

Elementari "S. EUSEBIO"

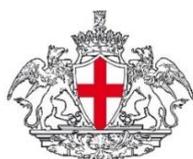
E 472

Via Val Trebbia 301



04/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



Elementari San Eusebio

E 472

Via Val Trebbia 301

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	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO.....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	5
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>	20
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	23
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	30
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	34
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	34
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	35
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	36
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	36
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	38
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO.....	40
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	40
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	40
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	43



7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI	46
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI	46
7.4	BASELINE DEI COSTI	47
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA.....	49
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	<i>49</i>
EEM1: SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI ESTERNI.....		49
EEM2: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO		50
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	<i>52</i>
EEM3: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA.....		52
EEM4: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER.....		54
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	<i>56</i>
EEM5: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED		56
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		59
EEM3: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA.....		60
EEM4: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER.....		62
EEM5: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED		62
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
EEM1: SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI ESTERNI.....		65
EEM2: COIBENTAZIONE A CAPPOTTO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO		66
EEM3: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE CON ALTRO AD ALTA EFFICIENZA.....		67
EEM4: INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE E POMPE INVERTER.....		68
EEM5: INSTALLAZIONE DI IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE LED		69
SINTESI.....		70
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	71
9.3.1	<i>Scenario 1: Infissi + generatore + valvole + LED.....</i>	<i>73</i>
9.3.2	<i>Scenario 2: Cappotto + generatore + valvole + LED.....</i>	<i>79</i>
10	CONCLUSIONI.....	85
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	85
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	85
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		1
ALLEGATO B – ELABORATI.....		1
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		1
ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		2



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	2
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	2
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	2
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI.....	2
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	2
ALLEGATO N – CD-ROM.....	2

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		1967
Anno di ristrutturazione		NR
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 ATTIVITÀ SCOLASTICA
Superficie utile riscaldata	[m ²]	932
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.486
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4.730
Rapporto S/V	[1/m]	0,526
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.539
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.410
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.490
Tipologia generatore riscaldamento		GENERATORE A COMBUSTIONE IN ACCIAIO A BASAMENTO
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	235,30
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		METANO
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento (*)	[t/anno]	25,6
Consumo di riferimento Gas Metano (*)	[kWh _{th} /anno]	87.754
Spesa annuale Gas Metano (*)	[€/anno]	7.074
Consumo di riferimento energia elettrica (*)	[kWh _{el} /anno]	16.892
Spesa annuale energia elettrica (*)	[€/anno]	3.526

(*): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM1: Sostituzione degli infissi esterni
- EEM2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio
- EEM3: Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza
- EEM4: Installazione di valvole termostatiche e pompe inverter
- EEM5: Installazione di impianto di illuminazione 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	11,5 %	11,9%	1.214,30 €	495,60 €	107,90 €	53.170 €	26,5	35,3	30	-8.528,00 €	0,70 %	-0,16	n/a	n/a
EEM 2	20,3 %	21%	2.149,70 €	686,60 €	100,00 €	77.478,00 €	13,7	16,9	30	23.457,0 0 €	5,2%	0,30	n/a	n/a
EEM 3	10,2 %	10,5%	1.077,90 €	907,50 €	84,10 €	16.522,00 €	8,0	8,8	15	7.716,00 €	8,30 %	0,47	n/a	n/a
EEM 4	4,1%	4,1%	431,50 €	740,40 €	103,20 €	5.243,00 €	4,3	4,5	15	8.857,00 €	21,2 %	1,69	n/a	n/a

E472 Elementari S. Eusebio

EEM 5	7%	6,5%	745,80 €	597,10 €	198,40 €	13.902,00 €	4,7	5,0	8	2.384,00 €	7,0%	0,17	n/a	n/a
SCN1	32,8 %	33,1%	3.473,80 €	853,90 €	71,40 €	88.837,00 €	38,90	70,00	15	23.171,00 €	-	26,08 %	0,765	0,508
SCN2	37,8 %	38,3%	4.003,70 €	1.015,00 €	103,20 €	103.022,00 €	24,00	81,70	25	-7.286,00 €	0,33 %	-7,07 %	0,950	0,886

Descrizione Scenari di Intervento Ottimali:

- Scenario 1: Infissi (palestra) + Valvole + Generatore + LED
- Scenario 2: Cappotto + Valvole + 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.

1. Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:
 1. La sostituzione delle chiusure trasparenti (infissi) dell'involucro;
 2. l'isolamento a cappotto dell'involucro;
 3. la sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza (a condensazione);
 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 sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzando la tecnologia LED 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.

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 dei due investimenti previsti negli scenari risulta remunerativo.

In presenza del finanziamento esterno, nonostante la possibilità di accedere agli incentivi del conto termico anche grazie alla combinazione di alcuni interventi proposti, gli investimenti risultano sconvenienti.

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.

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.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord-Est



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. BAV F. 42 Mapp. 1706 Sub. 3 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		1967
Anno di ristrutturazione		NR
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 ATTIVITÀ SCOLASTICA
Superficie utile riscaldata	[m ²]	932
Superficie disperdente (S)	[m ²]	2.486
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4.730
Rapporto S/V	[1/m]	0,526
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.539
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.410
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.490
Tipologia generatore riscaldamento		GENERATORE A COMBUSTIONE IN ACCIAIO A BASAMENTO
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	235,30
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	0
Tipo di combustibile		METANO
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici

Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	25,6
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	87.754
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	7.074
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	16.892
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	3.526

Nota (1): Valori di Baseline

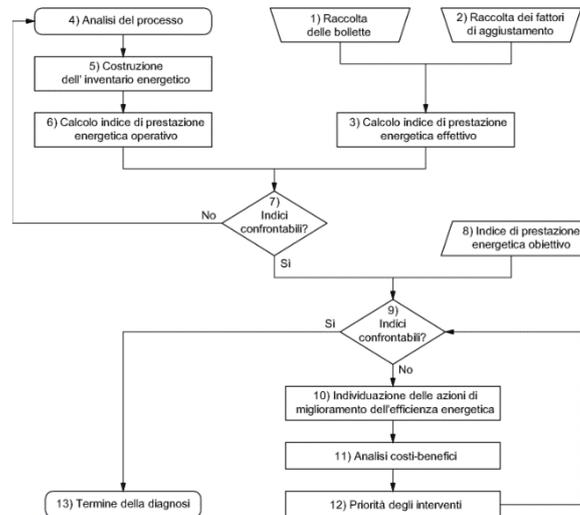
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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.

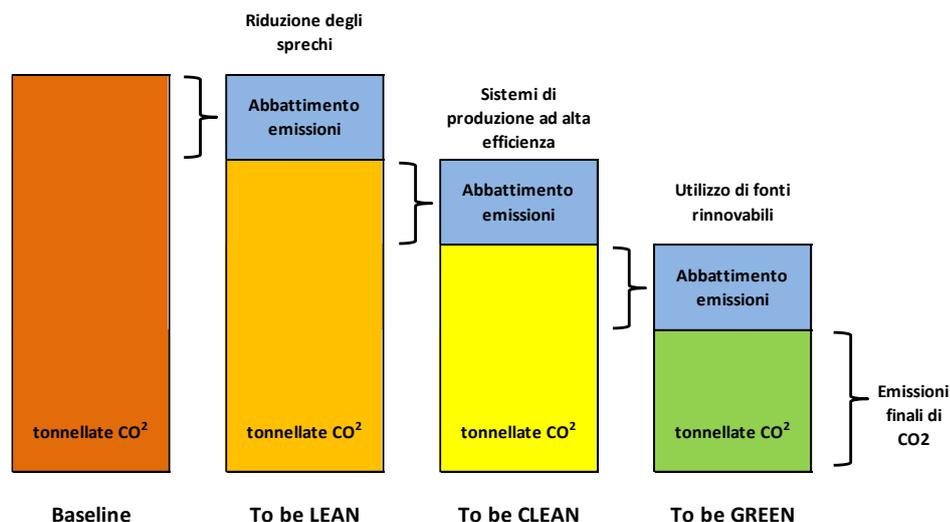
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “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:

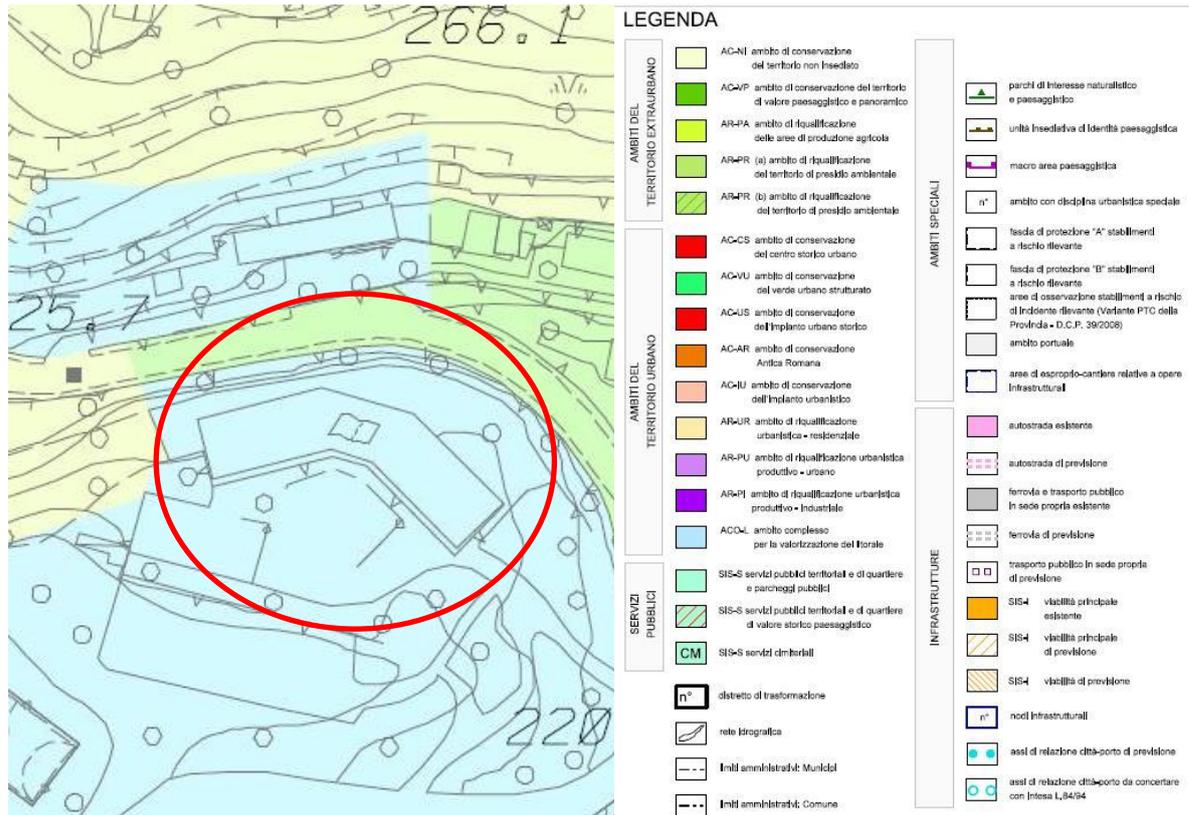
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 14727, 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 due piani fuori terra, nei quali è locata la scuola. Al piano terra sono presenti: aule didattiche, locali dispensa, uffici, un locale tecnico, magazzini, depositi e un auditorio mentre al piano superiore trovano spazio un refettorio, una cucina con locale dispensa, locali di servizio, aule e una sala medica.

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	Aule didattiche, locali dispensa, uffici, un locale tecnico, magazzini, depositi e un auditorio	[m ²]	402	163	0
Primo	Refettorio, una cucina con locale dispensa, locali di servizio, aule e una sala medica	[m ²]	854	769	0
TOTALE		[m ²]	1.256	932	0

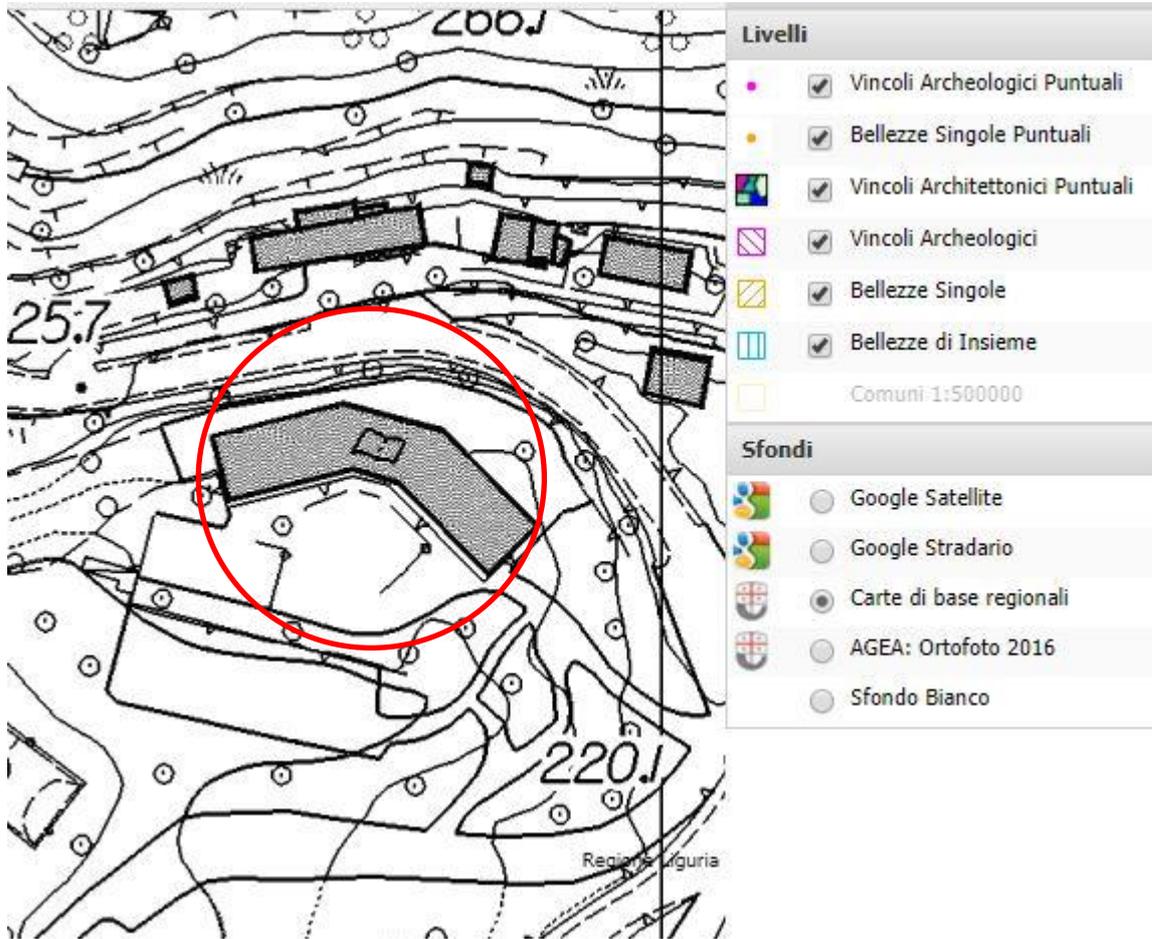
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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:



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.

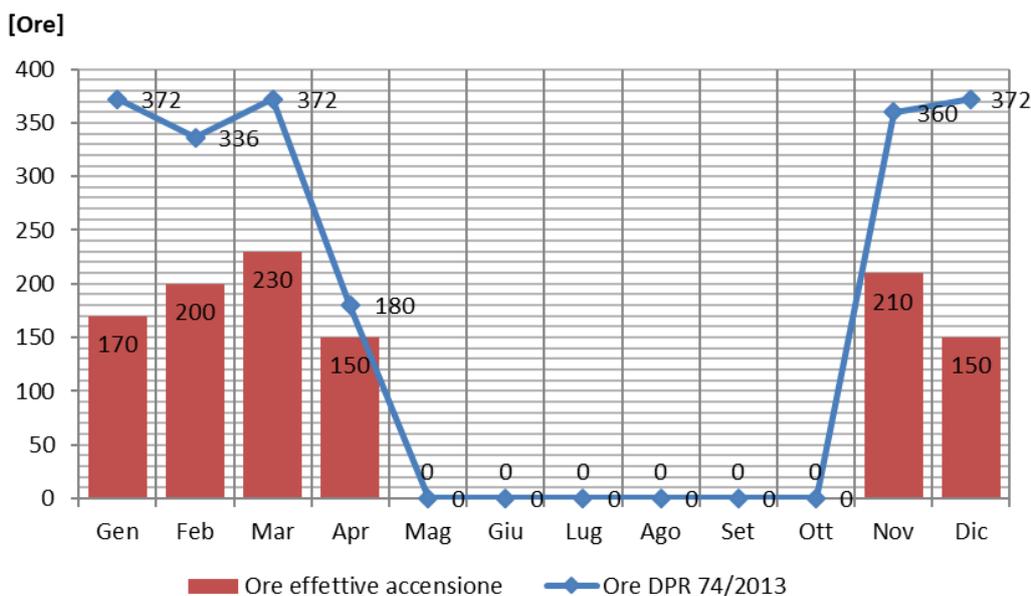
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio ed i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati durante il sopralluogo attraverso lettura di appositi cartelli affissi e richiesta al personale presente.

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 SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Dal lunedì al venerdì	7.00 – 17.30	6.30 – 16.30
	sabato e domenica	CHIUSO	SPENTO
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	tutti i giorni	7.00 – 17.30	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%

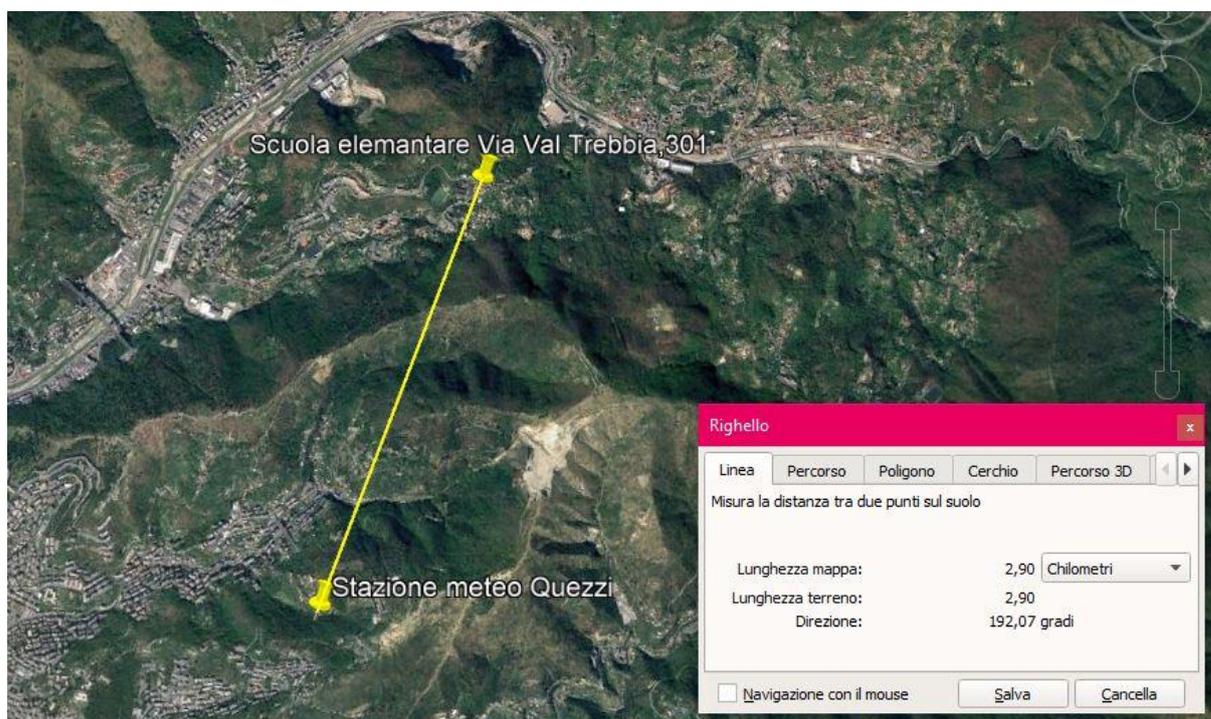
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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).

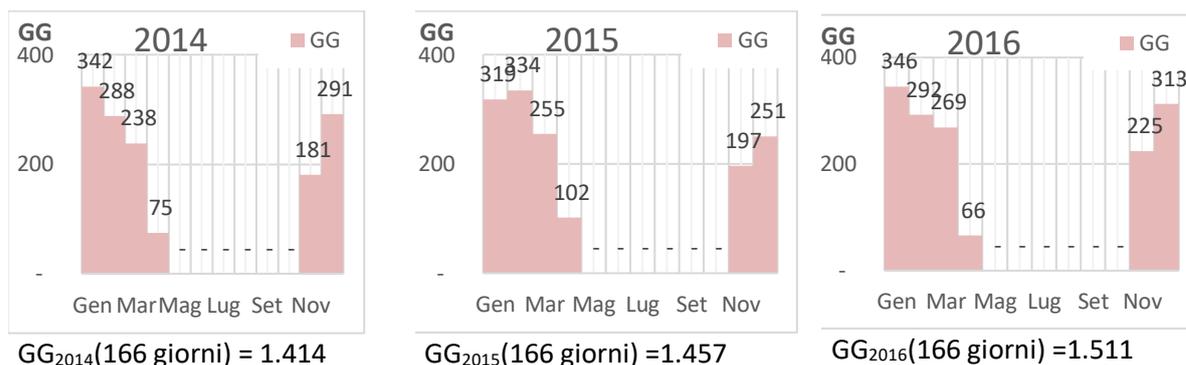
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

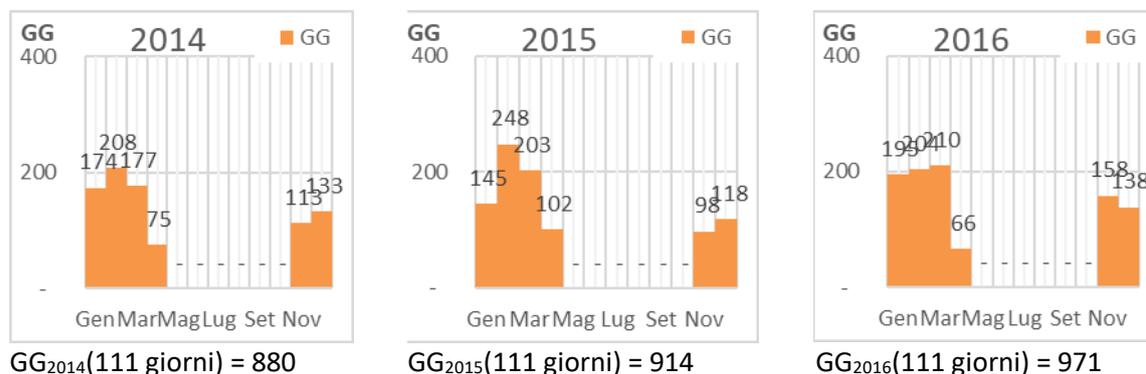


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto 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 sostanzialmente composto da un unico corpo di fabbrica caratterizzato da struttura in c.a. e tamponature in muratura, presumibilmente realizzate con 2 paramenti in laterizio ed intercapedine, parte intonacate e parte rivestite in laterizio faccia a vista.

Questa soluzione realizzativa incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio: l'involucro murario ha una media inerzia termica e quindi un discreto comportamento termico.

È presente un sottotetto non isolato su parte dell'edificio.

Figura 4.1 - Particolari della facciata



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	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura non praticabile	COP1	35	Non presente	1,623	Sufficiente
Copertura sottotetto	COP2	143	Non presente	0,658	Sufficiente
Muratura Esterna Intonaco	M1	40	Non presente	0,4721	Buono
Muratura Esterna Mattone	M2	42	Non presente	0,936	Buono
Muratura interc. Pt.	M3	42	Non presente	2,565	Buono
Basamento contro terra	B1	44,5	Non presente	1,499	Buono

L'elenco completo dei componenti dell'involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell'**ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT**.

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti di diversa tipologia:

Al Piano Terra e al Piano Primo gli infissi sono stati parzialmente rinnovati i nuovi sono in PVC a taglio termico e vetro camera, quelli vecchi sono in legno con vetro singolo.

Lo stato di conservazione dei vecchi è molto buono per quanto riguarda tutti i nuovi serramenti, mentre risulta scarso sui serramenti non ancora sostituiti – 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 della cucina al Piano Primo



Figura 4.5 - Particolare dei nuovi 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 4.6 – 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

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LxH] [m]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
--------------------	--------	-------------------------	-------------	------------	------------------------------	------------------------

PIANO TERRA						
Serramento	F1	305x180	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,764	Sufficiente
Serramento	F2	192x256	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,755	Sufficiente
PIANO PRIMO						
Serramento	F3	175x180	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,608	Sufficiente
Serramento	F3	175x180	PVC	Vetro DOPPIO	2,368	Ottimo
Serramento	PF1	100X270	PVC	Vetro DOPPIO	2,364	Buono
Serramento	PF2	100X270	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,665	Sufficiente
Serramento	F4	364x105	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,649	Sufficiente
Serramento	F5	137x180	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,8472	Sufficiente
Serramento	F6	460x60	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,272	Sufficiente
Serramento	F7	244x140	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,771	Sufficiente
Serramento	F8	100x270	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,739	Sufficiente
Serramento	F9	60x60	LEGNO	Vetro SINGOLO	3,940	Sufficiente
Serramento	F10	180x180	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,622	Sufficiente

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[LxH] [m]			TERMICA [W/mqK]	
PIANO TERRA						
Serramento	F1	305x180	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,764	Sufficiente
Serramento	F2	192x256	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,755	Sufficiente
PIANO PRIMO						
Serramento	F3	175x180	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,608	Sufficiente
Serramento	F3	175x180	PVC	Vetro DOPPIO	2,368	Ottimo
Serramento	PF1	100X270	PVC	Vetro DOPPIO	2,364	Buono
Serramento	PF2	100X270	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,665	Sufficiente
Serramento	F4	364x105	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,649	Sufficiente
Serramento	F5	137x180	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,8472	Sufficiente
Serramento	F6	460x60	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,272	Sufficiente
Serramento	F7	244x140	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,771	Sufficiente
Serramento	F8	100x270	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,739	Sufficiente
Serramento	F9	60x60	LEGNO	Vetro SINGOLO	3,940	Sufficiente
Serramento	F10	180x180	LEGNO	Vetro SINGOLO	4,622	Sufficiente

L'elenco completo dei componenti dell'involucro trasparente, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.2 dell'**ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT**.

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.

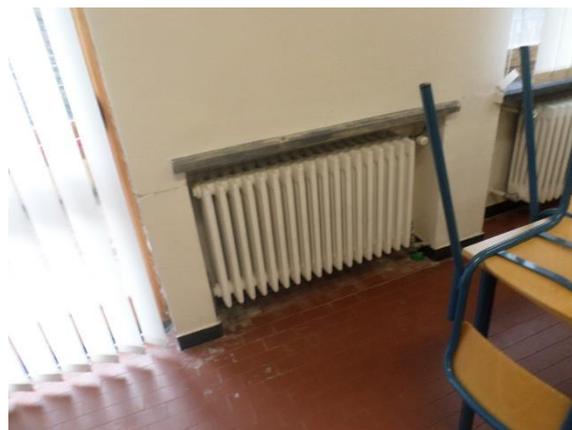
La centrale termica principale ha singola mandata con pompa gemellare e tre stacchi.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

[Figura 4.7 - Particolare dei radiatori in ghisa](#)

- 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	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	Parete	4	1,19 - 1,55	5,3	0	0
Primo	Parete	48	1,19 - 1,55	108,87	0	0
TOTALE		52		114,17	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.

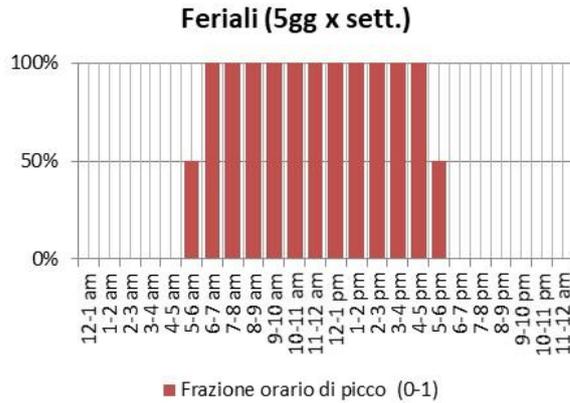
L'elenco delle tipologie dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'**ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT**.

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 4.8 - 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) Presente centrale termica con singola caldaia a basamento.
- 2) Presente una partenza con tre stacchi non definiti.

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	SALMSON/CX2650C-T3	0,660
TOTALE			0,660

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	55 ⁽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 4.9 – Indagini diagnostiche circuito di MANDATA

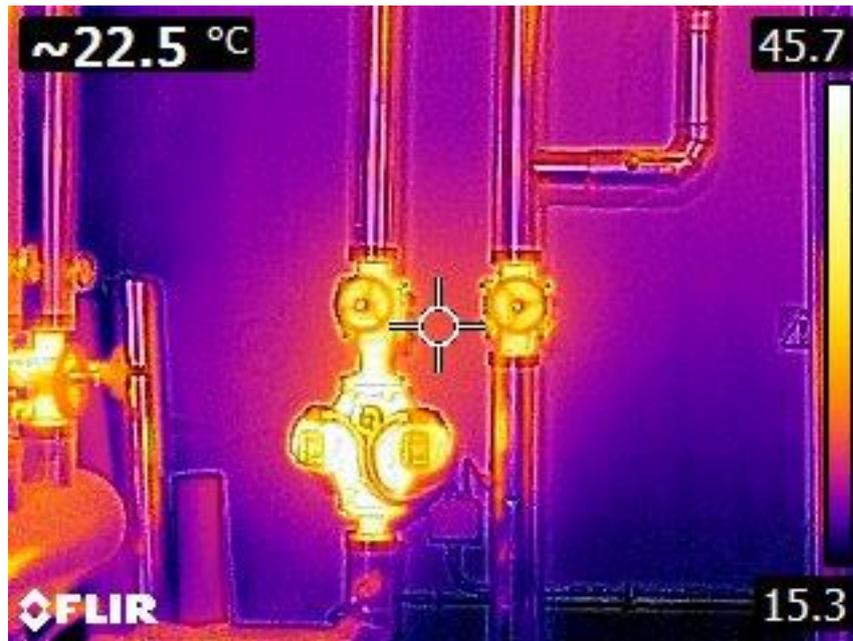
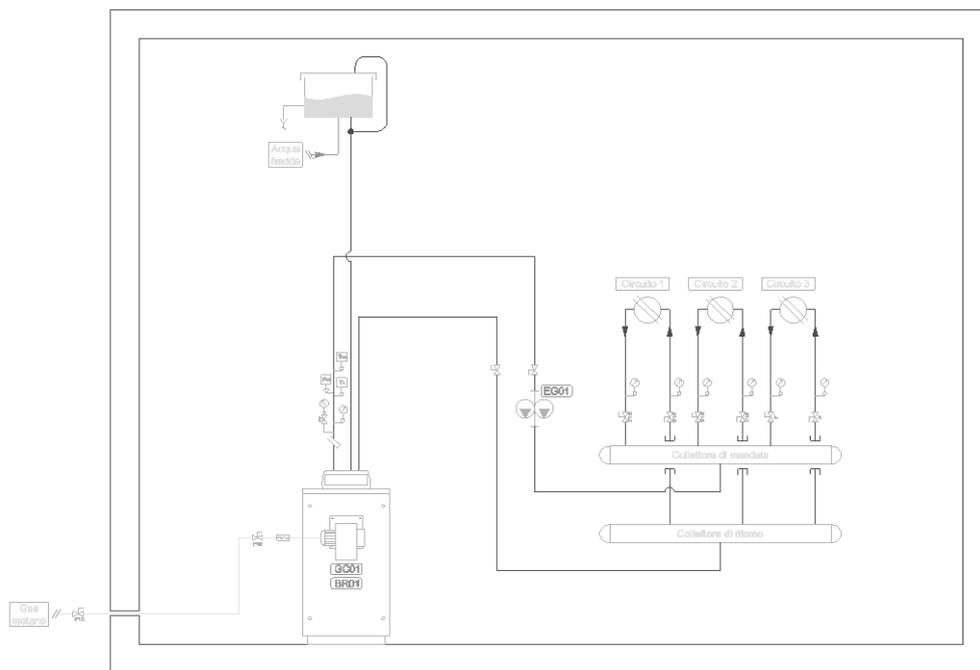


Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 024-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 89.6%, 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 una caldaia a basamento "IVAR TRISPACE 260 TS" a servizio della scuola elementare (solo riscaldamento)

Figura 4.11 - Particolare di caldaia 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	IVAR	TRISPACE 260 TS	2002	258	235,3	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 94,1%).

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria 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.

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

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 per il regime estivo non è presente.

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 4.9.

Tabella 4.9 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona 1	PC	13	250	3250	23790
Zona 1	Frigorifero	1	1000	1000	8040
Zona 1	Distributore caffè	1	500	500	1340
Zona 1	Microonde	1	1000	1000	335
Zona 1	Stampanti	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 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona 1	Fluorescente	39	104	4056
Zona 1	Fluorescente	31	52	1612
Zona 1	Fluorescente	8	18	144
Zona 1	Fluorescente	1	36	36
Zona 1	Fluorescente	12	58	6472

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 4.12 - Corpi illuminanti installati al 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.

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

Non è presente un impianto Fotovoltaico.

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 - PDR 3270050356988: 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]
3270050356988	Riscaldamento	4.715	7.615	6.790	8.287	121.248	63.4721	78.064

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	GGRif	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	12.116	9,94	1,0549	9,42	121.248	137,8	126.979
2015	914	921	6.790	9,94	1,0549	9,42	63.980	70,0	64.518
2016	971	921	8.287	9,94	1,0549	9,42	78.086	80,4	74.081
Media	922	921	9.064				87.771	95,2	87.754

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 5.4:

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [kWh]
\bar{Q}_{ACS}	0
\bar{Q}_{ALTRO}	0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	87.754
$Q_{baseline}$	87.754

5.1.2 Energia elettrica

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

- Primo Piano - Scuola Primaria: refettorio e cucina, uffici, servizi igienici, sala medica e aule.
- Piano Terra – Auditorio e Palestra.

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]
IT001E00097363	NR	17.868	17.338	(*) 15.469	16.892
TOTALE		17.868	17.338	15.469	EEbaseline 16.892

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, in particolare per l'anno 2016:

ANNI	2014	2015	2016	MEDIA
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
VALORI TOTALI da kyotoBaseline-EXXXX	17.868	17.698	16.992	EEbaseline 17.519

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 16.892 kWh.

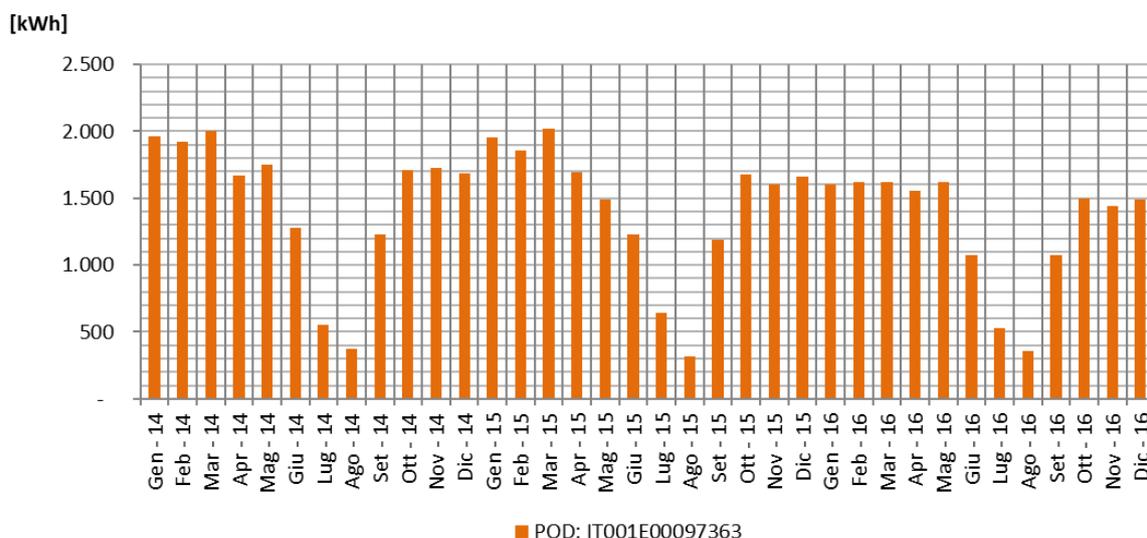
Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E00097363	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.236	289	440	1.4725
Feb - 14	1.251	293	381	1.925
Mar - 14	1.255	316	433	2.004
Apr - 14	4728	266	431	1.665
Mag - 14	997	297	457	1.751

Giu - 14	709	201	367	1.277
Lug - 14	249	109	193	551
Ago - 14	79	91	203	373
Set - 14	715	226	286	1.227
Ott - 14	1.065	284	364	1.713
Nov - 14	1.043	263	422	1.728
Dic - 14	945	268	476	1.689
Totale				17.868
POD: IT001E00097363	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	1.125	323	507	1.955
Feb - 15	1.195	285	375	1.855
Mar - 15	1.251	314	457	2.022
Apr - 15	982	258	451	1.691
Mag - 15	900	227	364	1.491
Giu - 15	720	187	318	1.225
Lug - 15	280	128	237	645
Ago - 15	70	68	179	317
Set - 15	717	205	265	1.187
Ott - 15	1.124	257	300	1.681
Nov - 15	1.046	220	341	1.607
Dic - 15	1.081	228	353	1.662
Totale	10.491	2.700	4.147	17.338
POD: IT001E00097363	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	986	234	383	1.603
Feb - 16	1.077	226	313	1.616
Mar - 16	1.050	232	334	1.616
Apr - 16	985	227	339	1.551
Mag - 16	1.102	225	2472	1.623
Giu - 16	631	162	281	1.074
Lug - 16	231	101	200	532
Ago - 16	81	80	193	354
Set - 16	650	186	238	1.074
Ott - 16	948	237	312	1.497
Nov - 16	882	203	355	1.440
Dic - 16	912	210	367	1.489
Totale	9.535	2.323	3.611	15.469

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.

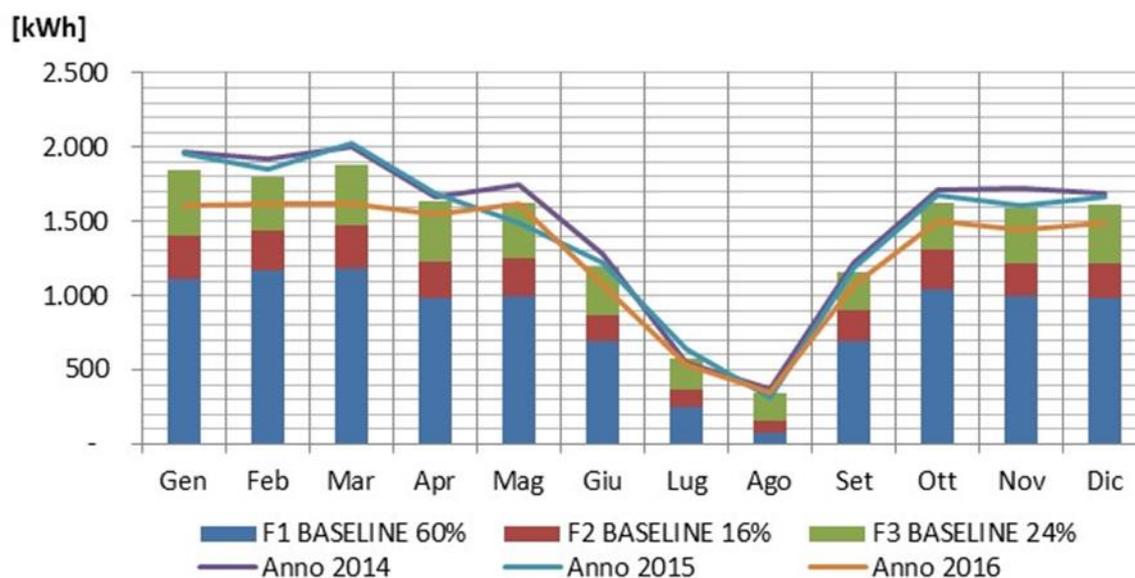
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

BASILINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	1.116	282	443	1.841
Feb	1.174	268	356	1.799
Mar	1.185	287	408	1.881
Apr	978	250	407	1.636
Mag	1.000	250	372	1.622
Giu	687	183	322	1.192
Lug	253	113	210	576
Ago	77	80	192	348
Set	694	206	263	1.163
Ott	1.046	259	325	1.630
Nov	990	229	373	1.592
Dic	979	235	399	1.613
Totale	10.179	2.642	4.070	16.892

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 accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, in quanto l'utenza non è monitorata.

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 5.8.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

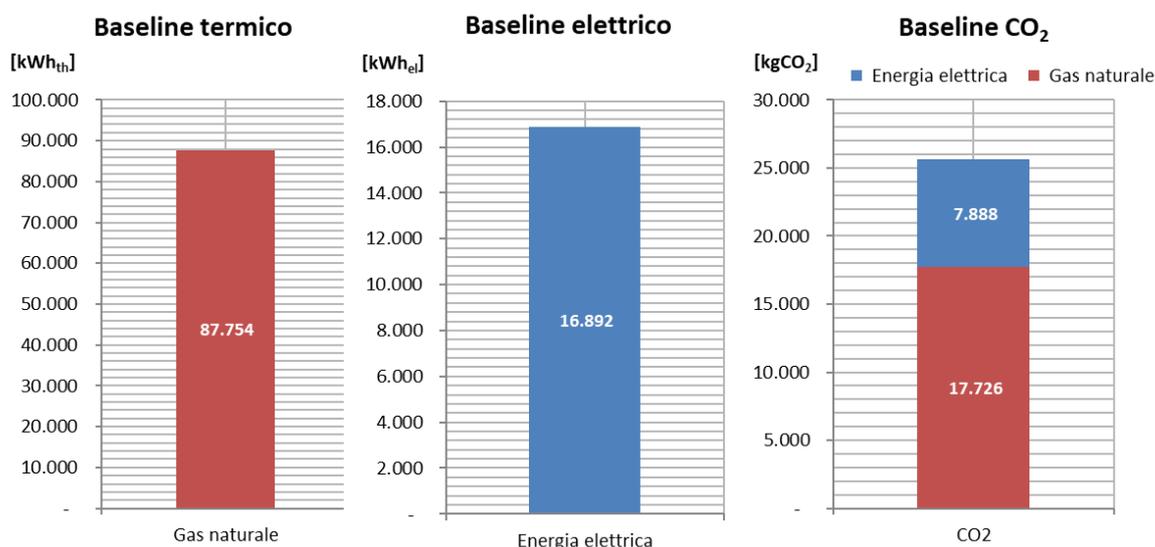
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

* 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 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	87.754	0,202	17.726
Energia elettrica	16.892	0,467	7.888
TOTALE			25.615

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

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

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	932	m ²
FATTORE 2	Superficie lorda complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.539	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	6.712	m ³

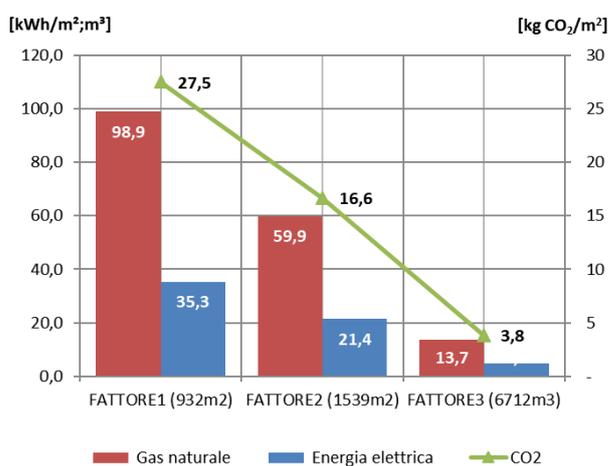
Nella Tabella 5.12 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

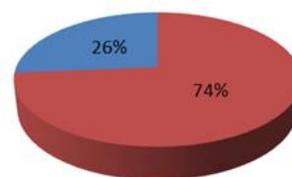
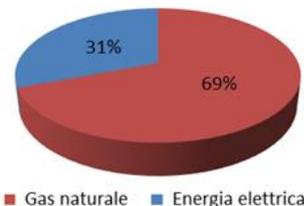
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTOR E DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	87.754	1,05	92.142	98,9	59,9	13,7	19,02	11,52	2,64
Energia elettrica	16.892	2,42	40.878	43,9	26,6	6,1	8,46	5,13	1,18
TOTALE			133.019	143	86	20	27	17	4

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTOR E 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	87.754	1,05	92.142	98,9	59,9	13,7	19,02	11,52	2,64
Energia elettrica	16.892	1,95	32.939	35,3	21,4	4,9	8,46	5,13	1,18
TOTALE			125.080	134	81	19	27	17	4

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni 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	28,3	15,1	17,3	na	na	na
Energia elettrica	na	na	na	36	35	31,2

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA – FIRE: per gli indici relativi al riscaldamento, sono risultati sufficienti gli anni 2015 e 2016, per gli indici relativi all'energia elettrica tutti gli indici indicano una prestazione insufficiente.

Per i dettagli sulle valutazioni effettuate vedere **Error! Reference source not found..**

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	175,8	167,21
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	139,26	137,77
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,65	0,52
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	35,89	28,92
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno		33,82

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	12.369	-
Energia Elettrica	-	17.045

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

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

Dove:

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

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

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

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

Nota (*) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor facendo riferimento alle 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 di effettivo utilizzo 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	147,81	139,6
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	111,19	110
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,63	0,5
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0

Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	35,99	29
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno		28,2

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	9.875	-
Energia Elettrica	-	17.092

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

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

Q _{teorico}	Q _{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
89.571	87.754	2%

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($EE_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 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}	EE _{baseline}	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
16.765	16.892	1%

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

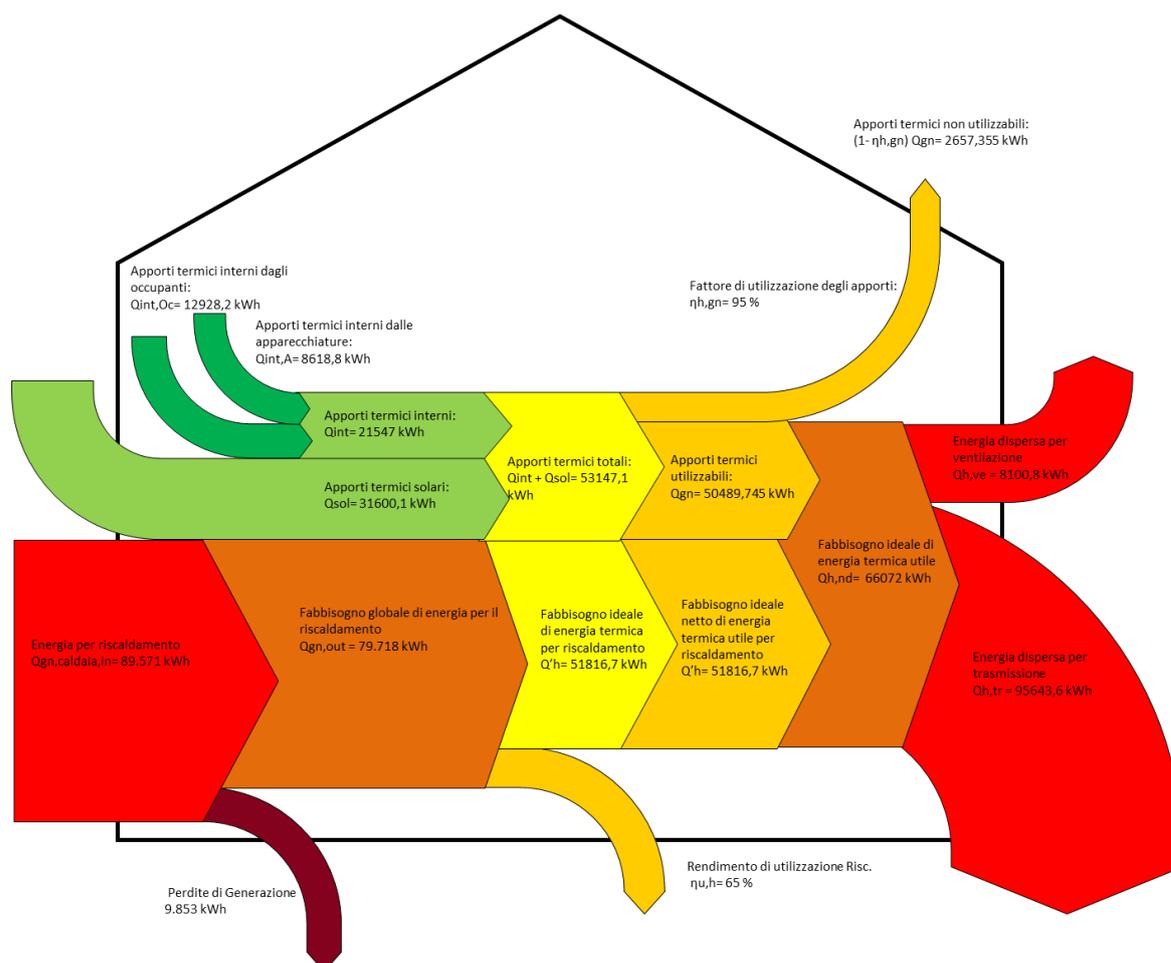
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

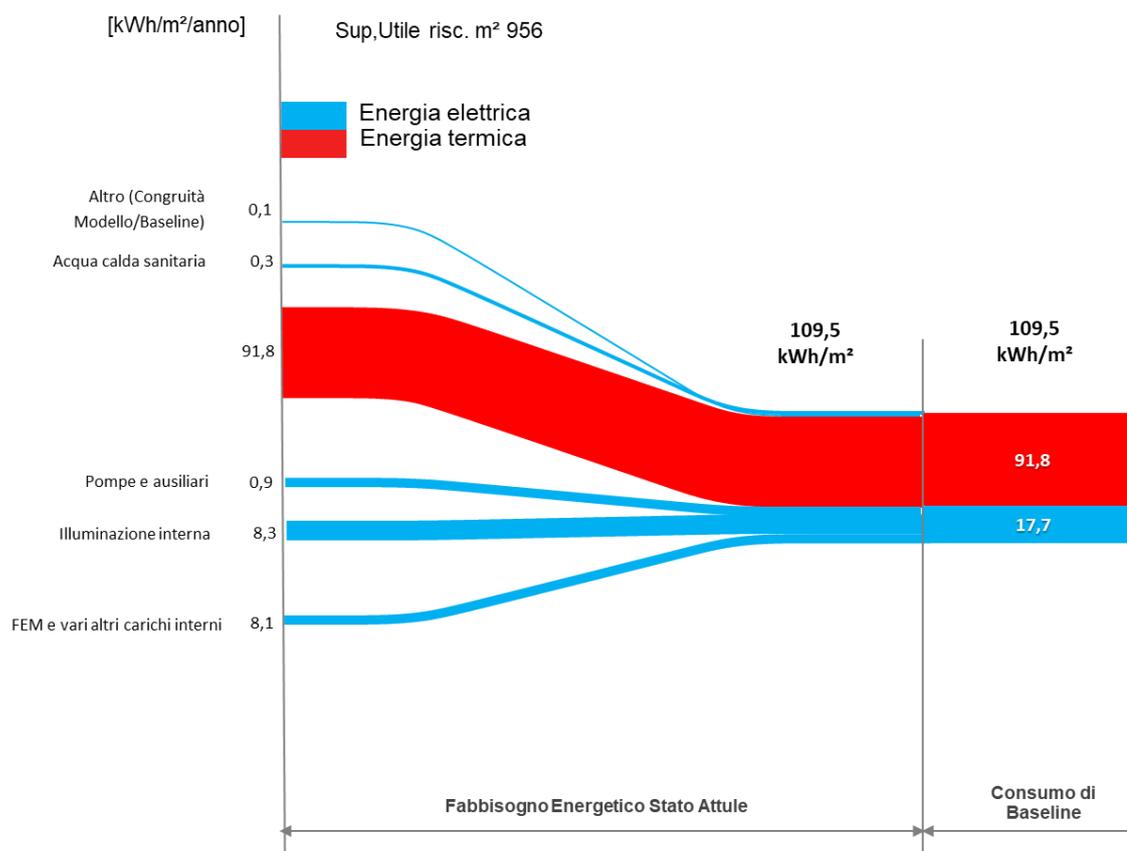
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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 molto alta, 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 alla baseline.

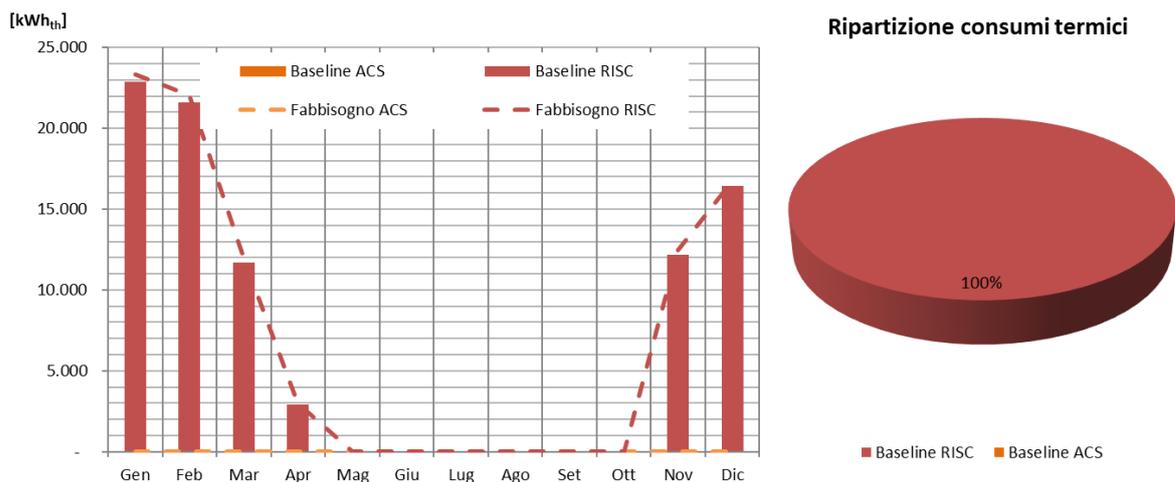
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

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



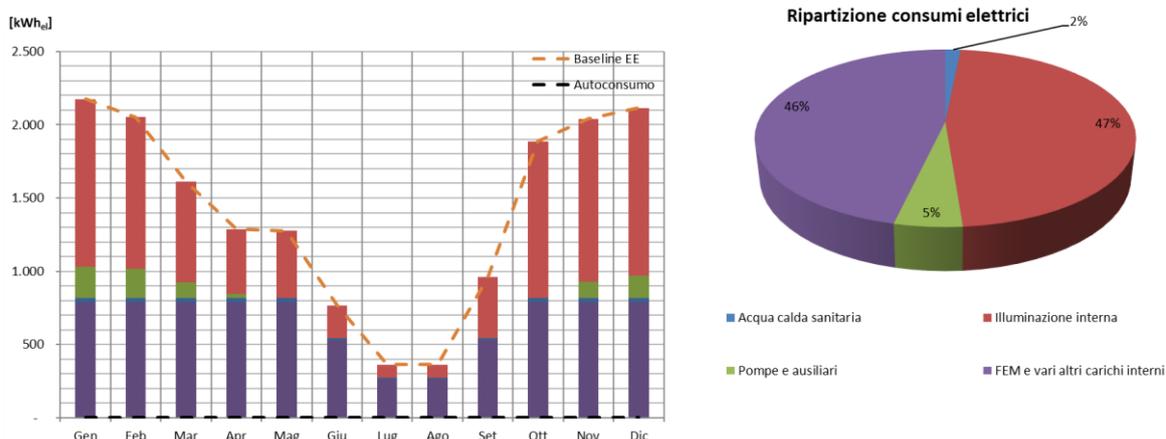
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per il riscaldamento dei locali, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti.

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'utilizzo per l'illuminazione dei locali e alla FEM, 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 3270050356988, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270050356988: 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: 3270050356988	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: 3270050356988	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	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: 3270050356988	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	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	#DIV/0!

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

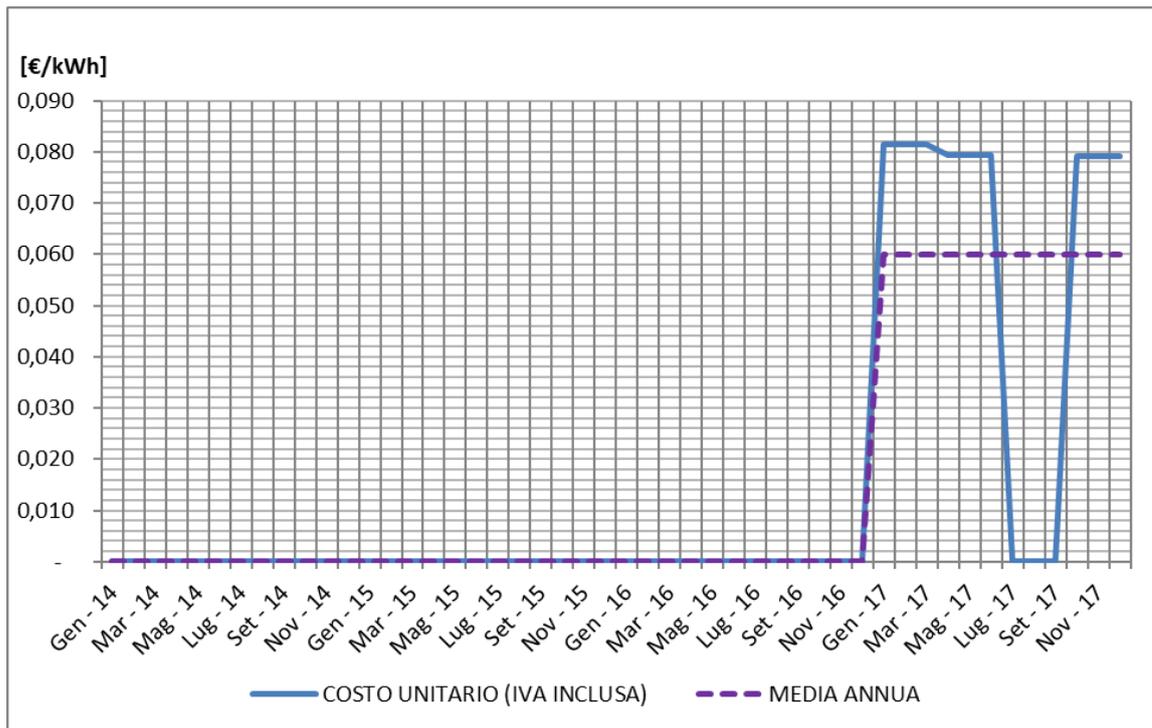
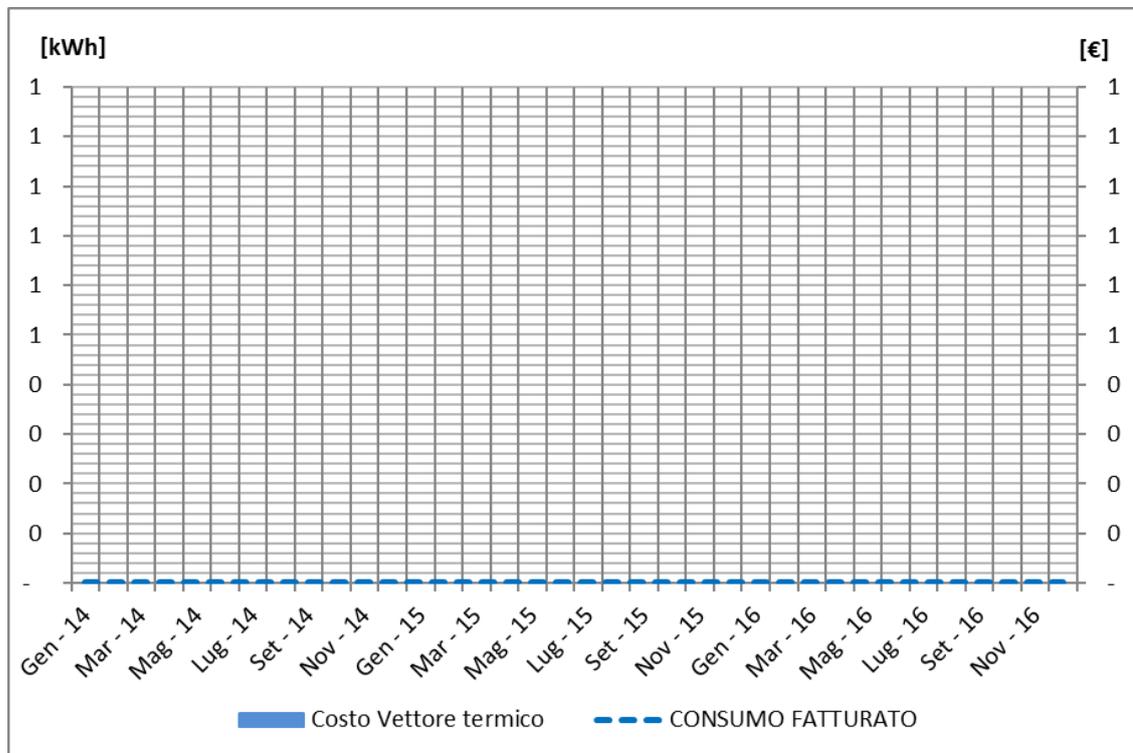


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 IT001E00097363: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È 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: IT001E00097363	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	16,50 kW	16,50 kW	15,00 kW	15,00 kW	15,00 kW
Potenza elettrica disponibile	16,50 kW	16,50 kW	16,50 kW	16,50 kW	16,50 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT	Forniture in BT	Utenza altri usi	Utenza altri usi	Altri usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Genova-2013-NEW	Genova-2013-NEW	CONSIP EE12 - Lotto 2	CONSIP EE12 - L2 - delibera	CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,229	0,222	0,222	0,183	0,183

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: IT001E00097363	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	151	14	215	25	40	445	1.4725	0,226
Feb - 14	149	14	212	24	40	438	1.925	0,228
Mar - 14	154	14	220	25	41	453	2.004	0,226
Apr - 14	126	14	200	21	36	397	1.665	0,238
Mag - 14	132	14	200	22	37	404	1.751	0,231
Giu - 14	95	14	152	16	28	304	1.277	0,238
Lug - 14	Fattura mancante	-	551	-				
Ago - 14	25	14	77	5	12	133	373	0,357
Set - 14	93	14	158	15	28	307	1.227	0,250
Ott - 14	130	14	204	21	37	406	1.713	0,237
Nov - 14	128	14	206	22	37	406	1.728	0,235

Dic - 14	121	14	202	21	36	394	1.689	0,233
Totale	1.303	152	2.045	216	372	4.088	17.868	0,229
POD: IT001E00097363	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	136	14	230	24	41	445	1.955	0,228
Feb - 15	124	14	221	23	38	421	1.855	0,227
Mar - 15	130	14	237	25	41	447	2.022	0,221
Apr - 15	62	15	130	13	22	242	1.691	0,143
Mag - 15	68	15	142	15	24	263	1.491	0,176
Giu - 15	68	15	145	15	24	267	1.225	0,218
Lug - 15	53	15	124	12	20	223	645	0,346
Ago - 15	18	15	70	4	11	117	317	0,369
Set - 15	55	15	139	14	22	246	1.187	0,207
Ott - 15	73	15	193	21	30	332	1.681	0,198
Nov - 15	78	15	200	22	32	346	1.607	0,216
Dic - 15	163	15	251	28	46	502	1.662	0,302
Totale	1.026	177	2.081	217	350	3.851	17.338	0,222
POD: IT001E00097363	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	72	15	173	20	28	309	1.603	0,193
Feb - 16	68	15	174	20	28	305	1.616	0,189
Mar - 16	143	15	174	20	35	388	1.616	0,240
Apr - 16	81	15	169	19	29	314	1.551	0,202
Mag - 16	97	15	190	20	32	356	1.623	0,219
Giu - 16	63	15	129	13	22	244	1.074	0,227
Lug - 16	37	15	84	7	14	158	532	0,2472
Ago - 16	22	15	69	4	11	122	354	0,346
Set - 16	78	15	145	13	25	276	1.074	0,257
Ott - 16	120	15	166	19	32	351	1.497	0,235
Nov - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	1.440	-
Dic - 16	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	Fattura mancante	-	1.489	-
Totale	783	154	1.474	157	257	2.824	15.469	0,183

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

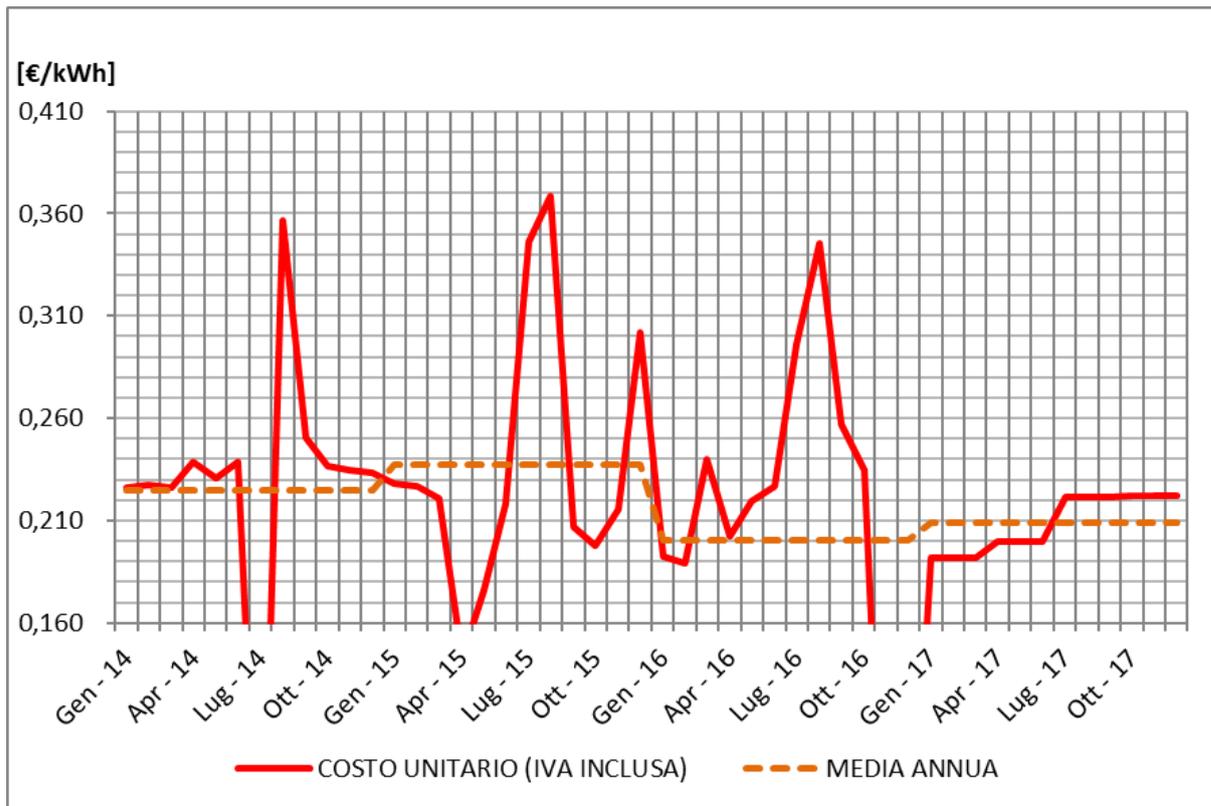
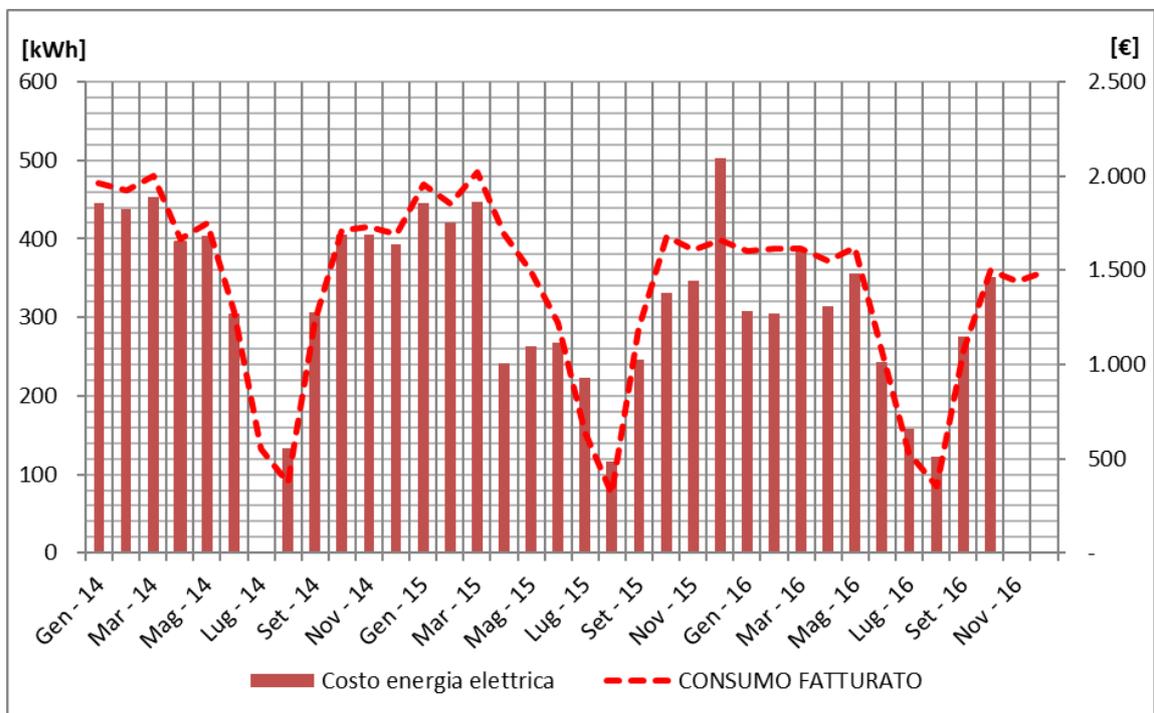


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è stato molto variabile nel corso dei tre anni.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.4 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	-	-	-	17.868	4.088	0,229	4.088
2015	47.241	-	-	17.338	3.851	0,222	3.851
2016	20,649	-	-	15.469	2.824	0,183	2.824
2017	-	-	0,0806	-	-	0,209	-
Media	-	-	0,0806	16.892	3.588	0,210	3.588

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 _{UQ}	0,081 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	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:

- L042-022: 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 14.632 €.

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	C_{MO} 5.971	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 1.587	[€/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:

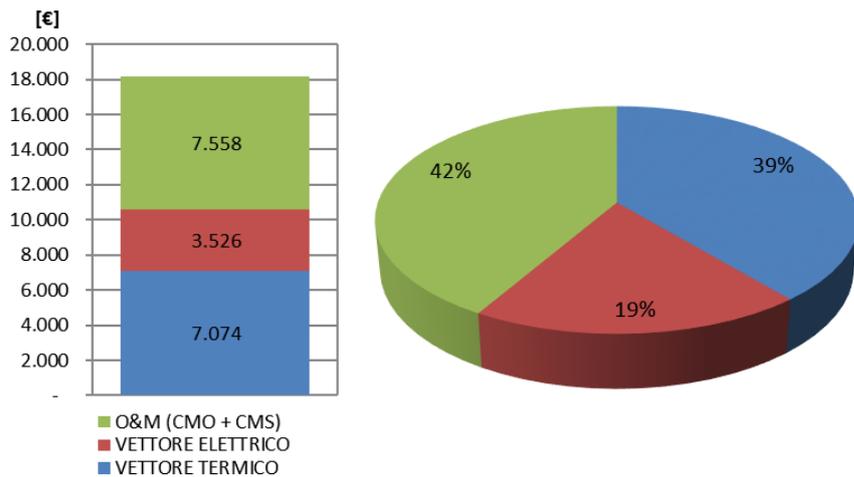
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 10.576 e un $C_{baseline}$ pari a € 18.158

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}	$CQ+C_{EE}+C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
87.754	0,081	7.074	16.892	0,209	3.526	7.558	5.971	1.587	18.158

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.

Gli infissi che saranno sostituiti sono solo quelli di vecchio tipo.

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

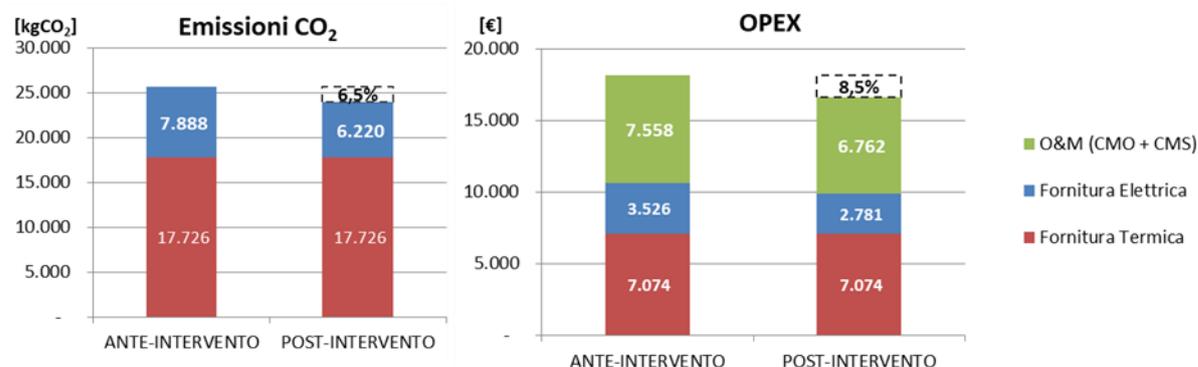
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione degli infissi esterni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 -Trasmittanza infissi	[W/m ² K]	3,98	1,65	58,5%
Q _{teorico}	[kWh]	89.571	89.571	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	16.765	13.219	21,2%
Q _{baseline}	[kWh]	87.754	87.754	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	16.892	13.319	21,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.726	17.726	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.888	6.220	21,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.615	23.946	6,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.074	7.074	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.526	2.781	21,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.600	9.854	7,0%
C _{MO}	[€]	5.971	5.374	10,0%
C _{MS}	[€]	1.587	1.389	12,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.558	6.762	10,5%
OPEX	[€]	18.158	16.617	8,5%
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. 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

Figura 8.3 – Esempio tipo di coibentazione a cappotto

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 8.4 – 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.

Poiché parte delle murature sono rivestite con laterizio faccia a vista, sarà opportuno prevedere la coibentazione delle murature dal lato interno, al fine di non modificare l'aspetto esterno dell'edificio. 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. Verranno isolate solo le porzioni di copertura confinanti direttamente con l'esterno e non quelle che confinano con il sottotetto.

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

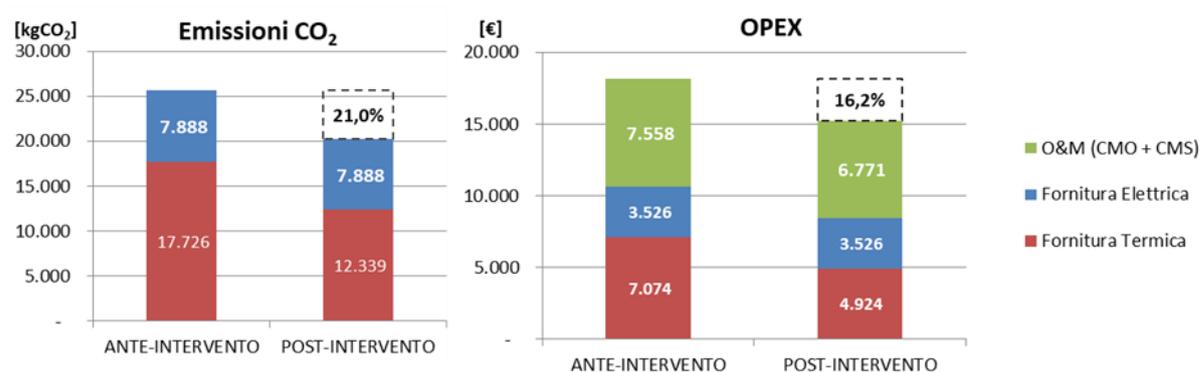
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2.

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]	0,472	0,30	68,9%
Q _{teorico}	[kWh]	89.571	62.351	30,4%
EE _{teorico}	[kWh]	16.765	16.765	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	87.754	61.086	30,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	16.892	16.892	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.726	12.339	30,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.888	7.888	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.615	20.228	21,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.074	4.924	30,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.526	3.526	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.600	8.451	20,3%
C _{MO}	[€]	5.971	5.284	11,5%
C _{MS}	[€]	1.587	1.487	6,3%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.558	6.771	10,4%
OPEX	[€]	18.158	15.222	16,2%
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

Figura 8.6- Particolare del generatore di calore attualmente installato

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'87%). 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.



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.

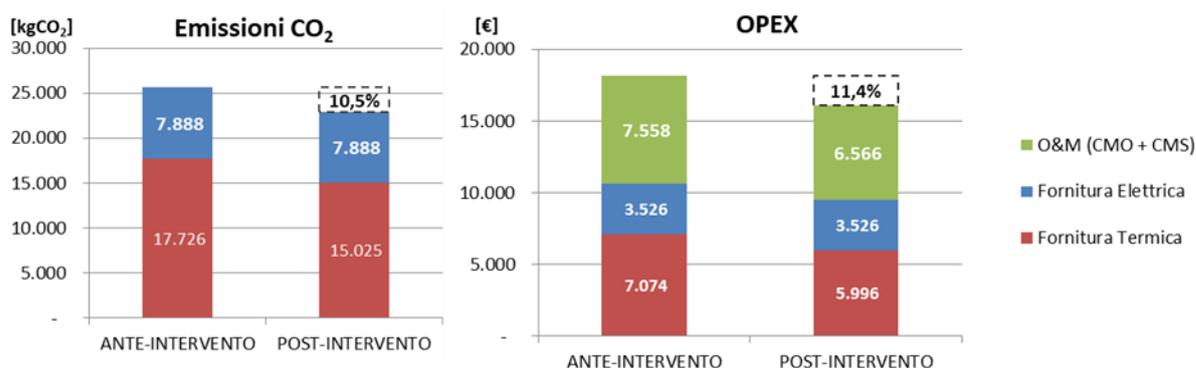
Tabella 8.3– Risultati analisi EEM3 - Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 -Rendimento Generatore	%	88,00	105,00	-19,3%
Q _{teorico}	[kWh]	89.571	75.922	15,2%
EE _{teorico}	[kWh]	16.765	16.765	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	87.754	74.382	15,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	16.892	16.892	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.726	15.025	15,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.888	7.888	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.615	22.914	10,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.074	5.996	15,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.526	3.526	0,0%

Fornitura Energia, C_e	[€]	10.600	9.522	10,2%
C _{MO}	[€]	5.971	5.063	15,2%
C _{MS}	[€]	1.587	1.503	5,3%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.558	6.566	13,1%
OPEX	[€]	18.158	16.089	11,4%
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.

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.

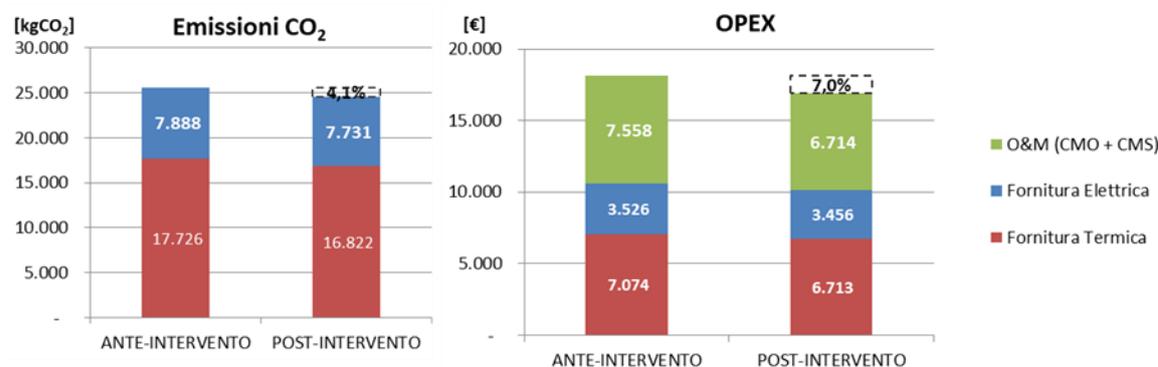
Tabella 8.4– Risultati analisi EEM4 - Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
-------------------	------	-----------------	-----------------	------------------------

EEM 4 - Rendimento di regolazione + distribuzione	%	89,00	99,00	-11,2%
Q _{teorico}	[kWh]	89.571	85.000	5,1%
EE _{teorico}	[kWh]	16.765	16.430	2,0%
Q _{baseline}	[kWh]	87.754	83.276	5,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	16.892	16.554	2,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.726	16.822	5,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.888	7.731	2,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.615	24.552	4,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.074	6.713	5,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.526	3.456	2,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.600	10.169	4,1%
C _{MO}	[€]	5.971	5.230	12,4%
C _{MS}	[€]	1.587	1.484	6,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.558	6.714	11,2%
OPEX	[€]	18.158	16.883	7,0%
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 – EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



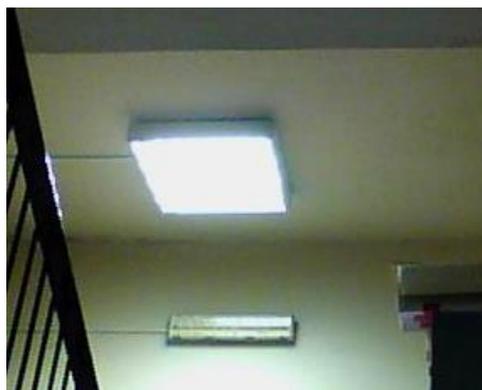
8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione di impianto di illuminazione LED

Generalità

Figura 8.11- Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati

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.



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 al 50% della potenza delle lampade sostituite.

Prestazioni raggiungibili

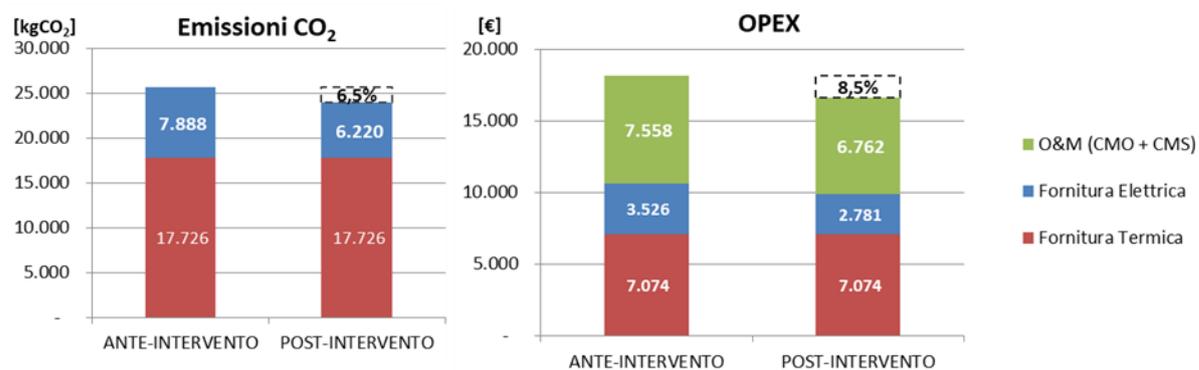
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5.

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	7.918	4.355	45,0%
Q _{teorico}	[kWh]	89.571	89.571	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	16.765	13.219	21,2%
Q _{baseline}	[kWh]	87.754	87.754	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	16.892	13.319	21,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.726	17.726	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.888	6.220	21,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.615	23.946	6,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.074	7.074	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.526	2.781	21,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.600	9.854	7,0%
C _{MO}	[€]	5.971	5.374	10,0%
C _{MS}	[€]	1.587	1.389	12,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.558	6.762	10,5%
OPEX	[€]	18.158	16.617	8,5%
Classe energetica	[-]	G	F	+1 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]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
25.A05.H01.100	Prezzario Regione Liguria	118	m2	€ 39,61	€ 35,65	€ 4.206,58	22%	€ 5.132,03
PR.A23.A30.010	Prezzario Regione Liguria	118	m2	€ 328,90	€ 2472,01	€ 34.929,18	22%	€ 42.613,60
PR.A23.B10.020	Prezzario Regione Liguria	43,451122	m	€ 7,59	€ 6,83	€ 2472,81	22%	€ 362,11
25.A15.C10.020	Prezzario Regione Liguria	17,7	m3	€ 11,77	€ 10,59	€ 187,50	22%	€ 228,75
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.188,60	22%	€ 1.450,09
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.773,41	22%	€ 3.383,55
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 43.582	22%	€ 53.170

EEM2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM2, che consiste nella coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio.

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

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)	
				[€/m²cm]	[€/m²cm]	[€]	[€]	[€]	
PR.A17.D01.010	Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	8100	m2*cm	€ 3,49	€ 3,14	€ 25.442,10	22%	€ 31.039,36
PR.A02.A25.010	Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	405	kg	€ 0,49	€ 0,44	€ 178,61	22%	€ 217,90
25.A05.E10.020	Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, interno, su muratura di mattoni, pietra o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	810	m2	€ 7,03	€ 6,33	€ 5.124,87	22%	€ 6.252,34
AT.N20.S20.040	Impalcature Montaggio e smontaggio trabattello con piano di lavoro h 4,00 m.	Prezzario Regione Liguria	30	cad	€ 39,97	€ 35,97	€ 1.079,19	22%	€ 1.316,61
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	810	m2	€ 23,79	€ 21,41	€ 17.342,91	22%	€ 21.158,35
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	810	m2	€ 4,80	€ 4,32	€ 3.499,20	22%	€ 4.269,02
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	810	m2	€ 6,95	€ 6,26	€ 5.066,55	22%	€ 6.181,19
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.732,00	22%	€ 2.113,04
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 4.041,34	22%	€ 4.930,43
TOTALE (I₀ – EEM2)						€ 63.507	22%	€ 77.478	
Incentivi	[Conto termico]							€ 30.991,30	
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								€ 6.198,26	

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

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nella sostituzione del generatore di calore con un altro ad alta efficienza energetica.

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

DESCRIZIONE	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
-------------	----------	------	-----------------	--------	-----	--------

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO			PREZZO UNITARIO SCONTATO		(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	
PR.C76.B10.020	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: 235 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 11.498,85	€ 10.348,97	€ 10.348,97	22%	€ 12.625,74
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	1	cad	€ 203,67	€ 183,30	€ 183,30	22%	€ 223,63
40.C10.B10.110	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 fino a 100 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 239,08	€ 215,17	€ 215,17	22%	€ 262,51
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	5	cad	€ 21,13	€ 19,02	€ 95,09	22%	€ 116,00
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28,46	€ 25,61	€ 25,61	22%	€ 31,25
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 108,54	€ 108,54	22%	€ 132,42
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	1	cad	€ 29,71	€ 26,74	€ 26,74	22%	€ 32,62
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 132,07	€ 132,07	22%	€ 161,12
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 68,82	€ 68,82	22%	€ 83,472
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 34,41	€ 30,97	€ 464,54	22%	€ 566,73
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 31,88	€ 28,69	€ 430,38	22%	€ 525,06
20.A15.B10.015	Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su	Prezzario Regione Liguria	50	m³km	€ 4,72	€ 4,25	€ 212,40	22%	€ 259,13

autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica 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.

Costi per la sicurezza	-	3%	%	€	22%	€
				369,35		450,61
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€	22%	€
				861,81		1.051,41
TOTALE (I₀ – EEM3)				€	22%	€
				13.543		16.522

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	52	cad	€ 35,42	€ 31,88	€ 1.657,66	22%	€ 2.022,34
PR.C47.H10.110	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 32, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 7 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 1.764,68	€ 1.588,21	€ 1.588,21	22%	€ 1.937,62
40.E10.A10.030	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 65 mm fino a 80 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 63,62	€ 57,26	€ 57,26	22%	€ 69,85
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	20	h	€ 31,88	€ 28,69	€ 583,40	22%	€ 711,75
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 117,21	22%	€ 142,99
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 273,49	22%	€ 333,65
	TOTALE (I₀ – EEM4)						€	22%	€
							4.298		5.243

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.

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

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	TOTALE	
				UNITARIO	UNITARIO	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
045161b Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestingente, schermo in policarbonato autoestingente trasparente prismaticizzato 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	22	cad	€ 156,66	€ 140,99	€ 3.101,87	22%	€ 3.784,28
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	5	cad	€ 98,61	€ 88,75	€ 443,75	22%	€ 541,37
045161c Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestingente, schermo in policarbonato autoestingente trasparente prismaticizzato 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	45	cad	€ 185,06	€ 166,55	€ 7.494,93	22%	€ 9.143,81
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 106,37	22%	€ 129,77
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 248,19	22%	€ 302,80
TOTALE (I₀ – EEM5)						€ 11.395	22%	€ 13.902
Incentivi	[Conto termico]							€ 5.560,81
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 1.112,16

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, l' 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 EEM 1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

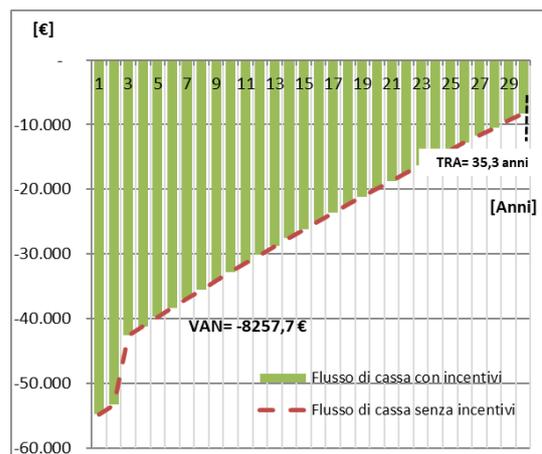
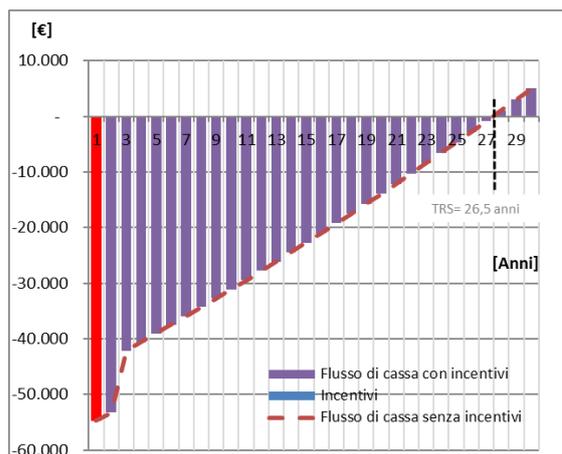
Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Sostituzione degli infissi esterni

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	53.170
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	26,5	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	35,3	
Valore attuale netto	VAN	-8.258	
Tasso interno di rendimento	TIR	0,7%	
Indice di profitto	IP	-0,16	

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 (26,5 anni e 35,3 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.

EEM2: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

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

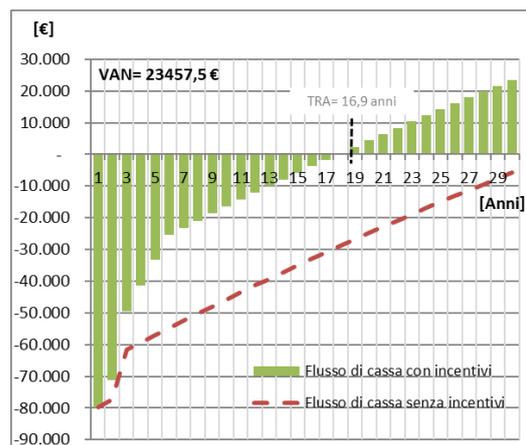
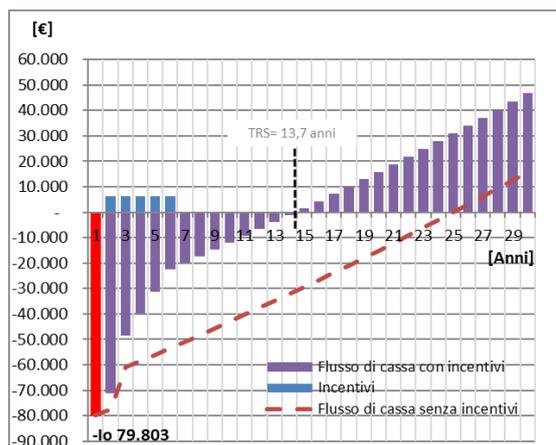
Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	77.478
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	6.198
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	24,1	13,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	32,3	16,9
Valore attuale netto	VAN	-5.758	23.457
Tasso interno di rendimento	TIR	1,4%	5,2%
Indice di profitto	IP	-0,07	0,30

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 23.457 € (IP pari a 0,3). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi ampiamente inferiori ai 30 anni di vita utile stimata per l'intervento (13,7 e 16,9 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:

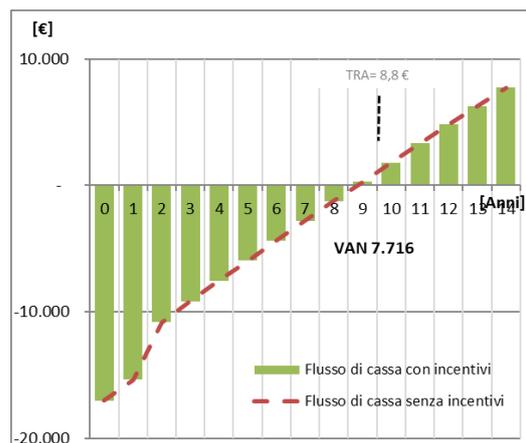
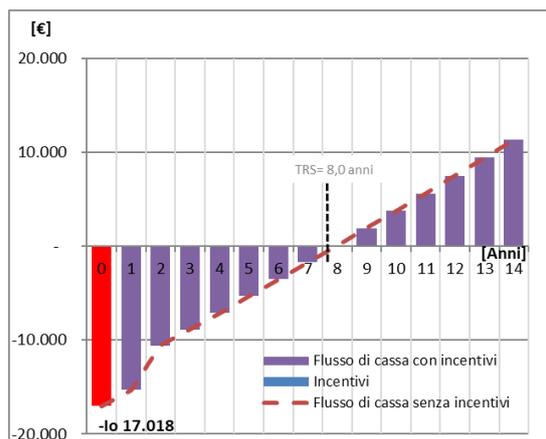
Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	16.522
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	8,0	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	8,8	
Valore attuale netto	VAN	7.716	
Tasso interno di rendimento	TIR	8,3%	
Indice di profitto	IP	0,47	

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 di 7.716 € a fronte di un investimento ragionevolmente basso (IP pari a 0,47). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 15 anni (8 e 8,8 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 EEM 4 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

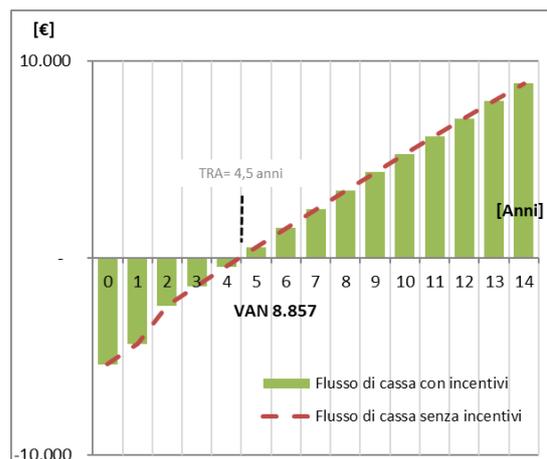
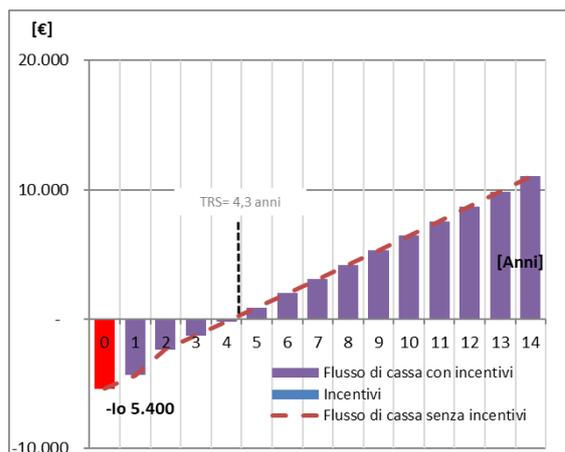
Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€	5.243
Oneri Finanziari %Io	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	4,3	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,5	
Valore attuale netto	VAN	8.857	
Tasso interno di rendimento	TIR	21,2%	
Indice di profitto	IP	1,69	

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 è remunerativo, con un VAN di 8.857€ a fronte di un investimento molto basso (IP pari a 1,69). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 15 anni (4,3 e 4,5 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 EEM 5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

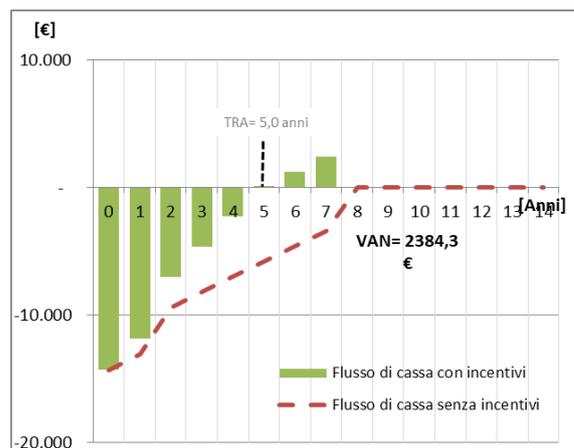
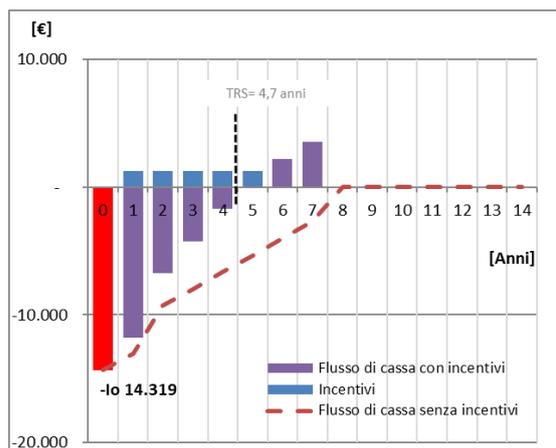
Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4– Sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	13.902
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	1.240
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	9,8	4,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	10,5	5,0
Valore attuale netto	VAN	-3.458	2.384
Tasso interno di rendimento	TIR	-5,4%	7,0%
Indice di profitto	IP	-0,25	0,17

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che grazie al contributo degli incentivi (Conto Termico), l'investimento è remunerativo, con un VAN di 2.384 € a fronte di un investimento di circa 13.902 € (IP pari a 0,17). I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono entrambi inferiori ai 8 anni (4,7 e 5 anni) decisamente compatibili con la vita utile tecnologica dei componenti installati.

Sintesi

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

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

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	Δ_{CE}	Δ_{CMO}	Δ_{CMS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM1	11,5%	11,9%	1.214,30 €	495,60 €	107,90 €	53.170 €	26,5	35,3	30	-8.528,00 €	0,70%	-0,16
EEM2	20,3%	21%	2.149,70 €	686,60 €	100,00 €	77.478,00 €	24,1	32,3	30	-5.758,00 €	1,4%	-0,07
EEM3	10,2%	10,5%	1.077,90 €	907,50 €	84,10 €	16.522,00 €	8,0	8,8	15	7.716,00 €	8,30%	0,47
EEM4	4,1%	4,1%	431,50 €	740,40 €	103,20 €	5.243,00 €	4,3	4,5	15	8.857,00 €	21,2%	1,69
EEM5	7%	6,5%	745,80 €	597,10 €	198,40 €	13.902,00 €	9,8	10,5	8	-3.458,00 €	-5,4%	-0,25

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

CON 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]	[€]	[%]	[-]
EEM1	11,5%	11,9%	1.214,30 €	495,60 €	107,90 €	53.170 €	26,5	35,3	30	-8.528,00 €	0,70%	-0,16
EEM2	20,3%	21%	2.149,70 €	686,60 €	100,00 €	77.478,00 €	13,7	16,9	30	23.457,00 €	5,2%	0,30
EEM3	10,2%	10,5%	1.077,90 €	907,50 €	84,10 €	16.522,00 €	8,0	8,8	15	7.716,00 €	8,30%	0,47
EEM4	4,1%	4,1%	431,50 €	740,40 €	103,20 €	5.243,00 €	4,3	4,5	15	8.857,00 €	21,2%	1,69
EEM5	7%	6,5%	745,80 €	597,10 €	198,40 €	13.902,00 €	4,7	5,0	8	2.384,00 €	7,0%	0,17

Dall'analisi dei risultati emerge che l'accesso agli incentivi aumenta la redditività dell'intervento sia per la EEM 2 sia per la EEM5.

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 proposte, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi.

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di

dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinata all'istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l'applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

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

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

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

- **Scenario 1: Infissi + generatore + valvole e pompe + LED:** Tale scenario consiste nella realizzazione di alcune delle EEM precedentemente descritte. In particolare si prevede la sostituzione dei vecchi infissi a vetro singolo (EEM1), la sostituzione del generatore di calore (EEM3), l'installazione di valvole termostatiche (EEM4) 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, sostituzione infissi + valvole) permette di accedere agli incentivi del conto termico, in misura del 40% del costo sostenuto per i singoli interventi
- **Scenario 2: Cappotto termico + generatore + valvole e pompe + LED:** Tale scenario consiste nella realizzazione di quanto previsto per lo scenario 1 più la realizzazione della coibentazione a cappotto dell'edificio (EEM2). La simultaneità dell'intervento di coibentazione e sostituzione del generatore permette di accedere agli incentivi in conto termico in misura del 55% del costo sostenuto per i singoli interventi.

9.3.1 Scenario 1: Infissi + generatore + valvole + LED

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

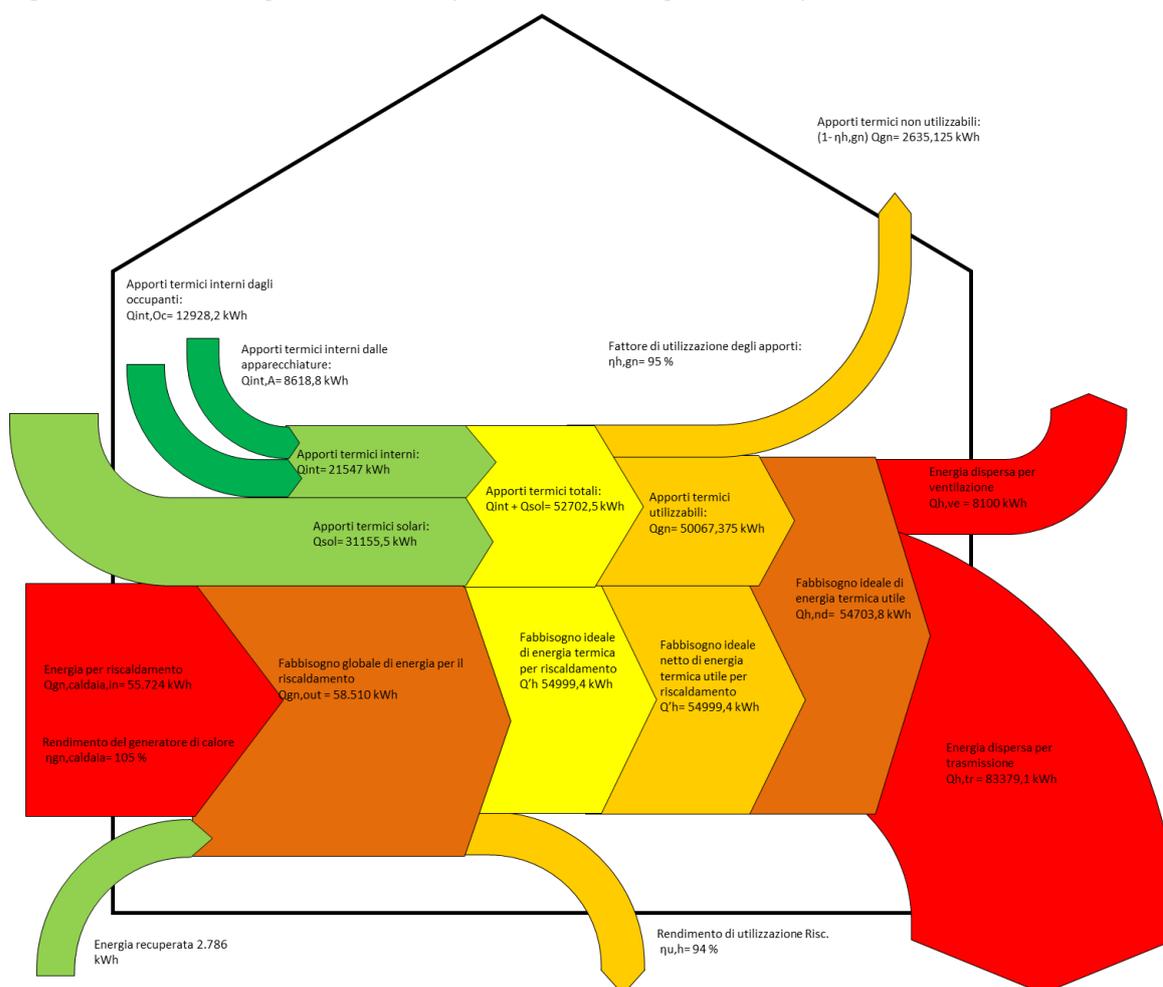
Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA Al 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 INFISSI Fornitura & Posa	€ 43.582	€ 9.588	€ 53.170
EEM3 GENERATORE Fornitura & Posa	€ 13.543	€ 2.979	€ 16.522
EEM4 VALVOLE E POMPE Fornitura & Posa	€ 4.298	€ 945	€ 5.243
EEM5 LED Fornitura & Posa	€ 11.395	€ 2.507	€ 13.902
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 72.817	€ 16.020	€ 88.837
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
SCN 1 O&M	€ 5.135	€ 1.516	€ 6.651

VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)
		[€]
Incentivi	[Conto termico]	€ 33.438
Durata incentivi		5
Incentivo annuo		€ 6.688

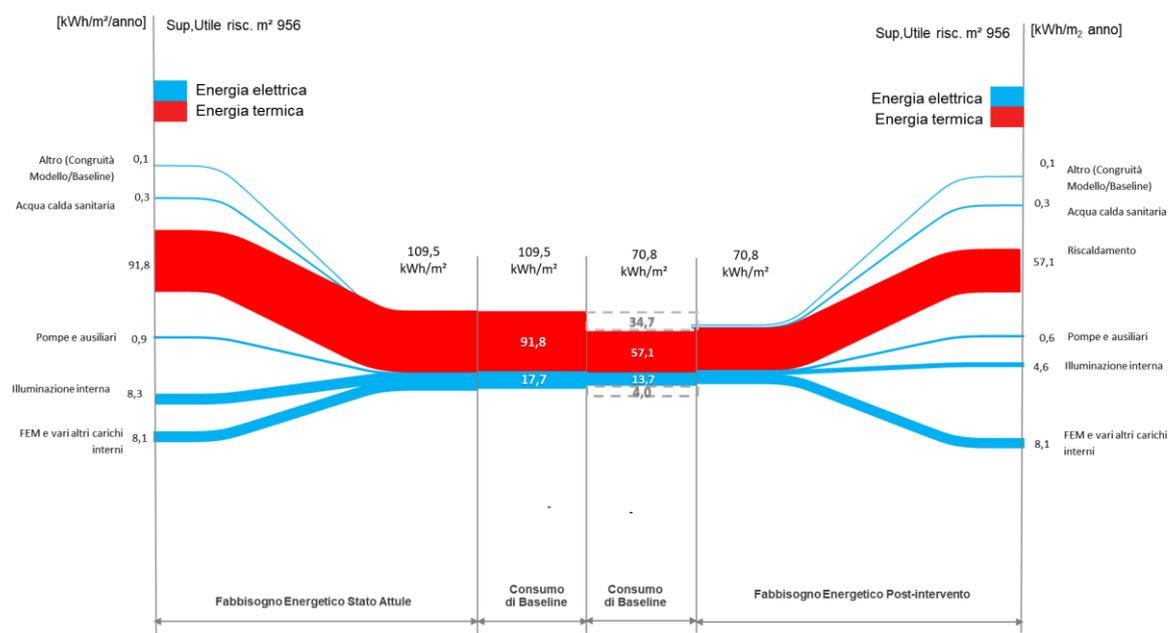
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che l'energia dispersa per trasmissione è diminuita e il rendimento di generazione è aumentato, con l'introduzione del valore dell'energia recuperata dalla caldaia a condensazione che ha un rendimento superiore al 100%.

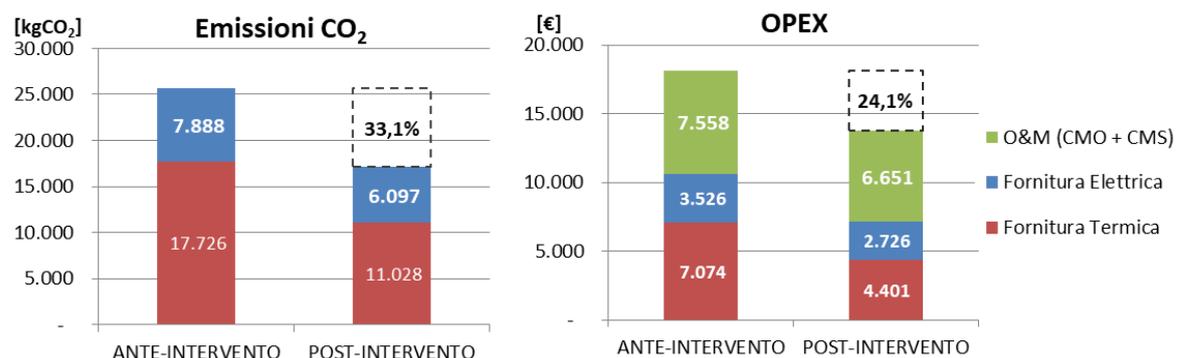
Figura 9.12 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



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 – Infissi + Generatore + Valvole + Led

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 -Trasmittanza infissi	[W/m²K]	3,98	1,65	58,5%
EEM3 -Rendimento Generatore	%	88	105	-19,3%
EEM 4 - Rendimento di regolazione + distribuzione	%	89	99	-11,2%
EEM5 - Potenza installata	W	7.918	4355	45,0%
Q _{teorico}	[kWh]	89.571	55.724	37,8%
EE _{teorico}	[kWh]	16.765	12.958	22,7%
Q _{baseline}	[kWh]	87.754	54.594	37,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	16.892	13.056	22,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.726	11.028	37,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.888	6.097	22,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.615	17.125	33,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.074	4.401	37,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.526	2.726	22,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.600	7.126	32,8%
C _{MO}	[€]	5.971	5.135	14,0%
C _{MS}	[€]	1.587	1.516	4,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.558	6.651	12,0%
OPEX	[€]	18.158	13.777	24,1%
Classe energetica	[-]	G	E	+2 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 + 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%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
Deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 88.837
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 2.665
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 91.502
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 73.202
Equity	I_E	€ 18.300
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 8.818
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 88.176

Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 14.974
-------------------------------------	-------------------------	----------

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 8.668
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 6.216
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 14.884
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	33,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	12,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 2.844
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 744
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 33.066
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 4.315
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	-36,77%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€ 2.403
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 1.070
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 3.434
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 5.679
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 6.360
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 12.040
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 2.100
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 14.140
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 16.020
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 27.408
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	28,26
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	51,60
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	-€ 29.753
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	-4,71%
Indice di Profitto	IP	-33,49%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	38,90
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	70,00
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	-€ 23.171
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	-
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	0,765
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	0,508
Indice di Profitto Azionista	IP	-26,08%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

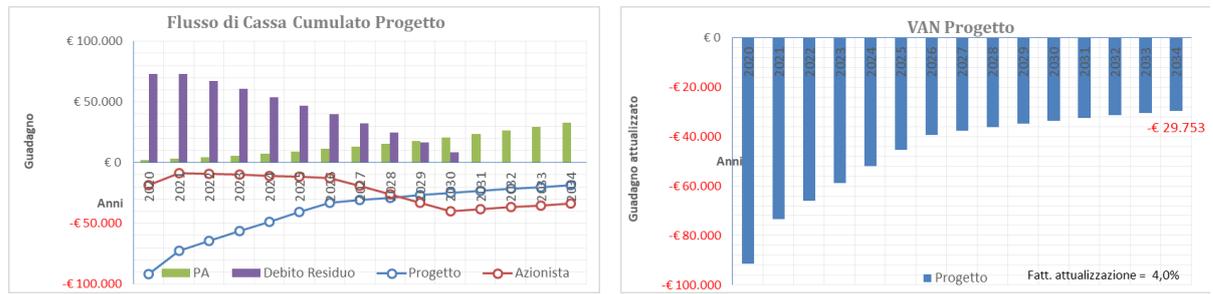


Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista

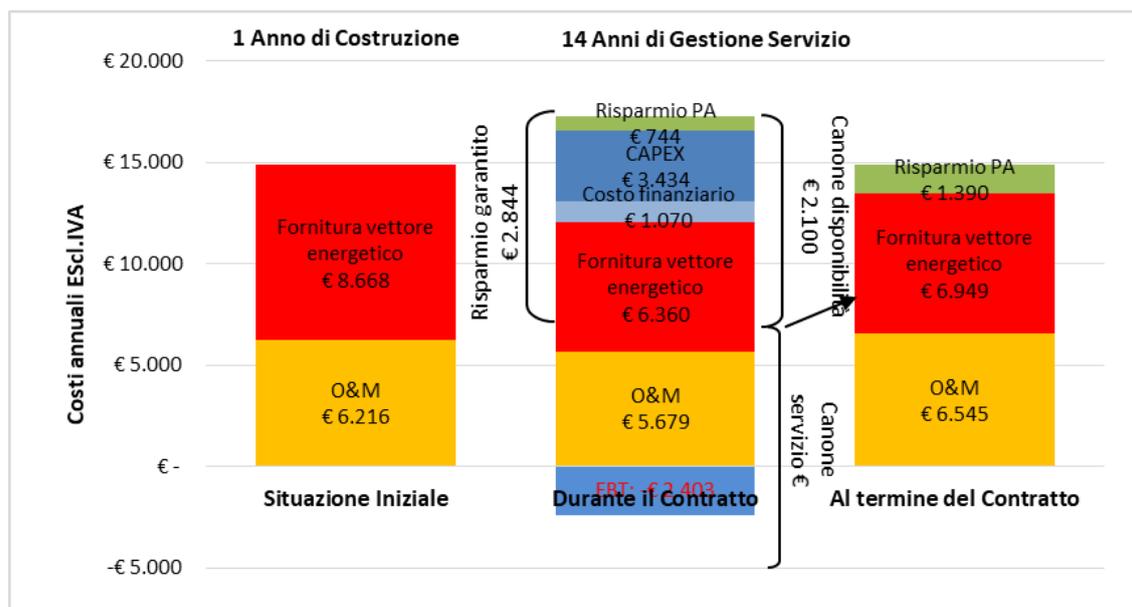


Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento non risulta remunerativo.

Infatti l’investimento iniziale necessario per ottenere il miglioramento minimo richiesto di due classi (da G ad E) risulta molto elevata in confronto al risparmio energetico ottenibile (alto in percentuale ma estremamente basso in valore, dato che la struttura ha costi di gestione e spese per energia annuali modesti).

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

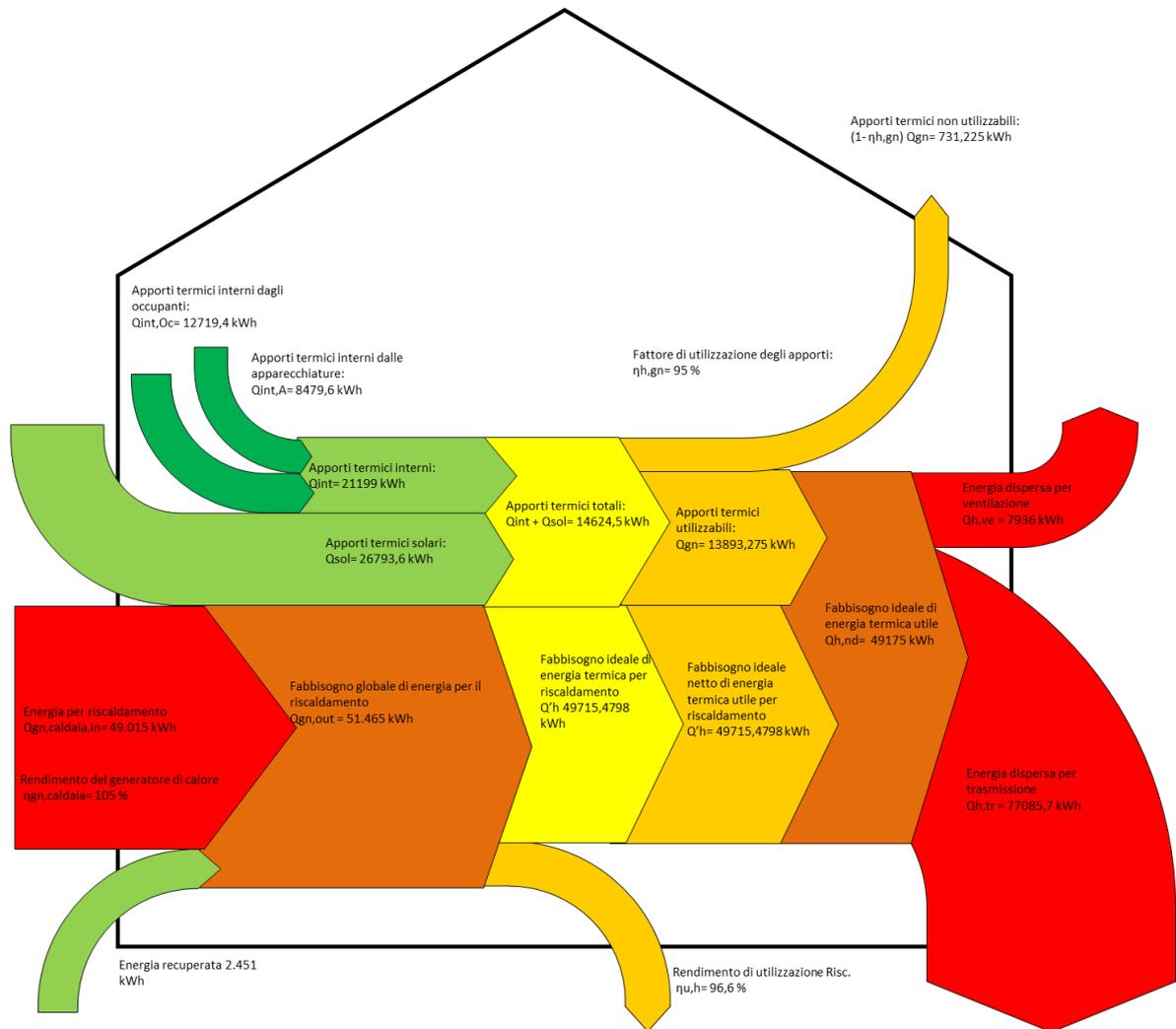
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA Al 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]		[€]
EEM2 CAPPOTTO Fornitura & Posa	€ 55.209	€ 12.146	€ 67.355
EEM3 GENERATORE Fornitura & Posa	€ 13.543	€ 2.979	€ 16.522
EEM4 VALVOLE E POMPE Fornitura & Posa	€ 4.298	€ 945	€ 5.243
EEM5 LED Fornitura & Posa	€ 11.395	€ 2.507	€ 13.902
Costi per la sicurezza	3% imponibile		
Costi per la progettazione	7% imponibile		
TOTALE (I₀)	€ 84.444	€ 18.578	€ 103.022
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
SCN 2 O&M	€ 4.956	€ 1.484	€ 6.440
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 51.693	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 10.339	

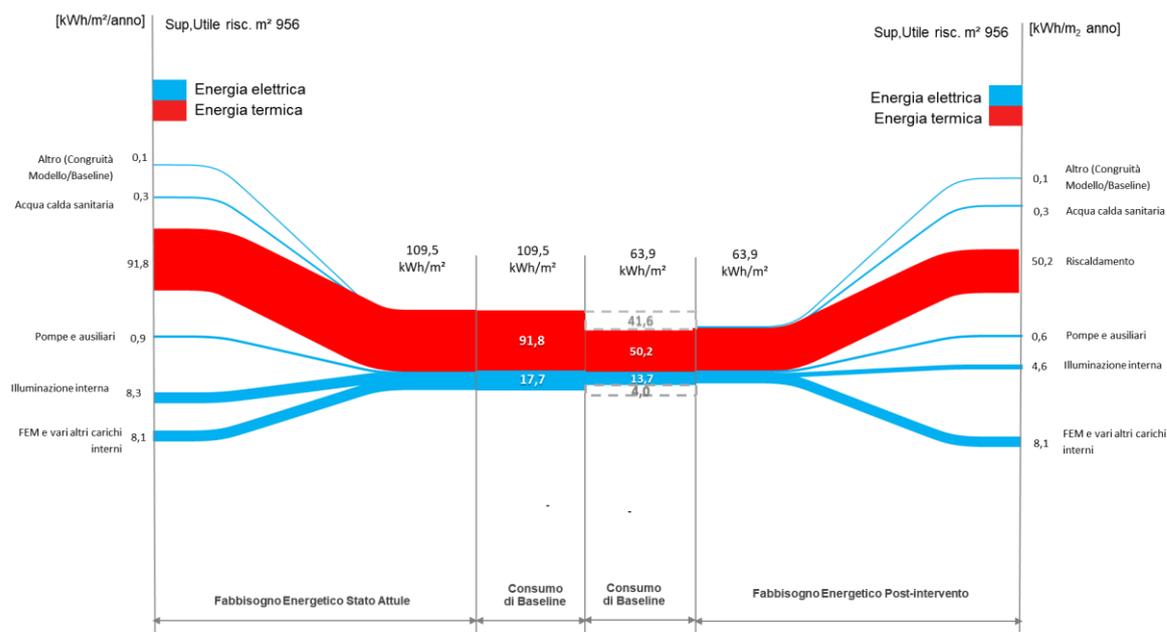
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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 drasticamente diminuito rispetto alla situazione iniziale. La quota di energia dispersa per trasmissione è decisamente diminuita, grazie al migliore isolamento dell'edificio ottenuto attraverso e misure di efficienza energetica adottate (isolamento a cappotto).

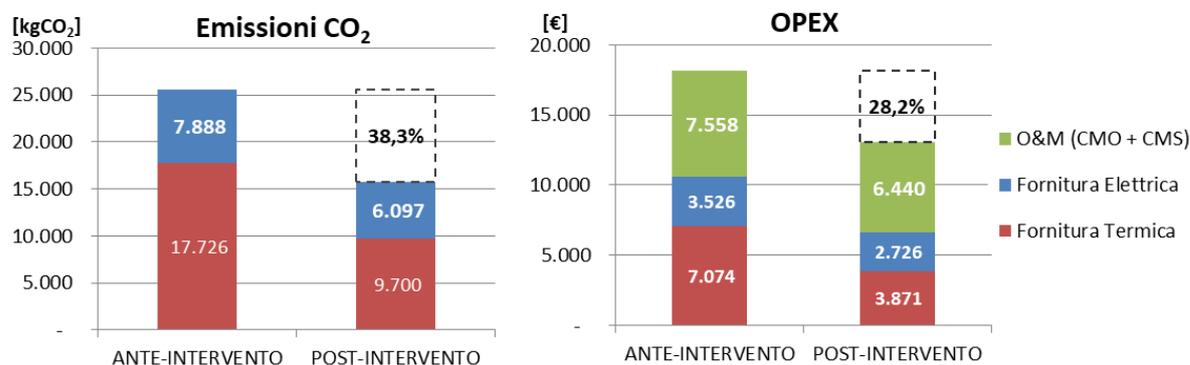
Figura 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



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– Cappotto + Generatore + Valvole + Led

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 -Trasmittanza infissi	[W/m²K]	3,5	1,65	52,9%
EEM2 -Trasmittanza pareti	[W/m²K]	1,139	0,299	73,7%
EEM3 -Rendimento Generatore	%	88	105	-19,3%
EEM 4 - Rendimento di regolazione + distribuzione	%	89	99	-11,2%
EEM5 - Potenza installata	W	7000	3500	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	89.571	49.015	45,3%
EE _{teorico}	[kWh]	16.765	12.958	22,7%
Q _{baseline}	[kWh]	87.754	48.020	45,3%
EE _{Baseline}	[kWh]	16.892	13.056	22,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.726	9.700	45,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	7.888	6.097	22,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	25.615	15.797	38,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.074	3.871	45,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	3.526	2.726	22,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	10.600	6.597	37,8%
C _{MO}	[€]	5.971	4.956	17,0%
C _{MS}	[€]	1.587	1.484	6,5%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	7.558	6.440	14,8%
OPEX	[€]	18.158	13.036	28,2%
Classe energetica	[-]	F	D	+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– Cappotto + generatore + valvole + LED

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	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€103.022
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€3.091
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€106.113
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€84.890
Equity	I_E	€21.223
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30

Rata annua debito	q_D	€10.225
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€102.255
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€17.365

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 8.668
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 6.216
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€ 14.884
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	37,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	15,1%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 2.990
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 744
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 78.140
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 5.694
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	0,64%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 28
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 724
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.493
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 5.622
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 6.273
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 11.894
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 2.245
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 14.140
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 18.578
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 51.693
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.	13,67
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	42,30
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	-€ 6.862
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	2,71%
Indice di Profitto	IP	-6,66%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.	24,00
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	81,70
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	-€ 7.286
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	0,33%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	0,950
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	0,886

Indice di Profitto Azionista

IP

-7,07%

Figura 9.200–SCN2: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.211– SCN1: Flussi di cassa dell'azionista

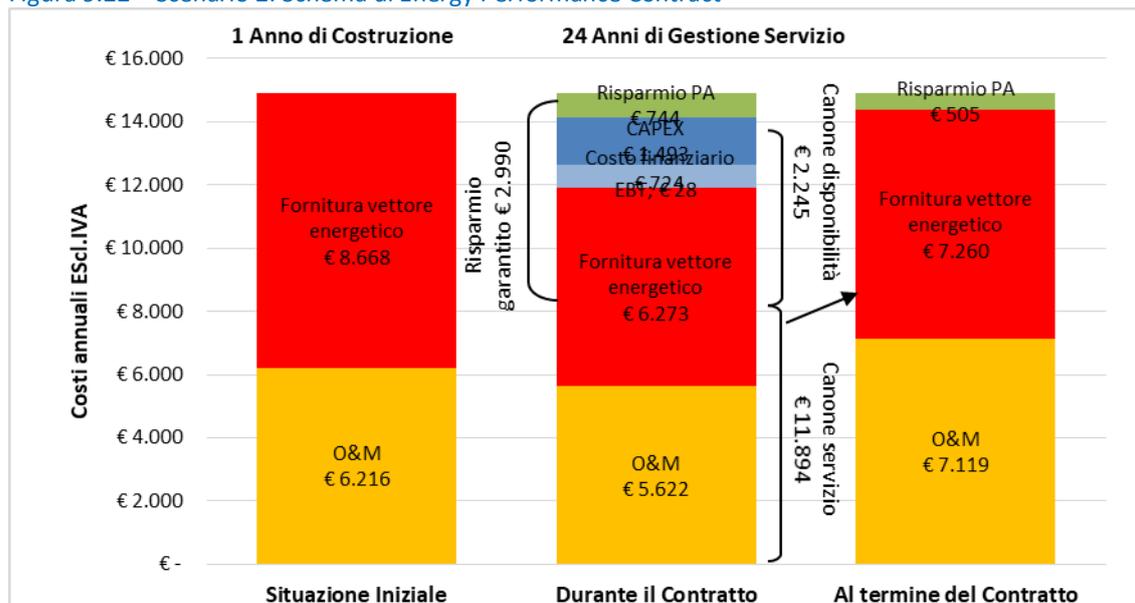


Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta non remunerativo.

Infatti l'investimento iniziale necessario per ottenere il miglioramento minimo richiesto di due classi (da G ad E) risulta molto elevata in confronto al risparmio energetico ottenibile (alto in percentuale ma estremamente basso in valore, dato che la struttura ha costi di gestione e spese per energia annuali modesti).

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. l'isolamento a cappotto dell'involucro;
3. la sostituzione del generatore di calore con altro ad alta efficienza (a condensazione);
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 sostituzione dell'attuale sistema di illuminazione con un sistema utilizzando la tecnologia LED 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.

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 nessuno dei due investimenti previsti negli scenari risulta remunerativo.

In presenza del finanziamento esterno, nonostante la possibilità di accedere agli incentivi del conto termico anche grazie alla combinazione di alcuni interventi proposti, gli investimenti risultano sconvenienti.

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.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/03/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 – E472.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/03/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 – E472.pdf

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 – E472.pdf

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 -E472.pdf

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo	19/03/2018	ALLEGATO E_DE_Lotto.4 – E472.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/03/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 – E472.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica dell'edificio	19/03/2018	ALLEGATO G_DE_Lotto.4 – E472.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 – E472_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 – E472_SCN2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/03/2018	GG_Lotto.4-E472.Rev01.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/03/2018	E472_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE relative agli interventi proposti	19/03/2018	ALLEGATO K_DE_Lotto.4 – E472.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti	19/03/2018	AnalisiPEF_rev05_E472.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/03/2018	ALLEGATO M_DE_Lotto.4 – E472.pdf

ALLEGATO N – CD-ROM