempo cresce il rischio di possibili rotture e quindi la sostituzione si configura come un intervento di manutenzione preventiva.

Figura 8.6- Particolare del generatore di calore attualmente installato



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento prevede il rifacimento completo della centrale termica.

In particolare l'intervento consiste nell'installazione di un nuovo sistema di produzione e distribuzione del calore di centrale.

Il generatore è completo di rampa a gas, organi di sicurezza e controllo, circolatore elettronico circuito primario, separatore idraulico, interfaccia sistema di controllo centrale.

Si prevede inoltre la sostituzione del bruciatore esistente con altro bruciatore di tipo modulante, con regolazione climatica direttamente su di esso.

Nei costi di intervento sono state considerate tutte le opere accessorie (smaltimento della centrale presente, rifacimento impianto elettrico di centrale, addolcitore, nuovo sistema di regolazione, nuovo sistema di distribuzione del fluido vettore, ecc.).

Descrizione dei lavori

L'installazione 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

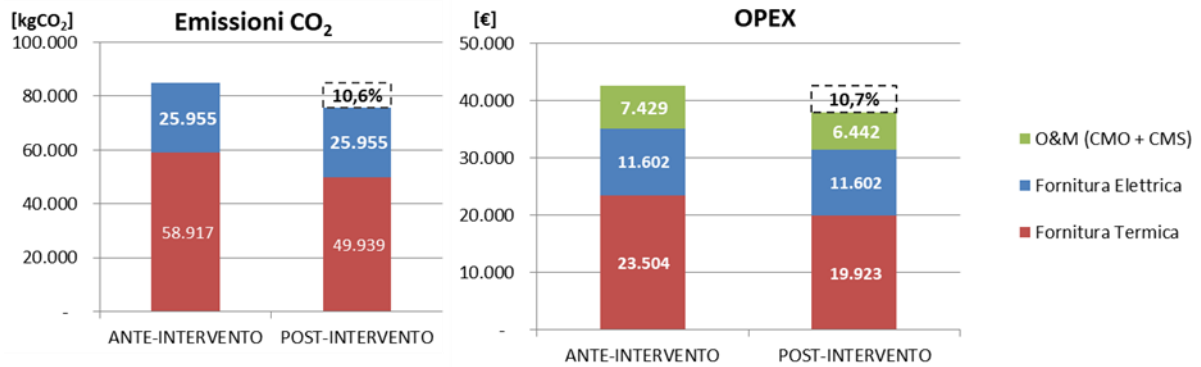
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.5.

Tabella 8.3– Risultati analisi EEM3 - Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 -Rendimento Generatore	%	88,00	105,00	-19,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	295.144	250.170	15,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	56.271	56.271	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	291.670	247.225	15,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	55.577	55.577	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	58.917	49.939	15,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	25.955	25.955	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	84.872	75.894	10,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	23.504	19.923	15,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.602	11.602	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	35.107	31.525	10,2%
C _{MO}	[€]	5.869	4.959	15,5%
C _{MS}	[€]	1.560	1.482	5,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.429	6.442	13,3%
OPEX	[€]	42.536	37.967	10,7%
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso.

Figura 8.7– EEM3: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM4: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

Generalità

Il controllo dell'energia termica erogata localmente dai terminali scaldanti rappresenta una delle più efficaci strategie per il contenimento dei consumi energetici. I motivi sono essenzialmente due: con questi dispositivi si riesce a controllare in modo puntuale la temperatura all'interno dei locali in cui vengono installati ma, soprattutto, si riescono a sfruttare meglio gli apporti di calore gratuiti. Attraverso questi dispositivi, l'impianto si autoregola in funzione delle esigenze locali e, negli impianti esistenti con una distribuzione non più efficiente, e in grado di ripristinare l'equilibrio necessario per garantire in ogni ambiente il corretto apporto di calore.

Figura 8.8– Esempio di valvola termostatica



Figura 8.9– Particolare delle pompe di circolazione



Caratteristiche funzionali e tecniche

Valvole termostatiche:

La regolazione locale viene normalmente effettuata con valvole termostatiche. Su ogni radiatore, le valvole termostatiche sostituiscono la valvola manuale e regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta e impostate su una apposita manopola graduata. Il raggiungimento di valori di temperature ottimali è comunque vincolato alle caratteristiche dell'impianto di riscaldamento e al posizionamento della valvola.

I benefici in termini di risparmio energetico sono notevoli (risparmio anche superiore al 15-20%) se confrontati con il costo di installazione che è relativamente basso.

Pompe inverter:

L'utilizzo degli inverter per la modulare la velocità di rotazione dei motori consente di modificare l'effettiva portata dei circolatori alimentati in funzione dei carichi termici e delle prestazioni attese. Tale soluzione consente primariamente di ridurre i consumi energetici dei motori di pertinenza in presenza di carichi parziali. L'installazione di un inverter per ogni motore dei circolatori sul circuito permetterà all'impianto di seguire la curva di carico termico richiesta. La logica con cui si opererà sarà quella di parzializzare i dispositivi in funzione dell'effettivo carico termico, inserendo eventuali valvole e trasduttori di gestione automatica: tale soluzione risulta di estremo vantaggio specialmente nel corso delle stagioni intermedie.

Così facendo, si otterrà un considerevole risparmio energetico dovuto alla minore potenza assorbita dai motori e si potrà adattare la velocità delle pompe al carico termico richiesto istantaneo. Gli inverter preposti alla funzione dovranno essere dotati di controllo vettoriale di tensione, ed essere atti all'impiego con pompe in ambiente industriale. Con l'uso degli inverter, la portata viene regolata, variando il numero di giri

Descrizione dei lavori

L'intervento prevede l'installazione di una valvola per ogni radiatore presente, avente forma e caratteristiche compatibili alle tubazioni a cui sono connessi i terminali.

Per quanto riguarda la regolazione sulle pompe di distribuzione alle utenze si provvederà a mantenere costante il salto termico mandata/ritorno adattando così la portata al carico termico richiesto.

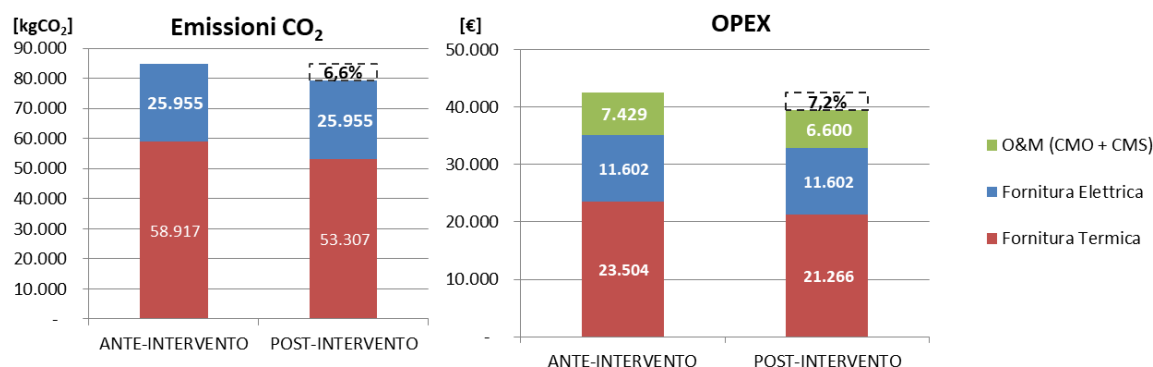
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.10.

Tabella 8.4– Risultati analisi EEM4 – Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM 4 - Rendimento di regolazione + distribuzione	%	89,00	98,00	-10,1%
Q _{teorico}	[kWh]	295.144	267.037	9,5%
EE _{teorico}	[kWh]	56.271	56.271	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	291.670	263.894	9,5%
EE _{baseline}	[kWh]	55.577	55.577	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	58.917	53.307	9,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	25.955	25.955	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	84.872	79.261	6,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	23.504	21.266	9,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.602	11.602	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	35.107	32.868	6,4%
C _{MO}	[€]	5.869	5.141	12,4%
C _{MS}	[€]	1.560	1.459	6,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.429	6.600	11,2%
OPEX	[€]	42.536	39.469	7,2%
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà da una ridotta accensione dell'impianto di riscaldamento, quindi da una minore probabilità di guasti e da una ridotta necessità di manutenzione sullo stesso.

Figura 8.10– EEM1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione di impianto di illuminazione LED

Generalità

La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente. Nel periodo estivo tutto questo si traduce anche in un risparmio di energia dell'impianto di climatizzazione esistenti.

Figura 8.11- Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati



Caratteristiche funzionali e tecniche

I costi di intervento possono essere limitati qualora sia possibile prevedere la sostituzione della sola lampada con modelli compatibili a maggiore efficienza, mantenendo il porta lampada esistente. È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort: l'analisi dello stato di fatto potrebbe suggerire non solo la sostituzione delle lampade, ma anche la ricollocazione o l'integrazione dei corpi.

Descrizione dei lavori

Si prevede la sostituzione dei corpi illuminanti secondo il criterio della sostituzione puntuale. Ci si assicura inoltre che la potenza delle lampade LED installate sia inferiore del 45-50% rispetto alla potenza delle lampade sostituite.

Prestazioni raggiungibili

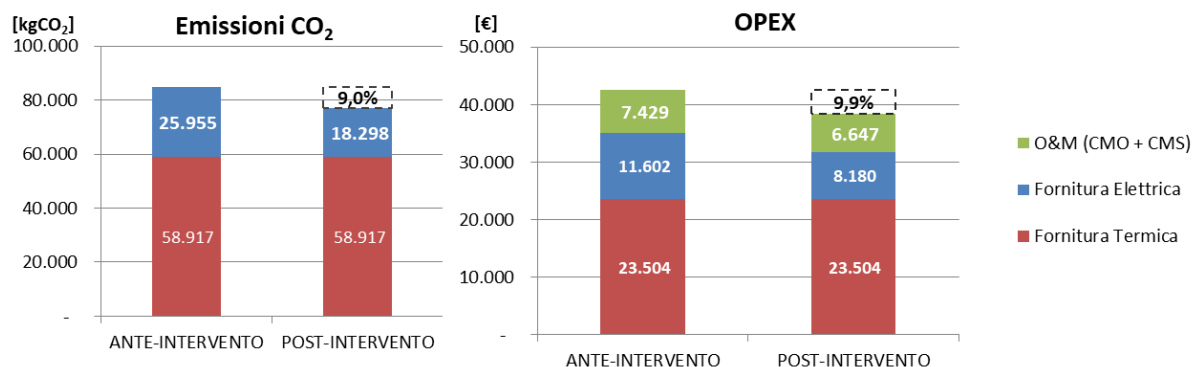
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.12.

Tabella 8.5– Risultati analisi EEM5 – Installazione impianto di illuminazione LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 - Potenza installata	W	34.000,00	18.700,00	45,0%
Q _{teorico}	[kWh]	295.144	295.144	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	56.271	39.671	29,5%
Q _{baseline}	[kWh]	291.670	291.670	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	55.577	39.182	29,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	58.917	58.917	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	25.955	18.298	29,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	84.872	77.215	9,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	23.504	23.504	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.602	8.180	29,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	35.107	31.684	9,7%
C _{MO}	[€]	5.869	5.282	10,0%
C _{MS}	[€]	1.560	1.365	12,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.429	6.647	10,5%
OPEX	[€]	42.536	38.331	9,9%
Classe energetica	[-]	G	G	+0 classe

Il risparmio sulla manutenzione deriverà dalla maggiore longevità dell'impianto costituito da lampade a led, che non necessitano di manutenzione.

Figura 8.12– EEM5: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

Per la stima dei costi degli interventi, è stato utilizzato il Prezzario della Regione Liguria 2018 e, per le sole voci di prezzo ivi mancanti, il prezzario DEI Ristrutturazioni 2015 e DEI Impianti Elettrici 2017 cui sono stati applicati:

- Una riduzione del 10% sui prezzi unitari, per eliminare la quota di profitto dai prezzi unitari, inclusa in seguito nel PEF della ESCO;
- Un incremento del 3% sui prezzi unitari, per oneri legati alla sicurezza;
- Un incremento del 7% sui prezzi unitari, per oneri legati alla progettazione.

La stima degli importi per gli incentivi è stata calcolata secondo quanto previsto dal Decreto Interministeriale del 16 febbraio 2016 (Conto Termico).

EEM1: Sostituzione degli infissi esterni

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM1, che consiste nella sostituzione degli infissi esterni.

La realizzazione di tale intervento da sola non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal Conto termico 2.0, in quanto è previsto l'accesso solo in concomitanza dell'installazione di valvole termostatiche.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Sostituzione degli infissi esterni

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/m ² cm]	[€]	[€]	[€]
25.A05.H01.100	Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²)	Prezzario Regione Liguria	1100	m ²	€ 39,61	€ 35,65	€ 39.213,90	22%	€ 47.840,96
PR.A23.A30.010	Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezzario Regione Liguria	1100	m ²	€ 328,90	€ 296,01	€ 325.611,00	22%	€ 397.245,42
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezzario Regione Liguria	132,66499	m	€ 7,59	€ 6,83	€ 906,23	22%	€ 1.105,61
25.A15.C10.020	Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezzario Regione Liguria	165	m ³	€ 11,77	€ 10,59	€ 1.747,85	22%	€ 2.132,37
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 11.024,37	22%	€ 13.449,73
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 25.723,53	22%	€ 31.382,70
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 404.227	22%	€ 493.157

EEM2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione a cappotto dell'involucro murario (pareti verso l'esterno e coperture).

Le coperture saranno coibentate negli ambienti in cui non è presente la controsoffittatura degli ambienti.

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/m²cm]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/m²cm]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
PR.A17.D01.010	Prezzario Regione Liguria	39600	m2*cm	€ 3,49	€ 3,14	€ 124.383,60	22%	€ 151.747,99
PR.A02.A20.600	Prezzario Regione Liguria	2670	kg	€ 0,82	€ 0,74	€ 1.970,46	22%	€ 2.403,96
PR.A02.A25.010	Prezzario Regione Liguria	1335	kg	€ 0,49	€ 0,44	€ 588,74	22%	€ 718,26
95.B10.S10.010	Prezzario Regione Liguria	2670	m2	€ 14,28	€ 12,85	€ 34.314,84	22%	€ 41.864,10
25.A05.E10.015	Prezzario Regione Liguria	2670	m2	€ 7,26	€ 6,53	€ 17.445,78	22%	€ 21.283,85
25.A54.A30.010	Prezzario Regione Liguria	2670	m2	€ 4,81	€ 4,33	€ 11.558,43	22%	€ 14.101,28

AT.N20.S20.040	Impalcature Montaggio e smontaggio trabattello con piano di lavoro h 4,00 m .	Prezzario Regione Liguria	52	cad	€ 39,97	€ 35,97	€ 1.856,21	22%	€ 2.264,57
25.A54.B40.010	Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	1290	m2	€ 23,79	€ 21,41	€ 27.620,19	22%	€ 33.696,63
20.A54.B10.010	Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	1290	m2	€ 4,80	€ 4,32	€ 5.572,80	22%	€ 6.798,82
20.A90.A20.010	Tinteggiatura di superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani).	Prezzario Regione Liguria	2670	m2	€ 6,06	€ 5,45	€ 14.562,18	22%	€ 17.765,86
20.A90.B20.010	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	1290	m2	€ 6,95	€ 6,26	€ 8.068,95	22%	€ 9.844,12
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 6.592,15	22%	€ 8.042,42
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 15.381,68	22%	€ 18.765,65
TOTALE (I₀ – EEM2)							€ 269.916	22%	€ 329.298
Incentivi [Conto termico]									€ 131.719,01
Durata incentivi									5
Incentivo annuo									€ 26.343,80

EEM3: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle 3, che consiste nella sostituzione del generatore di calore attualmente presente con uno a condensazione ad alta efficienza. La realizzazione di tale intervento da sola non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
PR.C76.B10.030	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 18.785,25	€ 16.906,73	€ 33.813,45	22%	€ 41.252,41
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con								

	testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 320 Kw circa								
PR.C84.C05.510	Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 200 mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 203,67	€ 183,30	€ 366,61	22%	€ 447,26
40.C10.B10.130	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 351 Kw a 700 Kw	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 461,09	€ 414,98	€ 829,96	22%	€ 1.012,55
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	10	cad	€ 21,13	€ 19,02	€ 190,17	22%	€ 232,01
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 28,46	€ 25,61	€ 51,23	22%	€ 62,50
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 120,60	€ 108,54	€ 217,08	22%	€ 264,84
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 29,71	€ 26,74	€ 53,48	22%	€ 65,24
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 146,74	€ 132,07	€ 264,13	22%	€ 322,24
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 76,47	€ 68,82	€ 137,65	22%	€ 167,93
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	30	h	€ 34,41	€ 30,97	€ 929,07	22%	€ 1.133,47
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	30	h	€ 31,88	€ 28,69	€ 860,76	22%	€ 1.050,13
20.A15.B10.015	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	100	m³km	€ 4,72	€ 4,25	€ 424,80	22%	€ 518,26

Costi per la sicurezza	-	3%	%	€	22%	€
				1.144,15		1.395,86
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€	22%	€
				2.669,69		3.257,02
TOTALE (I₀ – EEM3)				€	22%	€
				41.952		51.182

EEM4: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche e pompe inverter.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	170	cad	€ 35,42	€ 31,88	€ 5.419,26	22%	€ 6.611,50
PR.C47.H10.115	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 12 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 1.916,48	€ 1.724,83	€ 1.724,83	22%	€ 2.104,30
PR.C47.H10.145	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.587,21	€ 4.128,49	€ 4.128,49	22%	€ 5.036,76
40.E10.A10.040	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 97,34	€ 87,61	€ 175,21	22%	€ 213,76
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,42	€ 20,42	22%	€ 24,91
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	60	h	€ 31,88	€ 28,69	€ 1.711,96	22%	€ 2.088,59
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 395,41	22%	€ 482,39
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 922,61	22%	€ 1.125,59
	TOTALE (I₀ – EEM4)						€	22%	€
							14.498		17.688

EEM5: Installazione di impianto di illuminazione LED

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM5, che consiste nell'installazione di un impianto di illuminazione LED.

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

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Installazione di impianto di illuminazione LED

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE	
				UNITARIO	UNITARIO	(IVA		(IVA	
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	ESCLUSA)	[€]	(IVA INCLUSA)	
						[€]	[€]	[€]	
045161b	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	108	cad	€ 156,66	€ 140,99	€ 15.227,35	22%	€ 18.577,37
045129b	Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	424	cad	€ 98,61	€ 88,75	€ 37.629,58	22%	€ 45.908,08
045161c	Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente trasparente prismatico internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	3	cad	€ 185,06	€ 166,55	€ 499,66	22%	€ 609,59
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.585,71	22%	€ 1.934,56
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 3.699,98	22%	€ 4.513,98
TOTALE (I₀ – EEM5)						€ 58.642	22%	€ 71.544	
Incentivi	[Conto termico]							€ 28.617,43	
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								€ 5.723,49	

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 degli infissi esterni

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

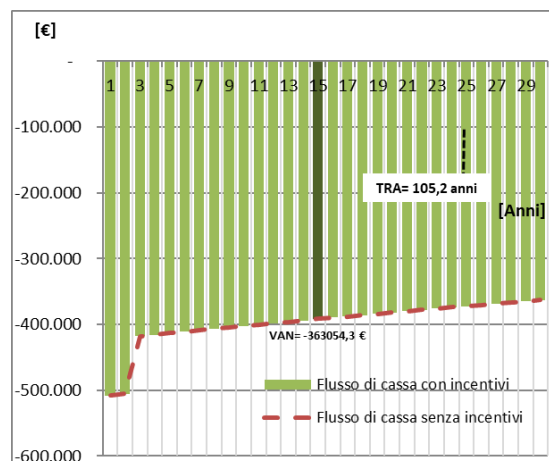
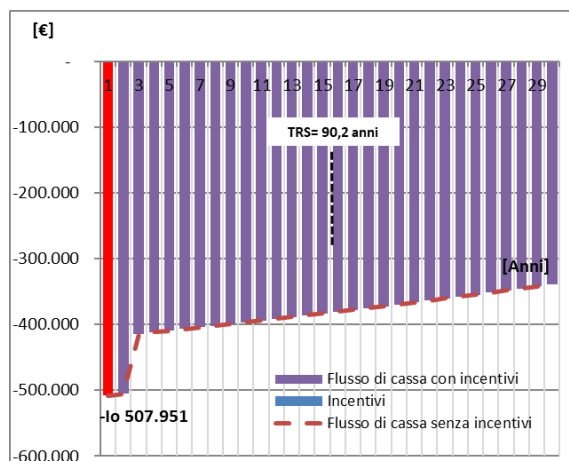
Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione degli infissi esterni

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	493.157
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	90,2	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	105,2	
Valore attuale netto	VAN	- 363.054	
Tasso interno di rendimento	TIR	-8,3%	
Indice di profitto	IP	-0,74	

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta essere molto dispendioso, e il tempo di ritorno, nonostante il risparmio energetico sul vettore termico, è superiore ai 30 anni di vita utile stimata per l'intervento (90,2 anni e 105,2 anni con flussi di cassa attualizzati). Risulta quindi un investimento non remunerativo (VAN < 0).

L'intervento sarebbe più interessante se unito alla installazione di valvole termostatiche che permetterebbero l'accesso agli incentivi del Conto Termico. Tuttavia l'investimento iniziale rimane estremamente pesante (oltre 400.000 €) rispetto agli attuali costi annuali di gestione ed energia della struttura. Sarebbe forse auspicabile una programmazione di graduale sostituzione degli infissi nel tempo, iniziando da quelli esposti a Nord.

EEM2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

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

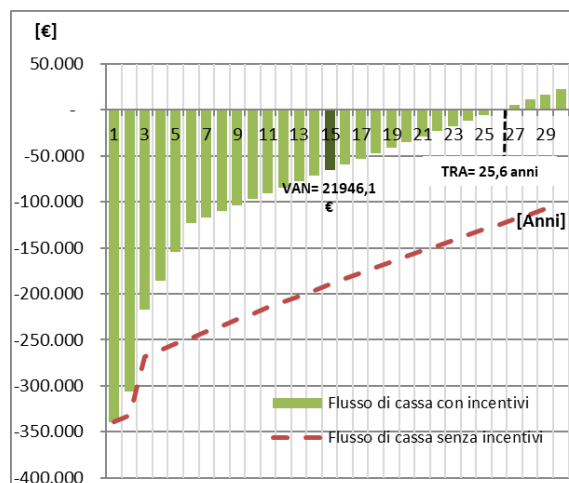
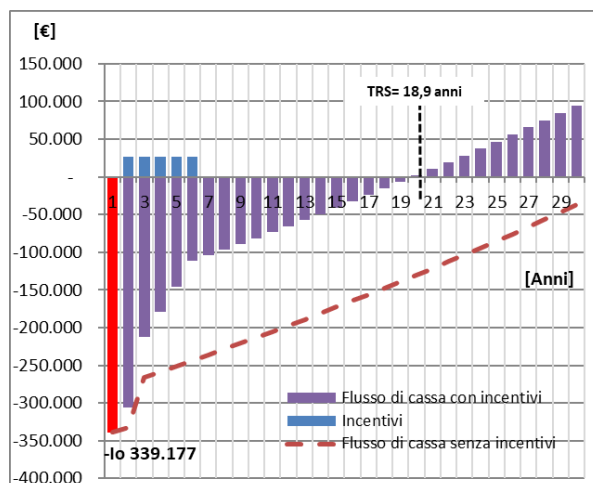
Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	329.298
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	26.344
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	33,7	18,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	42,9	25,6
Valore attuale netto	VAN	-102.224	21.946
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,9%	2,8%
Indice di profitto	IP	-0,31	0,07

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 grazie al contributo degli incentivi (Conto Termico), l'investimento è remunerativo, con un VAN di 21.946 € (IP pari a 0,07). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi ampiamente inferiori ai 30 anni di vita utile stimata per l'intervento (18,9 e 25,6 anni rispettivamente).

EEM3: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

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

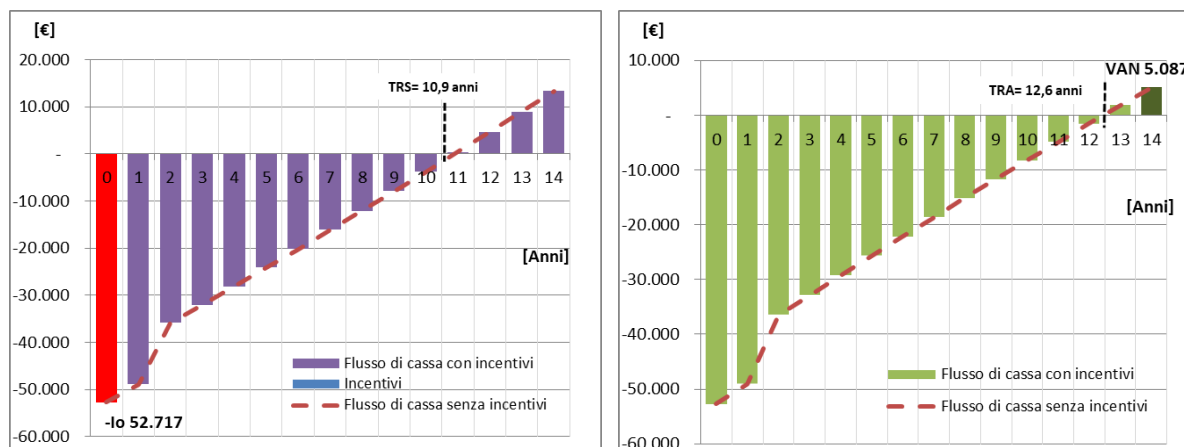
Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	51.182
Oneri Finanziari % l_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	10,9	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	12,6	
Valore attuale netto	VAN	5.087	
Tasso interno di rendimento	TIR	3,5%	
Indice di profitto	IP	0,10	

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’investimento è remunerativo, con un VAN positivo di 5087€. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 15 anni (10,9 e 12,6 anni rispettivamente), compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

EEM4: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter

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

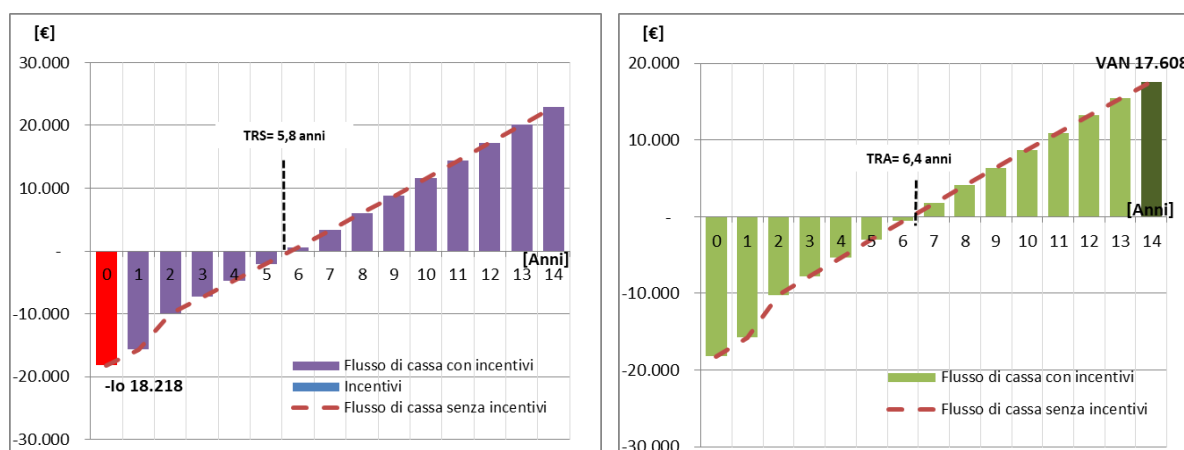
Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	17.688
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	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	5,8	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	6,4	
Valore attuale netto	VAN	17.608	
Tasso interno di rendimento	TIR	14,2%	
Indice di profitto	IP	1,00	

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'investimento non è remunerativo, con un VAN di 17.608€ a fronte di un investimento di circa 17.000 € (IP pari a 1). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 15 anni (5,8 e 6,4 anni rispettivamente), compatibili con la vita utile tecnologica del componente installato.

EEM5: Installazione di impianto di illuminazione LED

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

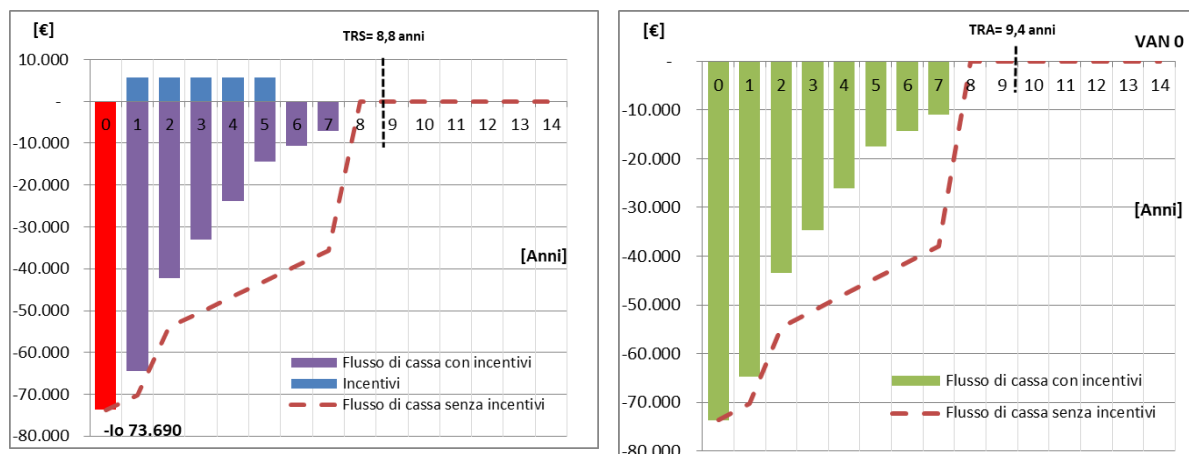
Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5– LED

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	71.544
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	5.723
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	15,5	8,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	16,5	9,4
Valore attuale netto	VAN	- 38.025	-11.047
Tasso interno di rendimento	TIR	-16,4%	-3,0%
Indice di profitto	IP	-0,53	-0,15

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

Figura 9.9–EEM4: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.10– EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Come da tabella estratta dal Cap. 2.6 del documento "LINEE GUIDA alla presentazione dei progetti per il Programma per la Riquilificazione Energetica degli edifici della Pubblica Amministrazione Centrale PREPAC (D.M. 16 Settembre 2016)" Elaborato da ENEA e GSE nel 2017, è stata considerata una vita utile per l'intervento di 8 anni. Come si vede dal grafico il tempo di ritorno dell'intervento è superiore alla vita utile e l'investimento non risulta remunerativo, poiché il costo dell'intervento è elevato (dato il numero di lampade da sostituire). Tuttavia si ritiene che l'intervento possa avere una vita utile reale più lunga (15 anni) che renda comunque giustificabile la realizzazione dell'intervento.

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

	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	17,8%	19,2%	2.268,40€	487,10€	106,10€	493.157,00€	90,2	105,2	30	-363.054,00 €	-8,3%	-0,74
EEM 2	22,2%	23,0%	7.792,90€	675,00 €	98,3 €	329.298,00€	33,7	42,9	30	-102.244,00 €	-0,9%	-0,31
EEM 3	10,2%	10,6%	3.581,60€	909,70 €	78,00 €	51.182,00€	10,9	12,6	15	5.087,00€	3,50%	0,10
EEM 4	6,4%	6,6%	2.238,30€	727,80 €	101,40 €	17.688,00€	5,8	6,4	15	17.608,00 €	14,2%	1,00
EEM 5	9,7%	9,0%	3.422,70€	586,9€	195,00 €	71.544,00€	15,5	16,5	8	-38.025,00 €	-16,4%	-0,53

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;

Dall’analisi dei risultati emerge che in assenza di incentivi le EEM 1, 2 E 5 non sono remunerative, e presentano un IP negativo.

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

	% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	17,8%	19,2%	2.268,40€	487,10€	106,10€	493.157,00€	90,2	105,2	30	-363.054,00 €	-8,3%	-0,74
EEM 2	22,2%	23,0%	7.792,90€	675,00 €	98,3 €	329.298,00€	18,9	25,6	30	21.946,00 €	2,8 %	0,07
EEM 3	10,2%	10,6%	3.581,60€	909,70 €	78,00 €	51.182,00€	10,9	12,6	15	5.087,00€	3,50%	0,10
EEM 4	6,4%	6,6%	2.238,30€	727,80 €	101,40 €	17.688,00€	5,8	6,4	15	17.608,00 €	14,2%	1,00
EEM 5	9,7%	9,0%	3.422,70€	586,9€	195,00 €	71.544,00€	8,88	9,4	8	-11.047,00 €	-3,0%	-0,15

Dall’analisi dei risultati emerge che per l’EEM 2, l’incentivo rende l’intervento conveniente.

Gli interventi 3 e 4 se eseguiti contemporaneamente avrebbero accesso all’incentivo.

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I₀
- E è l'Equity, pari a 20% di I₀
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: Generatore di calore + Valvole + LED:** Tale scenario consiste nella realizzazione di alcune delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede l'installazione di valvole termostatiche (EEM4), la sostituzione del generatore di calore con uno a condensazione (EEM3) e la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED (EEM5). L'integrazione delle EEM scelte (generatore di calore a condensazione + valvole termostatiche; infissi + valvole termostatiche) permette di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 40% del costo sostenuto per l'intervento EEM1 e per l'EEM3.
- **Scenario 2: Cappotto + Valvole + Generatore di calore+ Led:** Tale scenario consiste nella coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio (EEM2), l'installazione di Valvole Termostatiche (EEM4), la sostituzione del generatore di calore con uno a condensazione (EEM3) e la sostituzione dei corpi illuminanti presenti con altri a tecnologia LED (EEM5). La simultaneità degli interventi EEM2 e EEM 3 permette di accedere agli incentivi in conto termico in misura del 55% del costo sostenuto per i singoli interventi.

9.3.1 Scenario 1: Valvole + Generatore di calore + LED

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

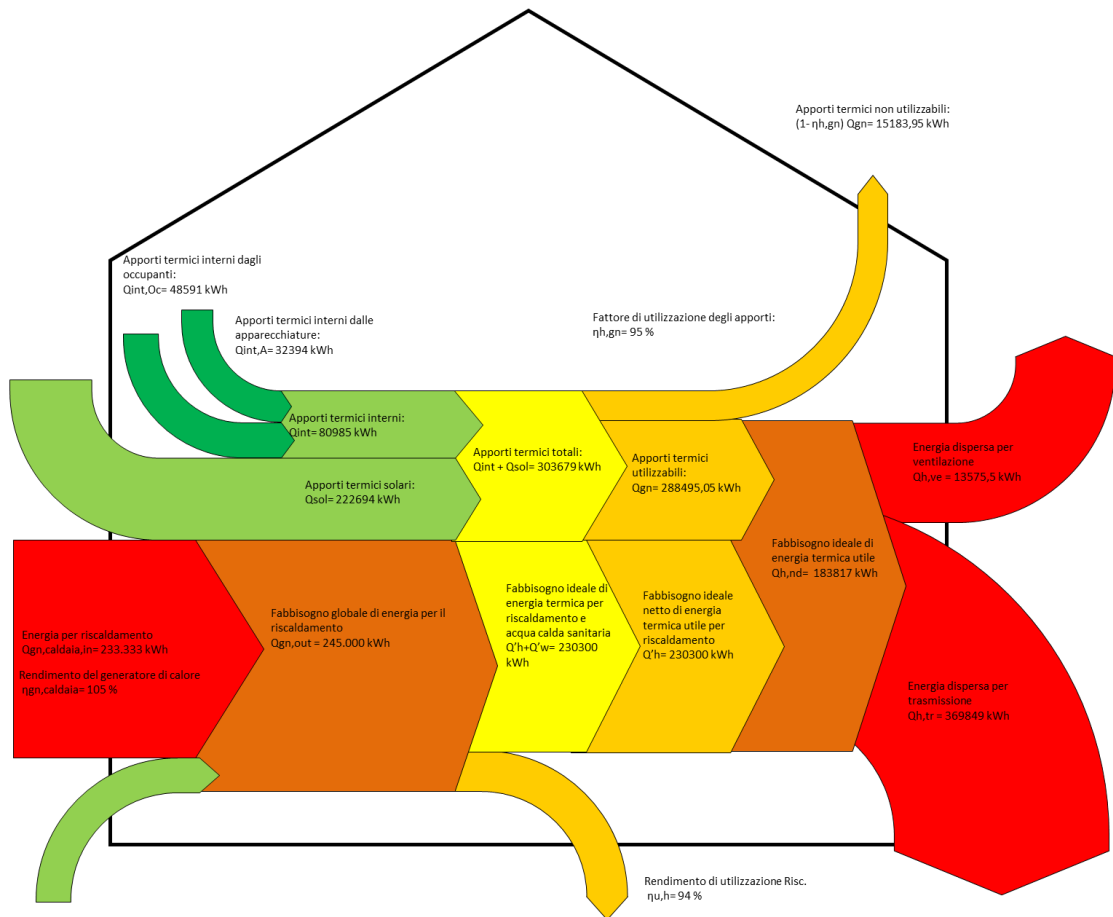
Tabella 9.13– Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE		TOTALE
	(IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 GENERATORE Fornitura & Posa	€ 41.952	€ 9.230	€ 51.182
EEM4 VALVOLE Fornitura & Posa	€ 14.498	€ 3.190	€ 17.688
EEM5 LED Fornitura & Posa	€ 58.643	€ 12.901	€ 71.544
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 238.078	€ 52.377	€ 290.455
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)

	[€]	[€]	[€]
SCN 1 O&M	4.989	1.482	€ 6.471
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 38.183	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 7.637	

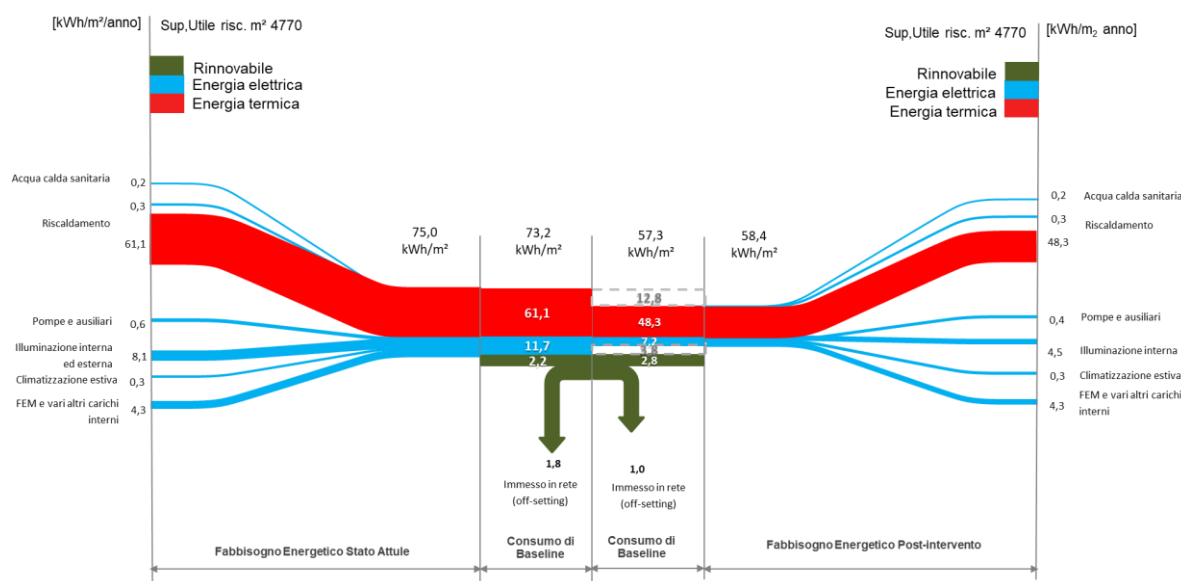
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare I risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale. Si osserva inoltre la presenza di una componente di energia recuperata, dovuta al rendimento della caldaia a condensazione, maggiore del 100%. La quota di energia dispersa per trasmissione è ancora importante, dato che sono limitate le misure atte a migliorare l’isolamento dell’edificio.

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

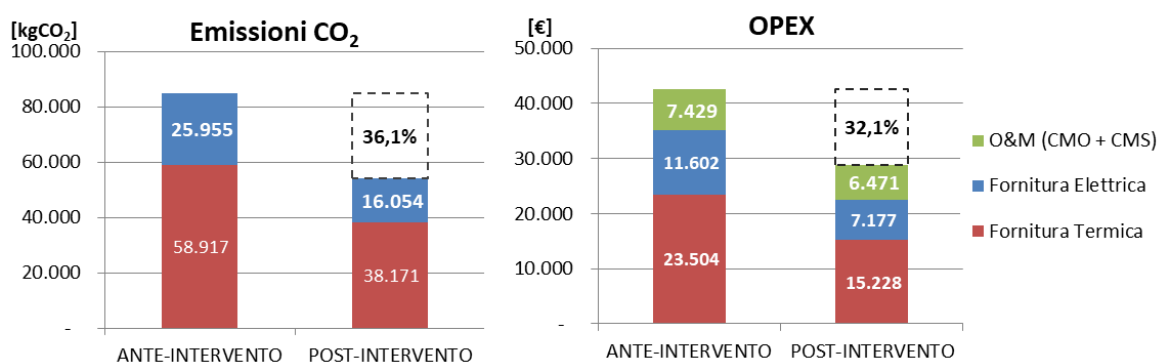


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13

Tabella 9.14– Risultati analisi SCN1 – Generatore + valvole+ pompe inverter + LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 -Rendimento Generatore	%	88	105	-19,3%
EEM 4 - Rendimento di regolazione + distribuzione	%	89	98	-10,1%
EEM5 - Potenza installata	W	34000	18700	45,0%
Q _{teorico}	[kWh]	295.144	233.333	20,9%
EE _{teorico}	[kWh]	56.271	34.806	38,1%
Q _{baseline}	[kWh]	291.670	230.587	20,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	55.577	34.377	38,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	58.917	46.579	20,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	25.955	16.054	38,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	84.872	62.633	26,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	23.504	18.582	20,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.602	7.177	38,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	35.107	25.759	26,6%
C _{MO}	[€]	5.869	4.989	15,0%
C _{MS}	[€]	1.560	1.482	5,0%

O&M (C _{Mo} + C _{Ms})	[€]	7.429	6.471	12,9%
OPEX	[€]	42.536	32.230	24,2%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

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

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

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– Infissi +Generatore + Valvole+ pompe inverter + LED

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n _i	1
Anni Gestione Servizio	n _s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n _o	2020
Anni dell'ammortamento	n _A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k _{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
k _{progetto} = 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	15
Anni Equity	n _E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I _o	€ 109.214
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.276
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 112.490
%CAPEX a Debito	D	80,0%

%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 89.992
Equity	I _E	€ 22.498
Fattore di annualità Debito	FA _D	11,41
Rata annua debito	q _D	€ 7.890
Costo finanziamento, (D+INT _D)	q _D *n _D	€ 118.343
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 28.350

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 29.124
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 6.089
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{Baseline}	€ 35.214
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	26,6%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	12,9%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 6.304
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 56.525
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 10.219
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	4,71%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 378
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 2.025
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 3.901
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€ 5.507
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€ 23.402
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C _{nS}	€ 28.909
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C _{nD}	€ 6.304
Canone Totale €/anno IVA escl.	C _n	€ 35.214
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 19.694
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 38.183
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 REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	8,48
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	12,16
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN < 0	€ 7.783
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	5,52%
Indice di Profitto	IP	7,13%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = I ₀ / FC, Anni	T.R.S.	2,32
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,63
Valore Attuale Netto, VAN = VA - I ₀	VAN > 0	€ 13.739

Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	46,40%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,309
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,595
Indice di Profitto Azionista	IP	12,58%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



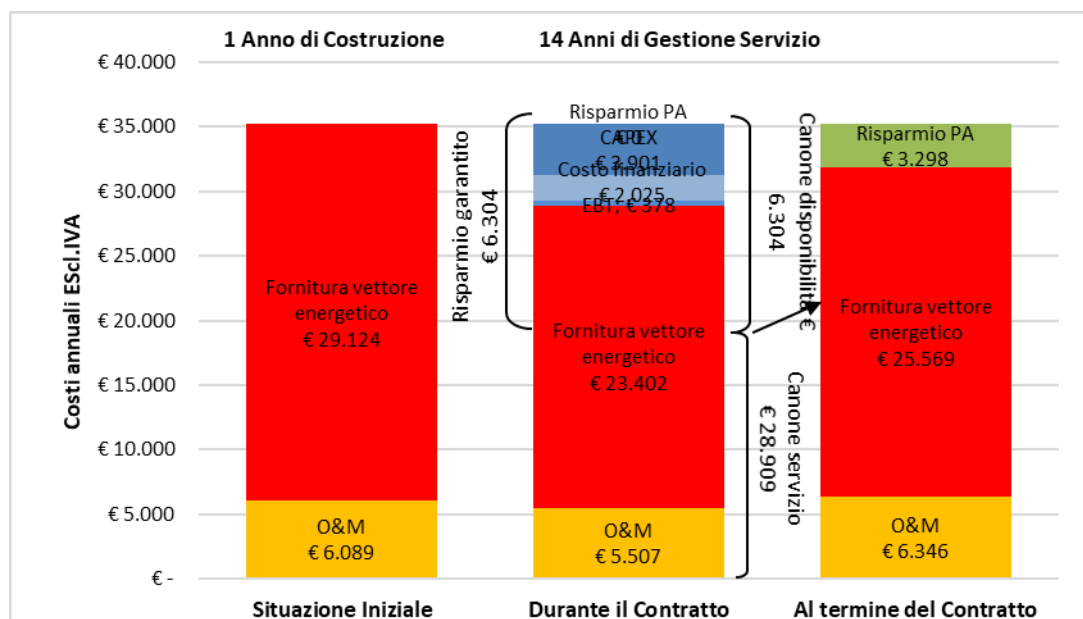
Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta remunerativo.

Tuttavia non è stato possibile soddisfare il requisito dell'aumento di due classi energetiche, poiché per ottenere il miglioramento minimo richiesto di due classi (da G ad E) la spesa risulterebbe molto elevata in confronto al risparmio energetico ottenibile (alto in percentuale ma basso in valore), compatibile con i costi di gestione e spese per energia attuali.

Con l'obiettivo di rendere più realistici e interessanti i piani economici finanziari dei due scenari sono stati considerati, solo per quest'ultimi, degli sconti sugli importi lavori pari al 30% rispetto ai prezzi di listino presentati per i singoli interventi.

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: Cappotto + generatore + Valvole + Led:

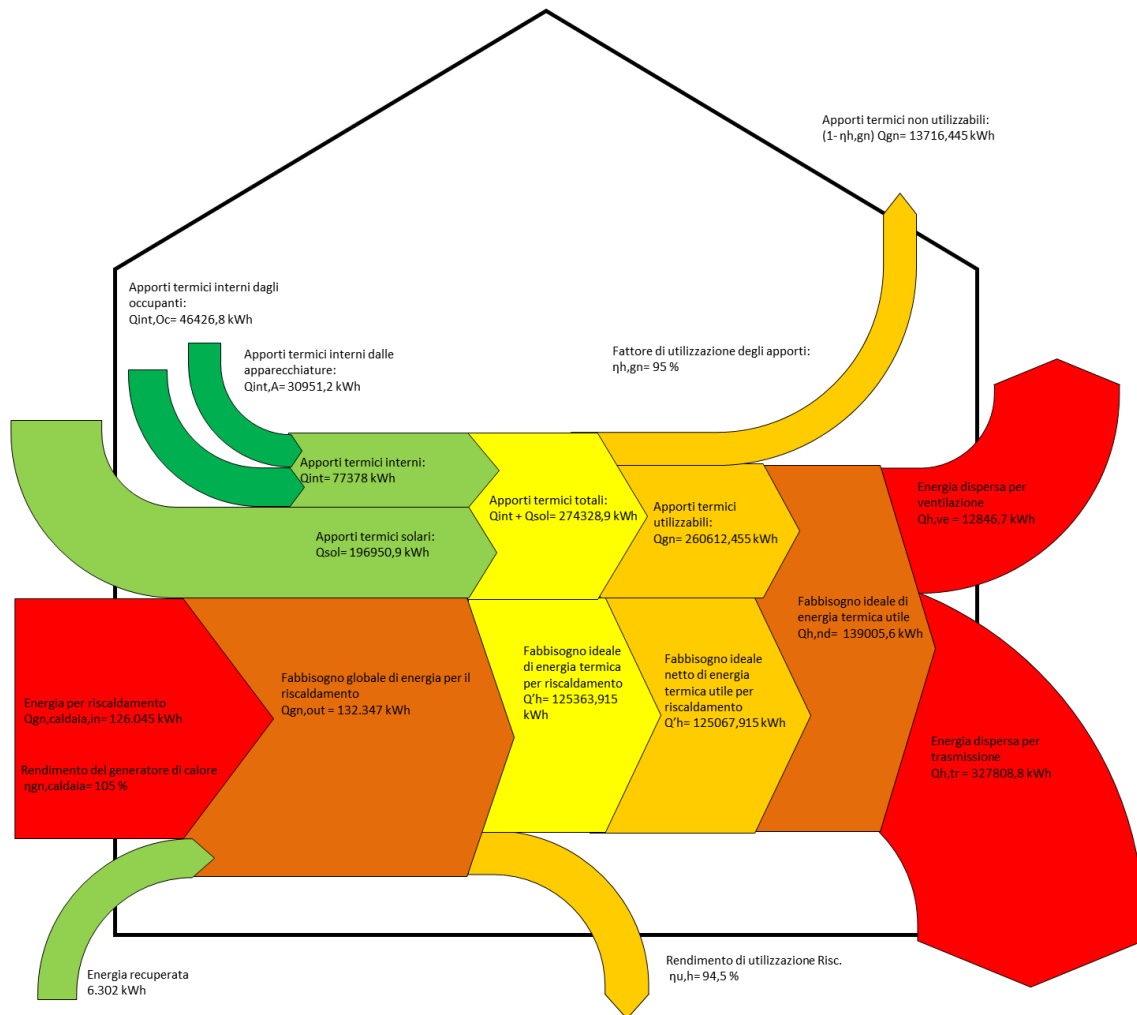
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.18– Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 CAPPOTTO Fornitura & Posa	€ 269.916	€ 59.382	€ 329.298
EEM3 GENERATORE Fornitura & Posa	€ 41.952	€ 9.230	€ 51.182
EEM4 VALVOLE Fornitura & Posa	€ 14.498	€ 3.190	€ 17.688
EEM5 LED Fornitura & Posa	€ 58.643	€ 12.901	€ 71.544
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (Io)	€ 385.010	€ 84.702	€ 469.712
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
SCN 2 O&M	4.871	1.482	€ 6.353
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€237.882	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€47.576	

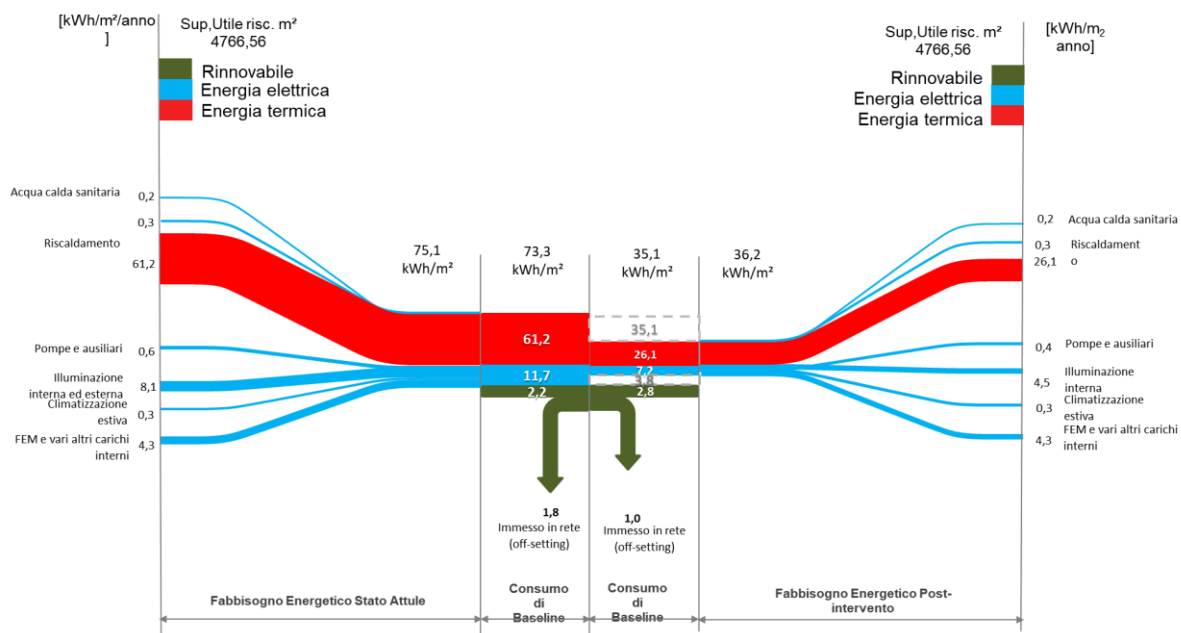
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale è quasi dimezzato rispetto alla situazione iniziale. Si osserva inoltre la presenza di una componente di energia recuperata, dovuta al rendimento della caldaia a condensazione, maggiore del 100%. La quota di energia dispersa per trasmissione è notevolmente ridotta, grazie al migliore isolamento dell'edificio ottenuto attraverso le misure di efficienza energetica adottate (Isolamento a cappotto).

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

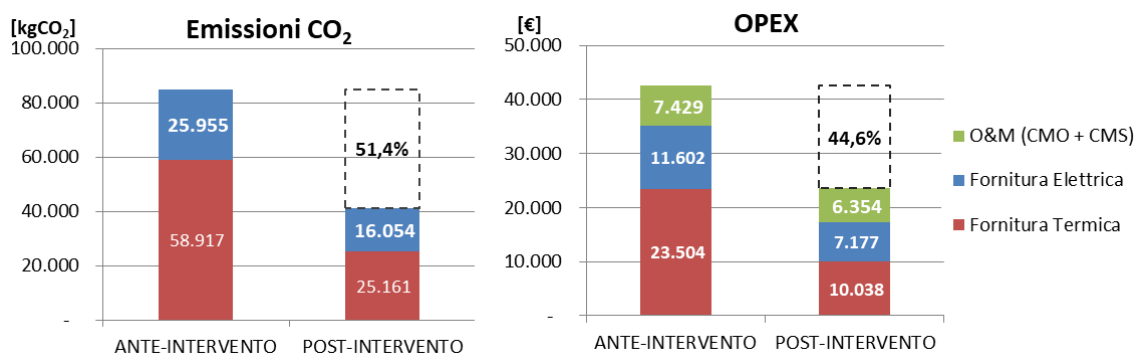


I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.19 e nella Figura 9.19.

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN 2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1: Trasmittanza pareti	[W/m²K]	0,816	0,26	68,1%
EEM3 -Rendimento Generatore	%	88	105	-19,3%
EEM 4 - Rendimento di regolazione + distribuzione	%	89	98	-10,1%
EEM5 - Potenza installata	W	34000	18700	45,0%
Q _{teorico}	[kWh]	295.144	126.045	57,3%
EE _{teorico}	[kWh]	56.271	34.806	38,1%
Q _{baseline}	[kWh]	291.670	124.561	57,3%
EE _{baseline}	[kWh]	55.577	34.377	38,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	58.917	25.161	57,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	25.955	16.054	38,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	84.872	41.216	51,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	23.504	10.038	57,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	11.602	7.177	38,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	35.107	17.214	51,0%
C _{MO}	[€]	5.869	4.871	17,0%
C _{MS}	[€]	1.560	1.482	5,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.429	6.354	14,5%
OPEX	[€]	42.536	23.568	44,6%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 classi

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 scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2– Scn1 + cappotto + controsoffitti

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	25
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 365.342
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 10.960
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 376.302
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 301.042
Equity	I_E	€ 75.260
Fattore di annualità Debito	FA_D	16,09
Rata annua debito	q_D	€ 18.706
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 467.646
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D = $q_D * n_D - D$	€ 166.604

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

PARAMETRI ECONOMICI	
---------------------	--

Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 29.124
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 6.089
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€ 35.214
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	51,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	15,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 13.056
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 162.140
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 21.244
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	19,72%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 3.091
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 6.942
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 3.022
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 5.512
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 16.646
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 22.158
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 13.056
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 35.214
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 65.881
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 237.882
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 REDDITIVITÀ DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	6,71
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	9,93
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 96.123
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	8,35%
Indice di Profitto	IP	26,31%
INDICATORI DI REDDITIVITÀ DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	2,28
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,48
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	$VAN > 0$	€ 108.521
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	65,08%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,272
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	0,511
Indice di Profitto Azionista	IP	29,70%

Figura 9.20–SCN1: Flussi di cassa del progetto

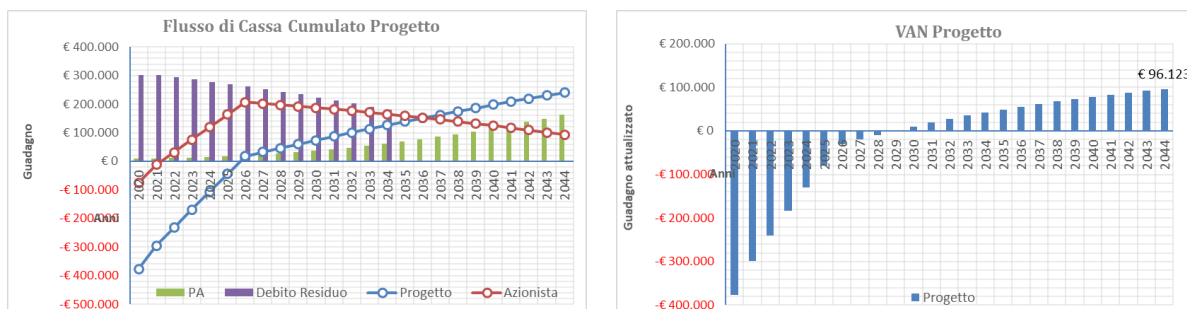
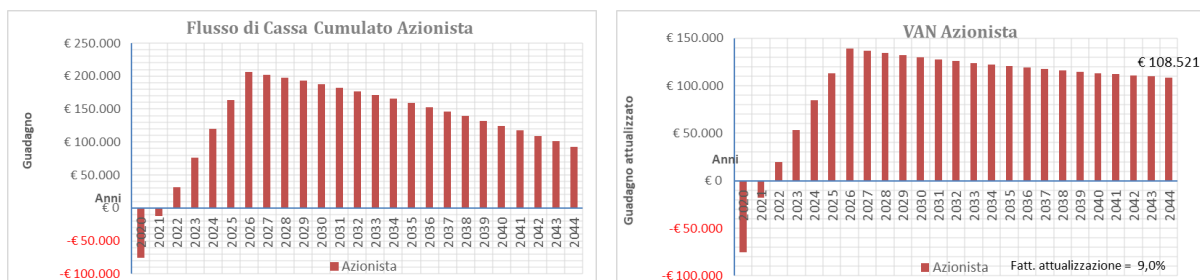


Figura 9.21– SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



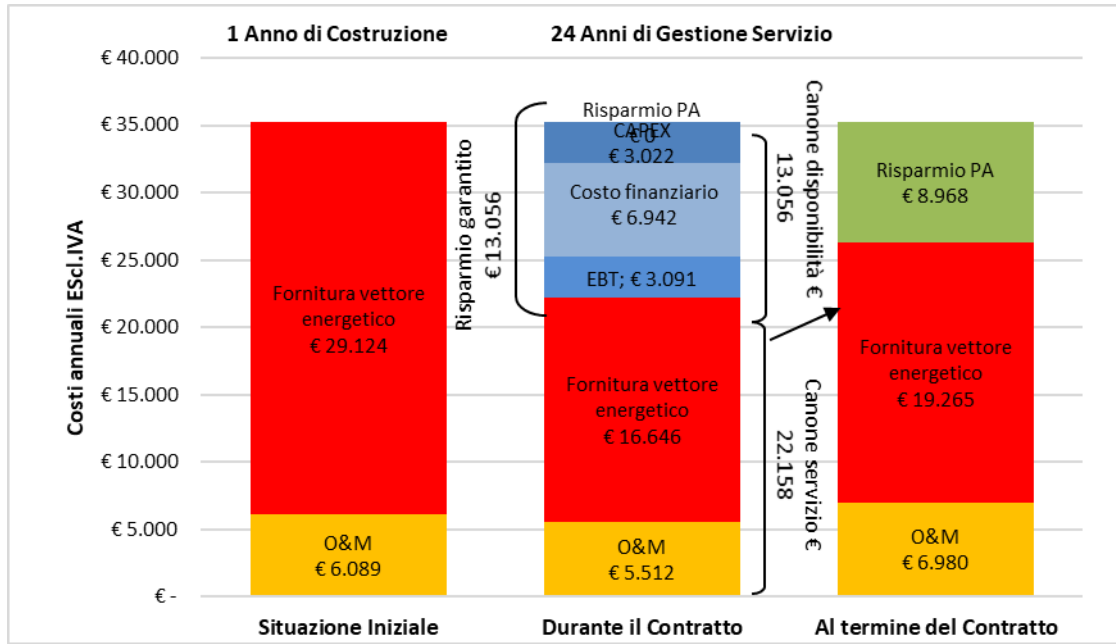
Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta remunerativo.

Grazie alla possibilità di accedere agli incentivi del conto termico che, grazie alla combinazione della sostituzione del generatore di calore e dell'installazione delle valvole termostatiche, oltre all'isolamento tramite cappotto termico, garantiscono un buon rimborso pari al 55% dell'investimento iniziale. l'investimento risulta dunque conveniente e soddisfa l'avanzamento di 2 classi energetiche dell'immobile.

Con l'obiettivo di rendere più realistici e interessanti i piani economici finanziari dei due scenari sono stati considerati, solo per quest'ultimi, degli sconti sugli importi lavori pari al 30% rispetto ai prezzi di listino presentati per i singoli interventi.

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

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata soprattutto ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro.

Gli indicatori energetici di performance hanno confermato che i consumi risultano elevati confrontati coi valori di benchmark di riferimento.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. La sostituzione delle chiusure trasparenti (infissi) dell'involucro;
2. la coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio;
3. la sostituzione del generatore di calore;
4. l'installazione di valvole termostatiche in associazione all'installazione di pompe a inverter con regolazione della portata;
5. l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi singolarmente più interessanti sono la coibentazione e l'installazione di valvole termostatiche.

Alcuni interventi dovranno essere valutati in maniera coordinata con gli altri. Ad esempio la sostituzione degli infissi andrebbe affiancata sempre alla l'installazione di valvole termostatiche, per accedere all'incentivo del Conto Termico.

Poiché l'involucro della struttura ha un comportamento molto scadente a causa della stratigrafia delle murature (alcune anche in pessimo stato di conservazione) e della estrema vetustà degli infissi, rimane auspicabile la realizzazione di interventi volti al loro miglioramento.

Come si è visto, la realizzazione complessiva e simultanea degli interventi auspicabili risulta estremamente onerosa e insostenibile in caso di finanziamento esterno, sarebbe opportuno prevedere un piano di interventi graduale nel tempo, al fine di migliorare il comfort degli ambienti e diminuire la spesa economica di gestione degli impianti.

Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatermie e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indici di performance sono riassunti e riportati nell'allegato M – Report di Benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Dalle analisi effettuate risulta che entrambi gli scenari di investimento previsti risultano remunerativi. Si fa notare che i costi utilizzati, ricavati da listini ufficiali, prevedono solo una riduzione del 10%, per eliminare la quota di profitto dai prezzi unitari, ma non rispecchiano gli sconti reali ipotizzabili in sede di realizzazione, motivo per cui si è deciso di applicare uno sconto del 30%.

Il primo scenario non riesce a soddisfare l'innalzamento di classi energetiche, mentre il secondo sì.

11 ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/03/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 - E305.pdf

12 ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/03/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E305.pdf

13 ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica effettuato in sede di sopralluogo	19/03/2018	ALLEGATO C_DE_Lotto.4 - E305.pdf

14 ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	19/03/2018	ALLEGATO D_DE_Lotto.4 - E305.pdf

15 ALLEGATO E – RELAZIONE DI CALCOLO

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo	19/03/2018	ALLEGATO E_DE_Lotto.4 - E305.pdf

16 ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/03/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E305.pdf

17 ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica dell'edificio	19/03/2018	ALLEGATO G_DE_Lotto.4 - E305.pdf

18 ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E305_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E305_SCN2

19 ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/03/2018	GG_Lotto.4-E305.Rev01.xlsx

20 ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/03/2018	E305_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx

21 ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE relative agli interventi proposti	19/03/2018	ALLEGATO K_DE_Lotto.4 - E305.pdf

22 ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti	19/03/2018	AnalisiPEF_rev05_E368.xlsx

23 ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/03/2018	ALLEGATO M_DE_Lotto.4 - E305.pdf

24 ALLEGATO N – CD-ROM